



FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA

XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Avaliação dos resultados acústicos simulados e medidos de duas tipologias distintas de igrejas: católica e adventista

Barretto, D.¹; Nascimento, C.²; Paim, F.³; Bastos, V.⁴; Silva, L.⁵; Resende, P.⁶; Sampaio, J.⁷; Tanajura, O.⁸

^{1-7} AUDIUM, Salvador, Bahia, Brasil, {debor, cristian, felipe, vitor, luan, pedro, jessica}@audium.com.br

⁸ Lacrose Engenharia e Consultoria, Salvador, Bahia, Brasil, osmartanajura@lclacrose.com.br

Resumo

A população brasileira declara-se majoritariamente vinculada à uma denominação religiosa. O censo do IBGE, em 2010, por exemplo, constatou que mais de 85% da população brasileira se declara cristã, separadas entre denominações do catolicismo e do protestantismo. Em ambos os casos, o principal rito religioso se trata de reuniões ou agrupamentos onde a mensagem bíblica é anunciada através da fala aos fiéis ali presentes. Contudo, há distinção na expressão desta fala entre estas duas correntes. Não obstante, a NBR 12.179 apresenta Tempo de Reverberação (TR) Ótimo distintos para cada uma delas. Desta forma, para o sucesso desta transmissão da mensagem, torna-se vital a adequação acústica do ambiente a fim de permitir a clara compreensão da fala atentando-se às características da oratória preconizada em cada rito. Este artigo apresenta resultados após a adequação acústica realizada em duas igrejas localizadas em Salvador-BA, sendo uma católica, dedicada à Irmã Dulce, que recebeu o título canônico de Santa Dulce dos Pobres em 2019 e outra adventista do sétimo dia, a Adventista's Life. Ambas as igrejas possuem condicionamento acústico e os resultados obtidos por meio de simulações acústicas realizadas através do programa EASE (*Enhanced Acoustic Simulator for Engineers*) foram comparados com os dados obtidos em medições realizadas in loco nas duas igrejas em diferentes pontos. Portanto foi possível realizar uma validação dos índices acústicos simulados obtidos na fase de projeto no que tange a questão da reverberação, além de poder comparar os parâmetros acústicos medidos em diferentes localidades da plateia. Uma análise complementar foi realizada para avaliar as disparidades existentes devido as diferentes características arquitetônicas e de atividades pelo fato de uma igreja ser católica e a outra ser adventista.

Palavras-chave: igreja, acústica, condicionamento acústico, medição sonora

PACS: 43.55.Gx

Evaluation of the simulated acoustic results of two different types of churches: Catholic and Adventist

Abstract

Brazilian population declares itself mostly linked to a religious denomination. 2010 IBGE's census, for example, found that more than 85% of the Brazilian population declares itself christian, separated between Catholicism and Protestantism. In both cases, the main religious rite involves meetings where the biblical message is announced to everyone through speech. However, there is a difference in the way of speaking in these two currents. Brazilian Regulatory Standard (NBR 12.179) presents different Optimal Reverberation Time (TR) for Catholicism and Protestantism church. Thus, to successfully transmit message, the acoustic adequacy of the environment becomes vital to allow a clear understanding of the speech, being attention to the characteristics of the oratory performed in each rite. This article presents results after the acoustic adaptation conducted in two churches located in Salvador, Bahia, Brazil, a Catholic church, dedicated to Sister Dulce, and another Seventh-day Adventist church, named Adventista's Life. Both churches have acoustic conditioning and the results obtained through acoustic simulations conducted through the EASE software were compared with the data obtained from measurements conducted in loco in the two churches at different points. Therefore, it was possible compare the simulated acoustic values obtained during the design regarding the issue of reverberation, in addition to being able to compare the acoustic parameters measured in distinct locations in the audience. A complementary analysis was conducted to assess the existing disparities due to different architectural and activity characteristics, considering that a church is Catholic, and the other is Adventist.

Keywords: church, acoustics, acoustic conditioning, sound measurement



1. INTRODUÇÃO

Quando o assunto é a melhoria da qualidade do som em igrejas é comum o falso entendimento que a principal solução reside na quantidade, localização e característica dos PAs, vulgo, caixas de som. É claro que ambientes como este devem receber o devido sistema de áudio responsável pela amplificação sonora eletrônica. Porém, os equipamentos eletroacústicos só deveriam ser especificados e posicionados após o condicionamento acústico destes espaços, uma vez que a inadequação da acústica arquitetônica impede o bom desempenho destes sistemas e, por vezes, pode até piorar a compreensão da fala e apreciação dos louvores. Portanto projeto acústico antecede o de áudio, pois prepara o ambiente para determinado uso.

A adequação acústica de igrejas deve envolver, além das questões ligadas ao isolamento sonoro das partições construtivas, o correto condicionamento acústico do templo, visando tanto a inteligibilidade para garantir a compreensão plena das pregações e orações, quanto a promoção da boa percepção musical durante louvores.

Todo ambiente sem uma resposta acústica equilibrada interfere negativamente na comunicação. Na Bíblia, fonte de autoridade cristã, o apóstolo Paulo ressalta que a fé vem por se ouvir a mensagem, e a mensagem é ouvida mediante a palavra de Cristo. (Rm 10:17). A partir do entendimento de que a Bíblia é a palavra de Deus escrita e revelada e as reuniões têm em sua liturgia a comunicação do evangelho de Cristo, torna-se coerente e fundamental a toda igreja observar as demandas acústicas das salas a fim de que a mensagem seja devidamente compreendida.

Cada sala exige condições particulares para a comunicação [1]. Outra atividade comum nos cultos e missa demanda atenção: a música dos momentos de louvor. O estilo musical recebe forte influência da corrente teológica de cada denominação. Há igrejas onde o canto é acompanhado apenas de um piano, como instrumento. Em outras, o grupo de louvor é composto por diversos instrumentos, como

violão, guitarra, bateria acústica e outros tantos instrumentos de percussão, de corda e de sopro. Em termos de níveis de pressão sonora comumente igrejas se assemelham a Casas de Show.

Portanto, uma igreja deve possuir propriedades acústicas que possibilitem um discurso perceptível e uma reverberação e clareza adequadas à música. Isto constitui um dos maiores problemas na temática de acústica de igrejas, pois palavra e música requerem diferentes exigências acústicas [2].

Assim como em salas de aula, onde a má qualidade acústica interfere no processo de ensino-aprendizado, prejudicando a comunicação oral e a saúde de professores e alunos, além dos níveis sonoros inadequados provocarem zumbido, cansaço, falta de concentração e dificuldades para dormir [3], em igrejas o aprendizado também se faz necessário e portanto, problemas similares ocorrem. A condição acústica deve ser adaptada a cultura de cada instituição, porque a má qualidade acústica impede a compreensão plena da mensagem, prejudica os momentos de reflexão e introspecção, transforma música em ruído e gera estresse para fiéis, músicos, técnicos de áudio e ministros da palavra.

Apesar de existirem centenas de correntes religiosas, com seus próprios ritos, liturgias e características histórico-culturais, a norma brasileira ABNT NBR 12.179:1992 – Tratamento acústico em recintos fechados [4], apresenta no ábaco do Tempo Ótimo de Reverberação a 500Hz (Figura 1), apenas duas curvas identificadas para ambientes religiosos, uma para Igreja Católica e outra para Igreja Protestante. Esta última com valores recomendados de tempo de reverberação menores em relação à primeira. Isso coloca em pauta também a necessidade de adequação da referida Norma, que foi publicada há 30 anos e é referência nacional no que se refere ao parâmetro de tempo de reverberação. No entanto, diante da diversidade de uso dos espaços ainda que dentro de um mesmo segmento religioso, é necessário delimitar de acordo com as características dos ritos atuais dentro de cada espaço sagrado.

É fato que existem diversos outros parâmetros acústicos objetivos para a avaliação destes locais, como Tempo de Reverberação (TR), Clareza (C80), Definição (D50), Índice de Transmissibilidade da Fala (STI) e Tempo de Decaimento Inicial (EDT), [5] mas, sem dúvidas, o tempo de reverberação ainda é o principal deles.

Este artigo tem por objetivo apresentar as soluções acústicas projetadas e executadas e o tempo de reverberação simulado e medido em duas igrejas na cidade de Salvador-BA. sendo uma católica, dedicada à Irmã Dulce (Figuras 1 e 2), que recebeu o título canônico de Santa Dulce dos Pobres em 2019 e uma igreja adventista do sétimo dia, a Adventista's Life (Figuras 3 e 4).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. OBJETO DE ESTUDO E PARÂMETROS

As duas instituições religiosas aqui apresentadas foram objeto de projetos acústicos de isolamento e de condicionamento acústico desenvolvidos pela Audium. Contudo, este artigo aborda apenas a questão do condicionamento.

Procurou-se avaliar a condição de cada templo acusticamente tratado confrontando o tempo de reverberação real medido com o tempo de reverberação simulado em projeto com os devidos materiais indicados e também com o tempo ótimo de reverberação recomendado pela Norma. Ambas as igrejas são apresentadas a seguir em sua condição atual, após as intervenções acústicas.

Uma vez que o ábaco da Norma (Figura 5) informa que o tempo ótimo de reverberação é encontrado a partir da relação entre o volume interno do ambiente, dado em metros cúbicos, e o tipo da atividade praticada ali, fez-se necessário analisar a estrutura física de cada sala a fim se obter o volume (m^3), que permite se extrair.



Figura 1 - Foto do Santuário Santa Dulce dos Pobres – Altar

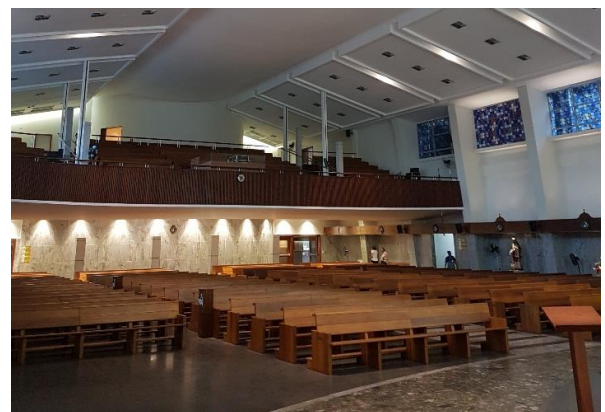


Figura 2 - Foto do Santuário Santa Dulce dos Pobres – Plateia



Figura 3 - Foto da Adventista's Life - Altar

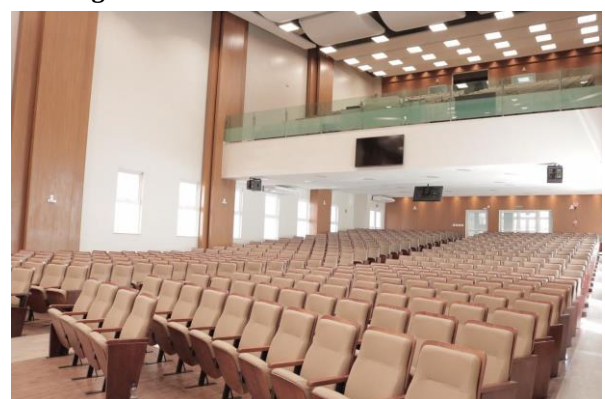


Figura 4 - Foto da Adventista's Life - Plateia

Vale reforçar que o dado extraído se refere à frequência de 500Hz. Em seguida, enquadrrou-se o templo do Santuário Santa Dulce dos Pobres como Igreja Católica e o templo da Adventista's Life como Igreja Protestante, cada um segundo a descrição que mais se aproxima do estilo de sua oratória e práticas musicais. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Compilação de dados e parâmetros.

TEMPLO	Enquadramento da atividade na NBR 12.179	Volume (em m ³)	RT Ótimo (s), de acordo com a NBR 12.179
Santuário Santa Dulce dos Pobres	Igreja Católica	7.723,05	1,94
Adventista's Life	Igreja Protestante	4.865,37	1,47

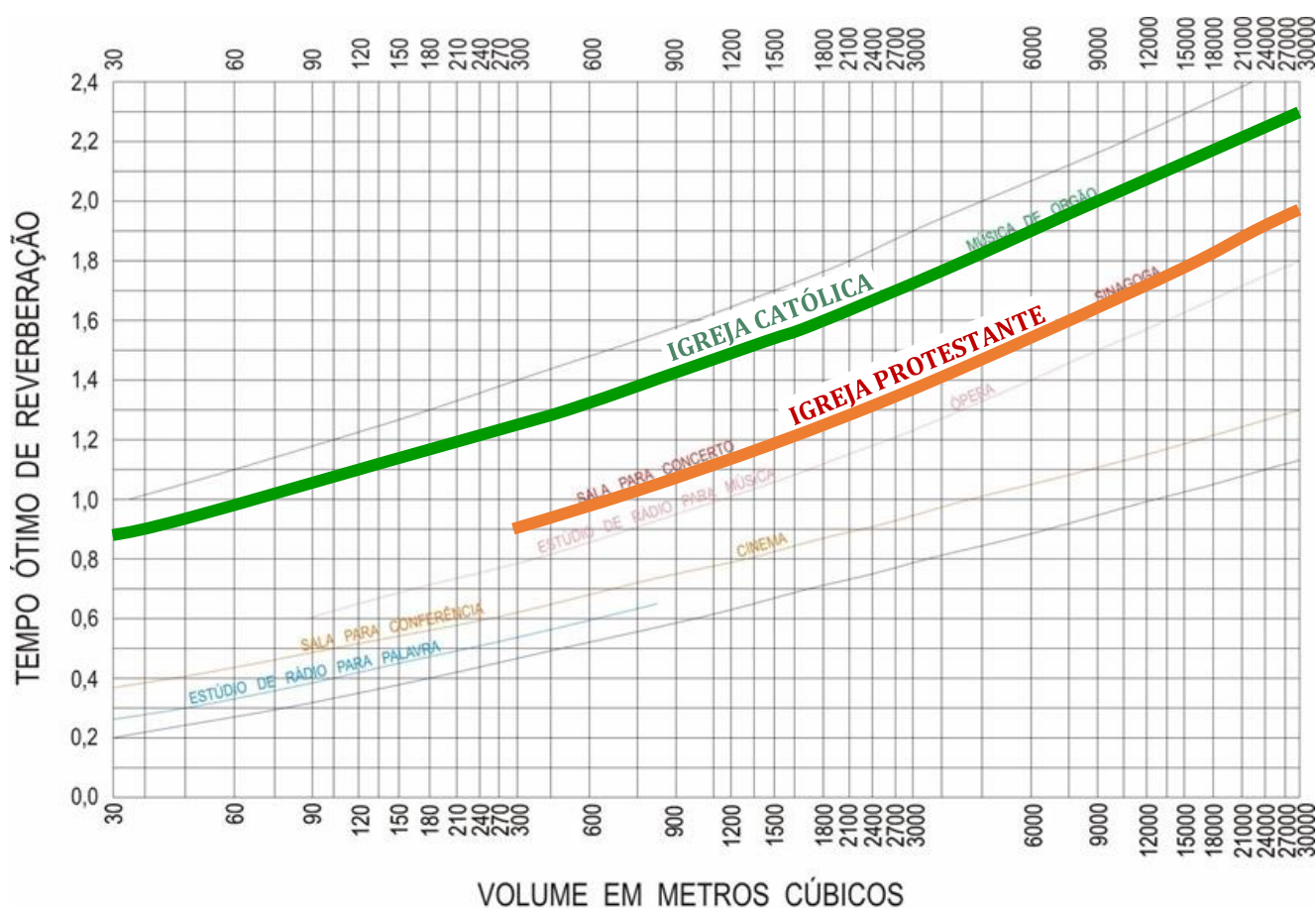


Figura 5: Ábaco de Tempo Ótimo de Reverberação

Fonte: ABNT NBR 12.179:1992 [3], destaque realizado pelos autores.

2.2. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PROJETADAS

2.2.1 Santuário Santa Dulce Dos Pobres

Após a confirmação da canonização de Irmã Dulce que agora possui o título de Santa Dulce pela igreja católica, sendo a única da América Latina, os dirigentes entenderam que suas instalações se tornariam um polo turístico religioso e que, para acolher bem os visitantes,

a arquitetura original precisaria passar por um *retrofit*, incluindo sistema de condicionamento de ar, novo sistema de som, nova iluminação e adequação acústica. A proposta de intervenção acústica buscou manter a leitura original do edifício e em termos de proporção, a fim de não agredir nem a memória dos fiéis que já frequentavam as missas no lugar, nem a memória arquitetônica de uma edificação construída em estilo Art Décor para ser um

cinema, o emblemático Cine Roma inaugurado em 1948.



Figura 6 - Fachada do Cine Roma

Fonte: <https://especiais.correio24horas.com.br/pelosolhosdedulce/portfolio-item/cinema/>

Buscando promover uma maior distribuição sonora foi projetado um plano central de forro convexo no eixo longitudinal do edifício com chapa de gesso acartonado seguindo a curvatura projetada e invertendo a forma anterior que trazia uma superfície côncava que tende a prejudicar a acústica. No corte longitudinal é possível ter uma noção da proporção da igreja.

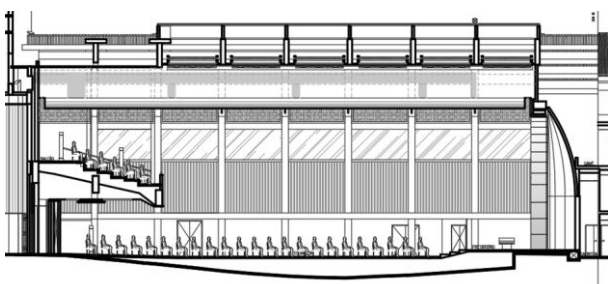


Figura 7 - Corte longitudinal do Santuário Santa Dulce dos Pobres

Em seguida, na simulação acústica realizada pelo *software* EASE, obteve-se a previsão de tempo de reverberação na igreja não tratada, que indicava 6,56s em 500Hz. Sendo assim o tempo ótimo indicado obtido na Norma (1,94s) direcionou o projeto acústico para a redução do tempo de reverberação utilizando diferentes tipos de materiais que absorvem diferentes frequências. Tal definição foi aprovada por todos os envolvidos, desde cliente até os responsáveis pela arquitetura, engenharia e outros projetistas de áreas complementares. O envolvimento de todas as partes é sempre fundamental para garantir a harmonia estética à cultura eclesial e a viabilidade técnica e

econômica, fosse para implementação imediata ou em etapas futuras.

Foram selecionados dois materiais absorventes acústicos. Para as laterais do forro foram projetados módulos que seguem a proporção dos pilares laterais pré-existentes. O material absorvente do forro escolhido foi o gesso acartonado perfurado com perfuração quadrada sob painel de lã de 50mm, pois além de ter uma boa absorção sonora, possui um aspecto estético monolítico, isto é, não se notam placas distintas e não há perfil aparente. Para as paredes laterais e testada do mezanino, foi especificado painel de MDF ranhurado e perfurado com lã de 50mm.

Com essa composição foram realizadas as simulações acústicas (Figuras 8 e 9) até definir a quantidade ideal de material absorvente para alcançar um gráfico de tempo de reverberação dentro da margem ideal (Figura 10).

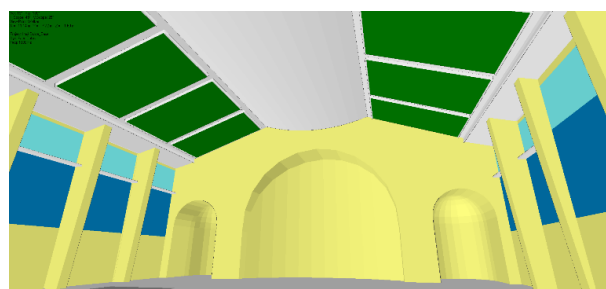


Figura 8 - Simulação computacional - Vista do Altar

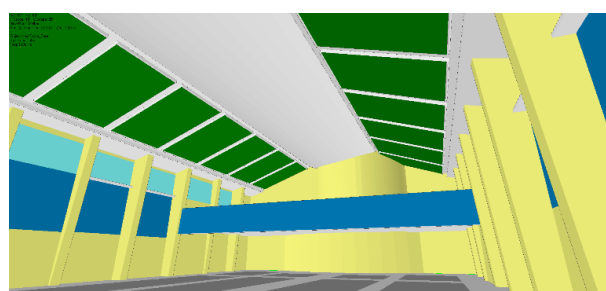


Figura 9 - Simulação computacional - Vista do público

Obs.: As cores não representam a cor real dos materiais.

LEGENDA

- Vidro
- Público
- Piso reflexivo existente
- Forro reflexivo: Gesso cartonado
- Forro absorvente: Gesso acartonado perfurado + lã 50mm
- Revestimento reflexivo: Reboco liso, textura ou madeira
- Revestimento absorvente: MDF ranhurado + lã 50mm



Figura 10 - Tempo de reverberação calculado em projeto para o Santuário Santa Dulce dos Pobres

LEGENDA

- Tempo ótimo de reverberação.
- Tempo de reverberação calculado.
- Limites de tolerância de 10%.

2.1.2 Adventista's Life

O projeto acústico da igreja Adventista's Life foi concebido durante sua construção da edificação. Os materiais acústicos contribuíram não apenas para a condição sonora, mas também para harmonia estética, ao serem propostos para ocultar os pilares salientes que, por ser uma edificação nova, não havia memória arquitetônica a ser preservada e foi possível criar de forma mais livre e marcante.

Esse templo se assemelha a um teatro em termos formais e os pastores tinham uma linha bem tecnológica de igreja com transmissões ao vivo e cultos virtuais, mesmo antes pandemia. Para promover uma melhor distribuição sonora e considerando os sonoflores frontais que estavam projetados acima do palco, a sala recebeu doze módulos de forro convexo reflexivo, instalados de forma suspensos e confeccionados com chapas de gesso acartonado seguindo a curvatura projetada.

A partir da simulação acústica realizada pelo software EASE, com relação direta com o volume do ambiente, obteve-se a previsão de tempo de reverberação na igreja não tratada de 4,06s em 500Hz. E, conforme o ábaco da norma (Figura 5) Tabela 1, a função da igreja protestante tem 1,47s como tempo ótimo de reverberação. Isto conduziu o projeto acústico

também para a redução do tempo de reverberação utilizando materiais absorventes aprovados pelos responsáveis pela igreja e os respectivos projetistas de engenharia. Nesta igreja, também foram selecionados dois materiais absorventes acústicos. Em parte do forro foram instaladas placas suspensas de gesso acartonado perfurado com lâ de 50mm e para as paredes posterior e frontal (onde tem o palco) e nas laterais escondendo os pilares foi especificado painel de MDF ranhurado e perfurado à frente de painel de lâ de 50mm. Foi necessário especificar uma quantidade maior de revestimento absorvente devido a necessidade acústica dessa tipologia de igreja. Com isso, foram realizadas as simulações acústicas (Figuras 11 e 12) até atingir um tempo de reverberação aceitável (Figura 13).

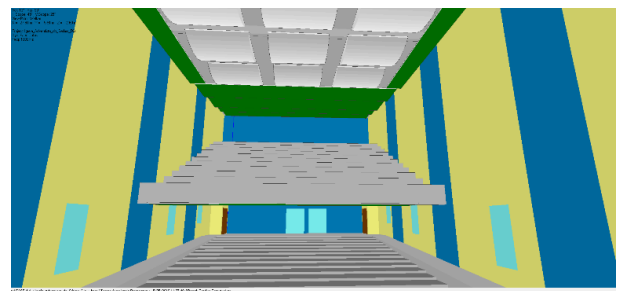


Figura 11 - Simulação computacional com vista para a plateia

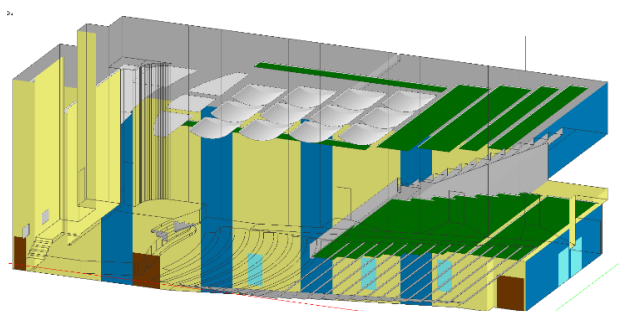


Figura 12 - Simulação computacional com vista do forro.

Obs.: As cores não representam a cor real dos materiais.

LEGENDA

- Vidro
- Público
- Piso reflexivo existente
- Forro reflexivo: Gesso cartonado
- Forro absorvente: Gesso acartonado perfurado + lâ 50mm
- Revestimento reflexivo: Reboco liso, textura ou madeira
- Revestimento absorvente: MDF ranhurado + lâ 50mm

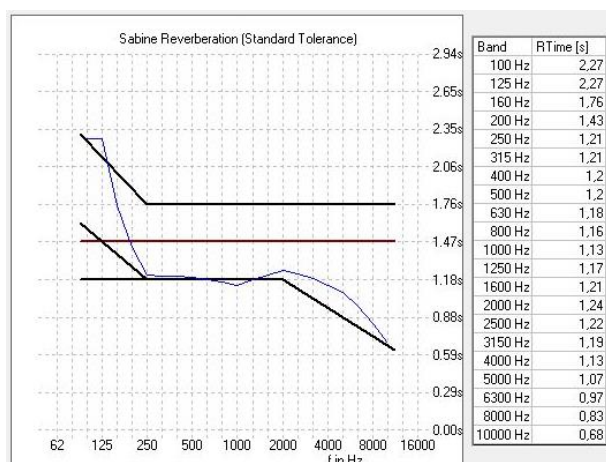


Figura 13 - Tempo de reverberação calculado em projeto para a Adventista's Life

LEGENDA

- Tempo ótimo de reverberação.
- Tempo de reverberação calculado.
- Limites de tolerância de 10%.

Vale registrar que a absorção do público é mais intensa em médias e altas frequências e esse fator influencia muito no equilíbrio do gráfico, além das poltronas serem também absorventes (Figura 13). No corte é possível visualizar as 4 fileiras dos elementos convexos e suspensos que foram projetados.

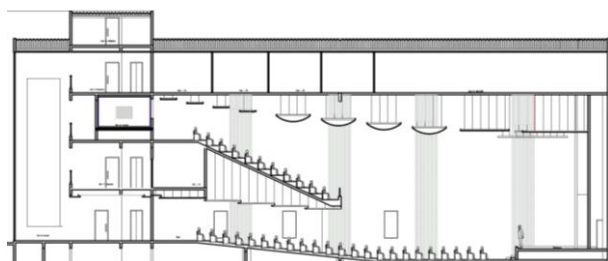


Figura 14 - Corte esquemático da Adventista's Life

2.3 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DA CONDIÇÃO ATUAL

No período em que o material deste artigo foi desenvolvido, o Santuário Santa Dulce dos Pobres ainda não havia implementado toda a solução acústica projetada. A igreja executou apenas as soluções de forro, prevendo a execução dos revestimentos de parede em uma segunda etapa de obra. A igreja Adventista's Life, por sua vez, implementou toda a solução acústica com incremento de uma determinada quantidade do MDF ranhurado com lã na parede de trás do altar, preenchendo-a por completo, enquanto o projeto exigia apenas do piso até 2,00m de altura. Foi incrementado também o uso de poltronas fixas acolchoadas que apresentam alto desempenho de

absorção sonora. Desta forma, novas simulações foram realizadas a fim de se obter os tempos de reverberação apresentados pelo *software* EASE e que se esperava encontrar nas medições *in loco*. Os gráficos de tempo de reverberação calculado das condições atuais se encontram abaixo (Figuras 15 e 16).



Figura 15 - Tempo de reverberação da condição atual do Santuário Santa Dulce dos Pobres



Figura 16 - Tempo de reverberação da condição atual da Adventista's Life.

LEGENDA

- Tempo ótimo de reverberação.
- Tempo de reverberação calculado.
- Limites de tolerância de 10%.

Tabela 2: Tempos de reverberação ótimo e simulados de cada igreja.

IGREJA	Tempo de Reverberação em 500Hz		
	tempo, de acordo com a Norma [4]	simulado em projeto (EASE)	simulado da condição atual (EASE)
Santuário Santa Dulce dos Pobres	1,94s	1,84s	2,20
Adventista's Life	1,47s	1,20s	0,86

2.4. MEDIÇÕES *IN LOCO*

2.4.1 Metodologia

As medições ocorreram no dia 20 de março de 2020 nas duas igrejas, fora do horário de qualquer atividade, com os aparelhos de ar-condicionado desligados e todas as portas e janelas fechadas, de acordo com as premissas normativas nacionais do Projeto da Norma NBR ISO 3.382-2 (2016) [6].

Esta norma baseia-se no método de Schroeder, que considera a obtenção dos parâmetros acústicos por meio da curva de resposta impulsiva da configuração sala-fonte-receptor, ou Curva de Schroeder [7]. Para isso, utilizou-se o método de estouro de balão, no altar, para medição com sonômetro marca Larson Davis, versão 2.314, número de registro 0002323, devidamente calibrado. Em cada posição de medição, o dado final foi obtido avaliando o decaimento no período de 10s em três amostras (três estouros de balão).

Os pontos medidos buscaram diversificar o posicionamento em termos de afastamento da fonte sonora e também incluir o mezanino. Para cada igreja, foram desenvolvidas plantas com a indicação dos pontos de medição e da fonte sonora (Figuras 17, 18, 19 e 20).

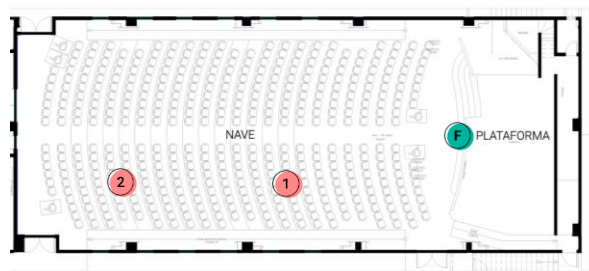


Figura 17 - Pontos de medição na Adventista's Life (térreo)

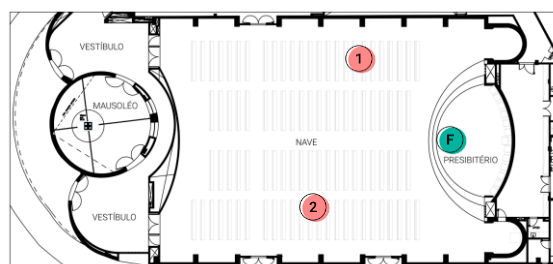
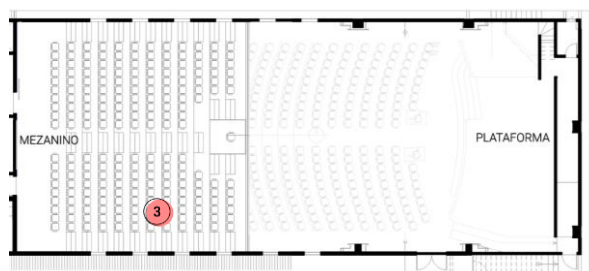


Figura 19 - Mapa de pontos de medição no Santuário Santa Dulce dos Pobres (térreo)

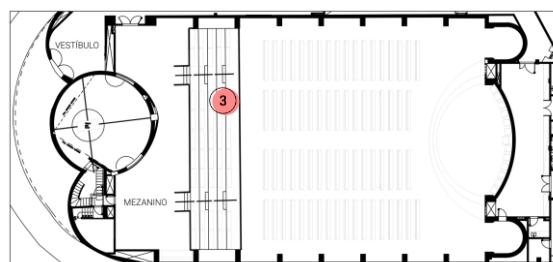


Figura 20 - Mapa de pontos de medição no Santuário Santa Dulce dos Pobres (mezanino)

LEGENDA:

- Posição da fonte sonora.
- Posição dos pontos de medição.

2.4.2 Dados medidos

Foram realizadas simulações sem público, uma vez que esta foi a condição das medições realizadas. E, neste novo cenário, obteve-se que o TR_{500Hz} esperado no Santuário Santa Dulce dos Pobres seria de 2,93s e na Adventista's Life de 0,99s. Vale ressaltar que o EASE traz como margem de tolerância 20% em relação ao TR ideal, portanto a avaliação será realizada nessas mesmas condições para manter a coerência. A NBR ISO 3.382-2 (2016) [6] orienta que a medição deve ocorrer em, no mínimo 3 pontos e os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Tempos de reverberação medidos.

Santuário Santa Dulce dos Pobres		Adventista's Life	
Ponto	T ₂₀ (s)	Ponto	T ₂₀ (s)
P1	2,36	P1	1,03
P2	2,37	P2	1,05
P3	2,32	P3	0,97

Os gráficos apresentados nas Figuras 21 e 22 trazem de maneira ilustrada a relação entre os resultados de tempos de reverberação medidos

e sua posição em relação ao que foi simulado com a tolerância de 20% coerente com o EASE.

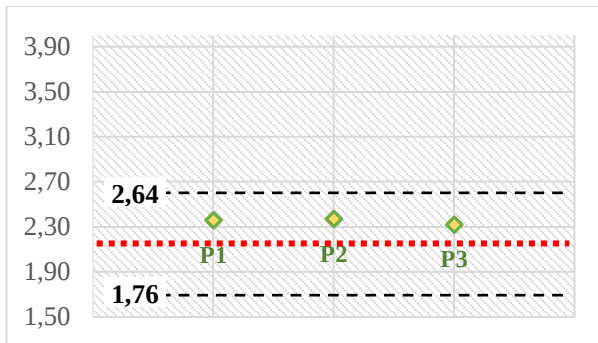


Figura 21 - Gráfico da relação entre medido e simulado do TR no Santuário Santa Dulce dos Pobres

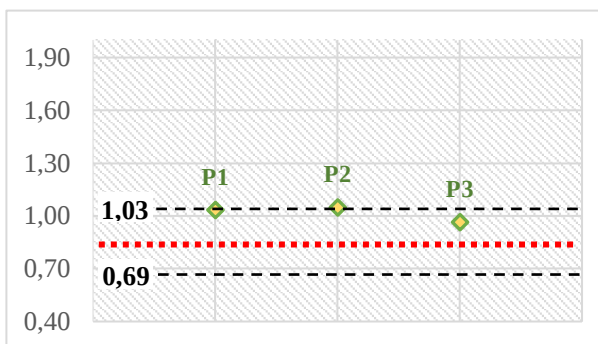


Figura 22 - Gráfico de relação entre medido e simulado do TR na Adventista's Life.

LEGENDA

- Simulado da Condição Atual e sem público (EASE)
- Variação de 20% considerada
- ◆ Tempo de reverberação medido por ponto

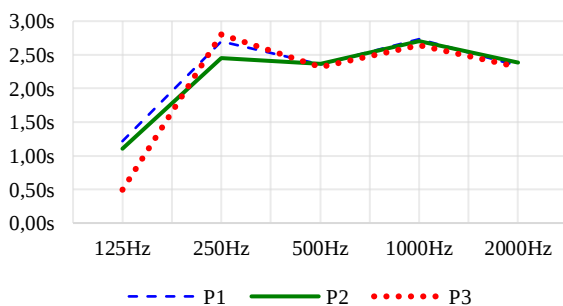


Figura 23 - Gráfico de Tempo de Reverberação medido no Santuário Santa Dulce dos Pobres.

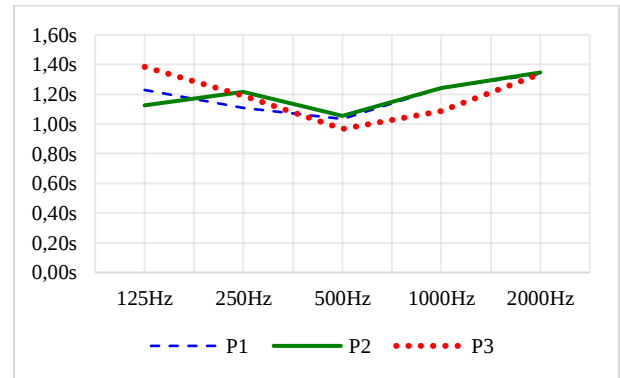


Figura 24 - Gráfico de Tempo de Reverberação medido na Adventista's Life.

As figuras 23 e 24 apresentam os gráficos de tempo de reverberação medidos por frequência em ambos os templos religiosos.

3. ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

No Santuário Santa Dulce dos Pobres, a Tabela 3 demonstra o TR medidos nos 3 pontos variam de 2,32 a 2,37 segundos e a simulação adaptada à condição atual da igreja indicou 2,20s que, com tolerância de 20%, estabelece uma margem de 1,76 a 2,64s (Figura 21). Portanto constatou-se que o tempo de reverberação nos três pontos medidos está dentro da margem de tolerância. A justificativa para os resultados dentro da margem, mesmo sem parte dos materiais, pode-se atribuir ao fato de algumas janelas estarem com algumas frestas devido a sua forma de fechamento e, também, à existência de acessos laterais da igreja que funcionam como nichos.

A Tabela 3 também demonstra que os três pontos medidos na Adventista's Life apresentaram TR de 0,97 a 1,05 segundos, enquanto a simulação adaptada à condição atual da igreja indicou 0,86s que, com tolerância de 20%, estabelece uma margem de 0,69 a 1,03s (Figura 22). Portanto, chegou-se a constatar um ponto fora da margem de tolerância de tempo de reverberação da Adventista's Life, ponto P2. Pode-se atribuir o fato dos valores medidos estarem próximo a linha superior, representando uma igreja mais reverberante, o fato da não aplicação do feltro de lã acima de trechos do forro do gesso perfurado.

Portanto a comparação entre os resultados medidos e simulados comprovaram a



confiabilidade do software utilizado para projetar o condicionamento acústico, no entanto é importante destacar a importância de realizar análises dessa natureza considerando a situação real em termos de materiais instalados e público, pois nem sempre a solução foi implementada por completo e o padrão é se projetar com as pessoas ocupando o espaço.

No gráfico de tempo de reverberação simulado na condição atual (Figura 15) observa-se a grande influência na reverberação da falta do material absorvente nas paredes da igreja de Irmã Dulce conforme está especificado no projeto acústico, distanciando do ideal nas frequências baixas, mas ainda em condições possíveis para a realização das missas, pois as principais frequências da voz humana (500 e 1000Hz) estão ajustadas. Vale registrar a satisfação do cliente com relação a condição acústica atual da igreja para o tipo de missa deles que predomina a fala. Como o referencial que possuem é o das missas antes quando não possuía nenhum material absorvente para quem frequentava antes a igreja a melhora foi perceptível. No entanto, os cálculos comprovam que pode ficar melhor principalmente para os momentos de louvor.

Já no gráfico da condição atual da igreja Adventista é notável a influência da absorção das poltronas absorventes no tempo de reverberação. No entanto, apesar da referência da Norma ter sido a base do projeto, esse tipo de denominação religiosa e em especial essa igreja se assemelha muito a uma Casa de Show, pois é bem voltada para o público jovem, o que demandaria um tempo ideal de reverberação menor. Portanto entende-se que a reverberação atual está de acordo com as práticas musicais, que são uma constante, e o feedback positivo recebido dos clientes mostra o quão estão extremamente satisfeitos com o resultado.

Uma outra análise a ser feita é justamente com relação a necessidade de diferentes condições acústicas para diferentes tipos de ritos religiosos. Importante sempre compreender bem as atividades a serem exercidas na igreja antes de realizar simulações e especificações. A respeito da Igreja Adventista, por exemplo, que preza por uma grande qualidade não apenas

durante a palavra, mas de forma equânime durante os louvores por serem elementos muito marcantes dos cultos, o estilo musical envolve os mais diversos instrumentos, de cordas, de percussão e de sopro, acústicos ou eletrônicos. Isso demanda um equilíbrio em todas as bandas de frequências, o que pode ser observado no gráfico de tempo de reverberação projetado (Figura 13).

Ao analisar por frequência (Figuras 23 e 24) os resultados medidos, é possível observar uma homogeneidade entre os pontos de cada igreja, demonstrando o equilíbrio sonoro proporcionado pela distribuição dos materiais absorventes ao longo das igrejas, não apenas concentrado em um só lugar.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Simulações acústicas representam métodos de predição das características acústicas de um ambiente e orientam projetos mais assertivos e eficientes. Os resultados obtidos comprovaram a confiabilidade do *software* e permitiu a avaliação da influência da não instalação de todos os materiais especificados em projeto, assim como do incremento de alguns.

Acredita-se que a falta de conhecimento por parte dos líderes de igrejas e projetistas acerca da importância e da possibilidade de adequação acústica é a principal causa do elevado número de igrejas sem condicionamento acústico. Isto se reflete em igrejas demasiadamente reverberantes, o que prejudica a compreensão da pregação e apreciação da música.

Um erro comumente encontrado é quando os líderes religiosos ou projetistas envolvidos escolhem um tipo de material acústico por eles conhecido e sugerem a aplicação em todo o templo, confiando esta intervenção trará a condição adequada para os cultos e missas. Esse tipo de aplicação costuma proporcionar reverberações desequilibradas nas diversas frequências e deficiências acústicas.

Ao se observar a reverberação elevada em baixas frequências do Santuário Irmã Dulce, este trabalho permitiu constatar a relevância de equilibrar a instalação de materiais com

características acústicas distintas, específicas para cada rito religioso.

Uma vez que o tempo de reverberação é considerado o principal parâmetro para adequação acústica e *softwares* como o EASE são os principais mecanismos para realização dos cálculos na fase de projeto, por permite inserir as características de absorção sonora de cada superfície, o confronto dos valores das simulações e das medições *in loco* das igrejas apresentara resultados satisfatórios.

De qualquer modo, os estudos de acústica devem ir além do TR, mas deve-se eliminar defeitos acústicos decorrentes do formato da sala, como o paralelismo de superfícies reflexivas e formas côncavas, além de considerar outros parâmetros já conhecidos, como o índice de transmissão de fala (STI), Clareza (C80) e Definição (D50).

A existência de múltiplas atividades integrantes do culto tais como orações (fala), música amplificada por sistemas eletroacústicos, música não amplificada, peças de teatro, dança e pregação da mensagem, demandam enfoques distintos do conforto acústico e anseiam por um tempo de reverberação que satisfaça a todos os momentos. Uma outra questão extremamente relevante é a diferença entre os ritos religiosos que atualmente possuem uma grande variedade, mas a Norma brasileira apresenta apenas 2 curvas para igrejas.

Para um bom desempenho é necessário que o condicionamento acústico dos espaços religiosos seja criteriosamente estudado e esteja em harmonia com as características estéticas e históricas de cada templo.

E em paralelo aos dados objetivos citados, sugere-se também um estudo qualitativo para avaliar o impacto das condições acústicas aqui analisadas na percepção subjetiva das pessoas que participam das atividades em cada local.

5. REFERÊNCIAS

- [1] BRADLEY, J. S.; SATO, H. A intelligibility of speech in elementary school classrooms. The Journal of the Acoustical Society of America. 123, 2078 (2008). Disponível em <<https://doi.org/10.1121/1.2839285>>. Acesso em 29 de maio de 2018.
- [2] REIS, S. S.; DE PAULA, K. A. A relação da acústica nas Igrejas católicas com música litúrgica atual: uma análise do Templo Matriz do Timirim. In: XXVII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Sobrac 2017. Brasília, 2017.
- [3] BARRETTO, Débora; SOUZA, Danilo; NASCIMENTO, Cristhian; PAIM, Felipe; PEREIRA, Lucas; CAVALCANTE, Krisdany; CASTRO, Alessandro; CASTRO, Daniely; ROSANELI, Vinicius; SANTOS, Lucas. Atividade pedagógica enquanto agente transformador dos espaços de ensino: avaliações acústicas de salas de aula com e sem condicionamento acústico. In: XXVII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Sobrac 2017. Brasília, 2017.
- [4] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12179 Tratamento de recintos fechados. ABNT, 1988
- [5] KNOCHENHAUER, S. I; VERGARA, E. F. Performance acústica de uma Igreja Protestante de médias dimensões. In: XXVII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Sobrac 2017. Brasília, 2017.
- [6] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto da NBR ISO 3.382-2: Acústica - Medição de parâmetros acústicos de salas - Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- [7] MORAIS JUNIOR, J. E. S. de. Acústica de igrejas: estudos de caso da qualidade acústica em templos evangélicos com diferentes usos sonoros. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. 143p. Natal, RN, 2020.