

DESEMPENHO ACÚSTICO DE UMA BASÍLICA COM ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA RESPOSTA IMPULSIVA COM FONTE DE IMPACTO MANUAL

Marselle Nunes Barbo (1); Dinara Xavier da Paixão (2); Erasmo Felipe Vergara (3); Livia Ribeiro Pavanello (4)

(1) MSc. Arquiteta, marselleb@hotmail.com

(2) Dra., Professora/Pesquisadora do Centro de Tecnologia/UFSM, dinaraxp@yahoo.com.br

(3) Dr., Professor/Pesquisador do Centro de Tecnologia/UFSM, efvergara@gmail.com

(4) Graduanda em Engenharia Civil da UFSM, livinhaeng@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Centro de Tecnologia, Setor de Acústica,
Av. Roraima, 1000, Camobi, Santa Maria/RS, 97115-900, Tel.: (55) 3220-8461.

RESUMO

O presente trabalho analisa o desempenho acústico de uma Basílica, com arquitetura contemporânea, avaliando dados obtidos de experimentos realizados *in loco*, a partir de respostas à excitação por fonte impulsiva. O local estudado é o Santuário-Basílica de Nossa Senhora Medianeira, que se constitui num importante centro dedicado à Padroeira do Rio Grande do Sul. Numa igreja, uma boa inteligibilidade da palavra proferida é necessária para ser bem compreendida pelos fiéis. A música também deve ser claramente percebida. Um dispositivo de madeira produzido no Setor de Acústica da UFSM, a partir de um estudo científico, revelou-se capaz de emitir o sinal impulsivo necessário para a realização das medições. A avaliação acústica do ambiente foi determinada em função dos índices referentes à qualidade e à inteligibilidade para a música e para a palavra. Os dados, coletados com o equipamento *Blue Solo* da 01 dB, tiveram sua análise efetivada pelo programa computacional *dBati*. Os resultados de Tempo de Reverberação oscilaram em torno de 4 segundos. Para o Tempo de Decaimento Inicial conferiram-se resultados em torno de 3,5 segundos. O parâmetro Definição mostrou valor máximo de 40% na Basílica. Clareza apresentou supremacia de resultados negativos atingindo -5 dB. Índice de Transmissão da Fala apresentou maior valor de 0,47. Ficou constatado que a edificação apresenta carência em sua qualidade sonora, dificultando a compreensão tanto da palavra falada, quanto da música.

Palavras-chave: Acústica arquitetônica, fonte impulsiva, igrejas, critérios de qualidade.

ABSTRACT

The present work analyzes the acoustic performance of a Basilic with contemporary architecture, evaluating data obtained from experiments performed *in loco* based on impulsive responses. The premises studied are the Basilic Sanctuary of Our Lady Medianeira that consists of an important center dedicated to the Patroness of Rio Grande do Sul State. In a church, good speech intelligibility is necessary for the right comprehension from the audience. Music also should be clearly understood. A wooden device manufactured by UFSM's Acoustic Sector regarding scientific researches, revealed ability of impulsive signal emission necessary for carrying out the measurements. The environment acoustic assessment was determined according to quality and intelligibility rates for music and speech. The data, collected with an equipment called *Blue Solo* from 01 dB, had its analysis effectively checked by computational program *dBati*. Then it was obtained values of Reverberation Time (RT), Early Decay Time (EDT), Clarity (C80) and Definition (D50). The Reverberation Time results oscillated around 4 seconds. EDT results were about 3,5 s. The parameter Definition conferred maximum value of 40% in the Basilic. Clarity showed negative results of the order of -5 dB. The highest value for Speech Transmission Index was 0,47. It was found that the premises lack sound quality, making it rather difficult to understand both speech or music".

Keywords: Arquitectural acoustic, impulsive source, church, quality criteria.

1. INTRODUÇÃO

Os movimentos arquitetônicos e artísticos, ao longo do tempo, tiveram nas edificações religiosas importantes representantes, especialmente por sua grandiosidade e importância histórica. As igrejas se constituem em espaços fechados, onde o desempenho acústico, em condições normais, deve correlacionar parâmetros arquitetônicos de salas com a avaliação subjetiva da finalidade para a qual ele foi construído.

Duas são as atividades essenciais executadas durante as missas em um templo religioso: os comentários e a música. Portanto é necessário que as duas finalidades sejam entendidas claramente. É preciso considerar parâmetros de acústica de salas, que se referem ao desempenho para a palavra falada e para a música, segundo Critérios de Qualidade, como: Tempo de Reverberação (TR), Tempo de Decaimento Inicial (EDT), Clareza (C80), Definição (D50) e Índice de Transmissão da Fala (STI).

O *Tempo de Reverberação* é o tempo necessário para que o Nível de Pressão sonora decaia 60 dB depois que a fonte sonora é interrompida. A NBR 12179:1992 indica um valor em torno de 2,2 segundos, em 500 Hz, como o tempo ideal para igrejas, com volume semelhante ao do templo em análise.

O Tempo de *Decaimento Inicial (EDT)*, assim como o TR, também analisa os decaimentos iniciais, porém esse parâmetro considera apenas os primeiros 10 dB de decaimento da curva, sendo relacionado mais com a percepção do ouvinte do que com as propriedades físicas da sala.

A compreensão da fala é analisada pelo índice *Definição (D50)* que consiste na razão entre a energia do trecho inicial e a energia total do som contida no sinal nos primeiros 50 ms. Os dados são fornecidos em porcentagem, onde os índices mais próximos de 100% indicam a melhor definição do discurso.

O parâmetro *Clareza (C80)* analisa a inteligibilidade das articulações das notas musicais e é determinado pela razão da energia da resposta impulsiva que chega ao ouvinte nos primeiros 80 ms e a energia total que chega após 80 ms.

O Índice de Transmissão da Fala (STI) analisa a inteligibilidade do discurso num ambiente, levando em conta os interferentes na compreensão da fala, como ruído de fundo e tempo de reverberação. Um tabela de critérios de qualidade indica os valores que variam de 0 (inteligibilidade *Ruim*) a 1 (inteligibilidade *Excelente*).

O trabalho analisa o desempenho acústico de uma Basílica, com características arquitetônicas contemporâneas, a partir de dados obtidos por resposta impulsiva de experimentos realizados *in loco*, tendo como equipamento sonoro uma fonte impulsiva alternativa, sendo uma reprodução construída no Laboratório de Acústica da UFSM, de um elemento descrito em artigo científico por Sumarac-Pavlovic et. al (2008). Essa pesquisa é oriunda de uma dissertação de Mestrado.

O dispositivo empregado constitui-se de um equipamento de madeira, ativado por força manual, que gera um sinal impulsivo de curta duração, quando se fecha. A figura 1 apresenta um desenho esquemático e uma imagem fotográfica da fonte construída.



Figuras 1: Desenho esquemático e imagem da fonte impulsiva.

O local estudado é o Santuário-Basílica de Nossa Senhora Medianeira, que se constitui num importante centro dedicado à Padroeira do Rio Grande do Sul.

2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é apresentar a análise da eficácia na utilização de uma fonte impulsiva alternativa, bem como focar a avaliação da qualidade acústica, de um templo católico de grandes dimensões, que apresenta arquitetura e materiais contemporâneos.

3. METODOLOGIA

Os parâmetros acústicos do ambiente foram obtidos conforme recomendações da norma *ISO 3382/2001 Acoustics - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters*. As medições foram realizadas em três etapas, a primeira, que tratou da validação da fonte impulsiva, com medições para comparação do Tempo de Reverberação e Tempo de Decaimento Inicial a partir da resposta do sinal impulsivo captado pelo estouro de balões e da emissão do dispositivo de madeira. Cálculos numéricos com a Fórmula de Sabine também foram realizados nessa etapa da pesquisa.

A segunda etapa, já com a fonte determinada, constituiu-se no levantamento dos Parâmetros Acústicos. Nesse segundo ensaio a fonte foi colocada em três pontos em frente ao presbitério, isto é, em posições frontais aos dezesseis pontos de captação do sinal. Nessa etapa totalizaram-se 144 medições (3 disparos em cada ponto, para cada posição de fonte).

Na terceira etapa a fonte foi locada em oito pontos próximos aos alto-falantes existentes no local, ou seja, nas laterais e no fundo. Os dezesseis pontos de captação do sinal permaneceram os mesmos da etapa anterior. Totalizaram-se 384 medições nesse ensaio (3 disparos em cada ponto, para cada posição de fonte).

Esse artigo mostra a comparação entre os resultados das etapas dois e três, ou seja, medições com a fonte em posições somente frontais e envolvendo localizações distribuídas também nas laterais e no fundo da Basílica. Também se fez uma comparação com a fonte posicionada em seis pontos, nas paredes laterais, em que esses resultados foram extraídos do ensaio com oito fontes, apenas retirando-se a resposta das fontes posicionadas na parede dos fundos.

A captação do sinal impulsivo na Basílica utilizou como equipamentos computador portátil, medidor integrador de nível sonoro (tipo 1) e calibrador acústico. Os dados foram processados no programa computacional *dBati32* da *01dB* que permite a transferência e cálculo dos tempos de reverberação e decaimentos, bem como a determinação de parâmetros acústicos de salas, e outros índices de interesse da Acústica Arquitetônica.

4. RESULTADOS

4.1. Ensaio para validação da fonte

Nesta etapa do trabalho foram empregados dois tipos de fontes impulsivas: balões de festa e um dispositivo de madeira. Após, os resultados dessas medições foram comparados com os cálculos de Tempo de Reverberação realizados a partir da fórmula de Sabine. Trata-se de um estudo prévio, onde, a partir dele, determinou-se o dispositivo sonoro que seria utilizado nos ensaios futuros, bem como a configuração de emissor-receptor. A escolha das posições para a emissão do estouro deu-se de forma aleatória. Locaram-se os microfones de captação entre os bancos, considerando regiões onde se concentram os frequentadores. As distâncias entre a fonte e o equipamento de medição obedeceram a Norma Técnica *UNI EN ISO 3382:2001*.

A Figura 2 mostra um desenho esquemático da planta da Basílica, representando a locação dos pontos de emissão e recepção do sinal, que, com distâncias aleatórias, variaram de 4,0 m até 12 m.

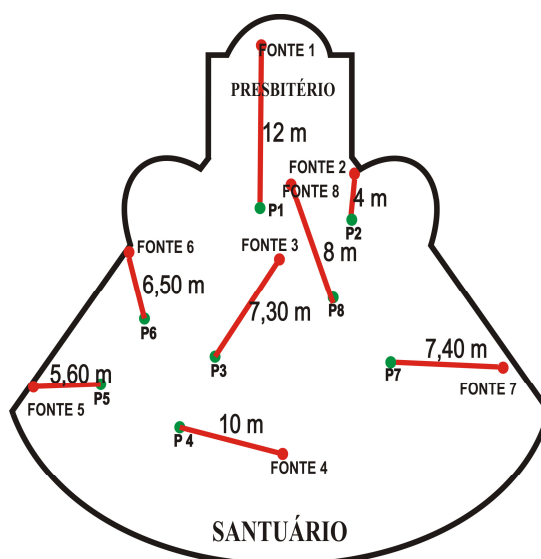
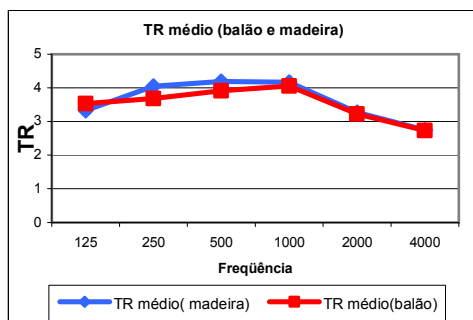


Figura 2: Planta da Basílica da Medianeira com as posições de medição e fonte sonora

A partir dos ensaios com os balões e madeira, obteve-se a resposta da Basílica para TR e EDT, calcularam-se as médias de todas as fontes e microfones analisando ainda o desvio padrão correspondente.

As figuras 3 e 4 apresentam um gráfico comparativo entre o TR obtido com o sinal impulsivo do balão e oriundo do sinal do equipamento de madeira.



Figuras 3: Tempo de Reverberação médio.

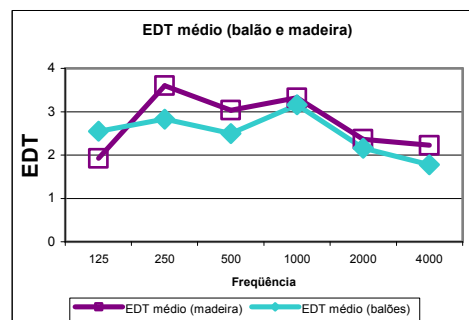


Figura 4: Tempo de Decaimento inicial médio.

O desvio padrão do dispositivo de madeira indicou uma variação em torno de 1,23 s na frequência de 125 Hz, e de 0,66 s com o estouro de balões na mesma frequência. Essa dispersão pode ser explicada pela dificuldade do equipamento na excitação nessas bandas. Para o EDT os maiores desvios localizam-se entre 250 e 1000 Hz, apresentando-se superiores aos obtidos no TR em todas as frequências.

No ensaio com balões, ressaltam-se índices ligeiramente menores que os decorrentes do emprego do dispositivo de madeira, pois somente na frequência de 1000 Hz o TR alcançou 4 s. O EDT para esse tipo de medição também apresenta valores menores que a modalidade de excitação anterior, com exceção da frequência de 125 Hz.

Ao analisar a relação do TR e EDT da excitação com balões e seus desvios padrões, verifica-se que o TR teve maior oscilação entre 125 e 500 Hz. O EDT apresentou maiores disparidades, nesse caso, em todas as frequências, quando comparado aos resultados obtidos com o dispositivo de madeira.

4.2. Resultados dos cálculos analíticos

Para o cálculo analítico do Tempo de Reverberação foi empregada a fórmula de Sabine, onde o volume considerado para a Basílica foi de 12.144,66 m³. Fez-se necessário o levantamento da área de superfície dos materiais componentes da Basílica, para fins de determinação da absorção total do ambiente. A Tabela 1 apresenta a área de absorção de cada tipo de material. Não foi considerada a área sob os bancos, pois eles atuam também como elementos de difração sonora, criando uma região de sombra resultando numa menor intensidade do som.

Tabela 1: área de superfície dos materiais (m²)

| Parede | Vidro | Carpete | Madeira (bancos) | Concreto | Piso Ceram. | Portas (madeira) | Forro |
|--------|--------|---------|------------------|----------|-------------|------------------|---------|
| 707,63 | 361,13 | 215,09 | 345,49 | 254,32 | 494,33 | 66,37 | 1176,02 |

Para o levantamento dos coeficientes de absorção, consultaram-se vários autores, consequentemente comparando os resultados. Os dados foram extraídos de Méndez et al. (1994), Gerges (2000), Cox e D'Antonio (2004), Bistafa (2006), NBR 12179 (1992) e do *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB 2008).

Considerando-se que a Basílica possui um grande volume, optou-se por incluir a absorção sonora do ar, que influencia no cálculo do Tempo de Reverberação, como afirmam Fasold e Veres (2003 apud Zaninn, 2005). Os valores para a área de superfície do ar, indicada pelos autores, para um volume de aproximadamente 10.000 m³, bem como os coeficientes de absorção para o ar, onde nesse trabalho adotou-se como referência os índices recomendados por Beranek-Vér (1992), encontram-se representados na Tabela 2.

Tabela 2: área de superfície e coeficiente de absorção do ar

| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
|--|-----|-----|-----|------|------|------|
| Área de superfície do ar (m ²) Fasold, Veres, 2003, Apud ZANINN, 2005) | -- | 3 | 10 | 30 | 100 | 300 |
| Coef. absorção do ar Beranek, Vêr (1992). | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 1,3 | 2,2 | 5,0 |

Os gráficos comparativos do Tempo de Reverberação medido experimentalmente e obtido teoricamente (sem absorção do ar) estão representados na Figura 5. A Figura 6 apresenta a comparação dos TR's em que os resultados teóricos consideram a absorção sonora do ar.

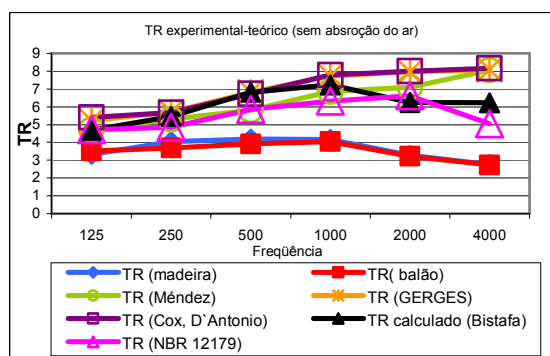


Figura 5: TR experimental e teórico (sem absorção do ar).

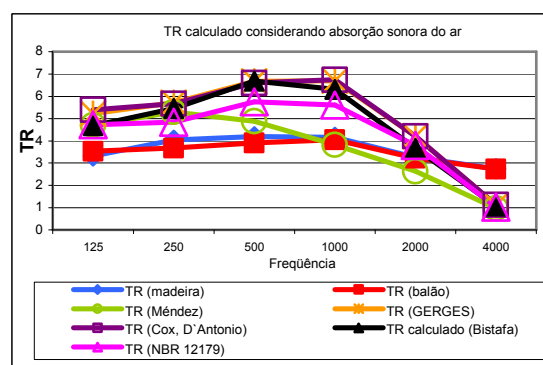


Figura 6: TR experimental e teórico (com absorção do ar).

Neubauer (2001) apud Zannin, (2005) destaca que o uso de coeficientes de absorção retirados de tabelas padrão fornece, em geral, tempos de reverberação maiores do que os obtidos experimentalmente.

A diferenças encontradas entre os cálculos numéricos utilizando a fórmula de Sabine e os resultados de TR, a partir da medição com os equipamentos, estão relacionadas com a dificuldade em se encontrar os dados corretos referentes aos materiais e aos componentes de difícil caracterização, como afirma Kuttruff (1979). Na Basílica os vitrais fundidos na estrutura de concreto, e o forro constituído de PVC, representam os atenuantes da dificuldade em encontrar coeficientes de absorção corretos.

A análise dos experimentos e cálculos analíticos proporciona a verificação de que os resultados medidos com o equipamento, a partir do sinal disparado com o dispositivo de madeira, são similares aos captados pelo estouro dos balões, apresentando uma ligeira diferença nas baixas e médias frequências. O espectro do sinal da fonte de madeira apresenta uma apropriada resposta entre 250 Hz e 4KHz, como constataram Sumarac-Pavlovic et. al (2008) no trabalho que originou essa fonte sonora. Foi verificado que o balão, apesar de ter uma melhor resposta em baixa frequência, apresenta maiores oscilações no espectro. E não se tem controle do volume e da pressão do ar, bem como da qualidade do material, pois o acabamento não é homogêneo. Além disso, o custo é maior e a funcionalidade pequena, uma vez que o ato de encher o balão acarreta um aumento no tempo das medições.

Assim, detectou-se que uma fonte sonora impulsiva de baixo custo, e boa praticidade, como é o caso do dispositivo de madeira, é tão eficaz para o tipo de medição proposta, quanto o estouro de grandes balões, sendo esta a escolhida para os ensaios subsequentes.

4.3 Resultados Comparativos das diferentes distribuições de fontes

4.3.1 Resultados dos Parâmetros Acústicos

Para fins de análise, os resultados dos parâmetros acústicos estão distribuídos conforme as regiões: Lateral Esquerda (LE), Central (C), Lateral Direita (LD) e Fundos (F). A compartimentação das regiões bem como a distribuição de fonte-receptor com as distribuições de 3 e 8 fontes, estão representados na figura 7.

Cada parâmetro (TR, EDT, D50, C80 e STI) possui quatro gráficos, cada um representando uma região. São mostradas as médias dos resultados obtidos em cada região, com as diferentes disposições de emissão do sinal impulsivo, respectivamente: três, seis e oito fontes.

Com o propósito de facilitar a interpretação dos resultados, o desvio padrão é indicado através das barras localizadas em cada coluna representativa das médias.

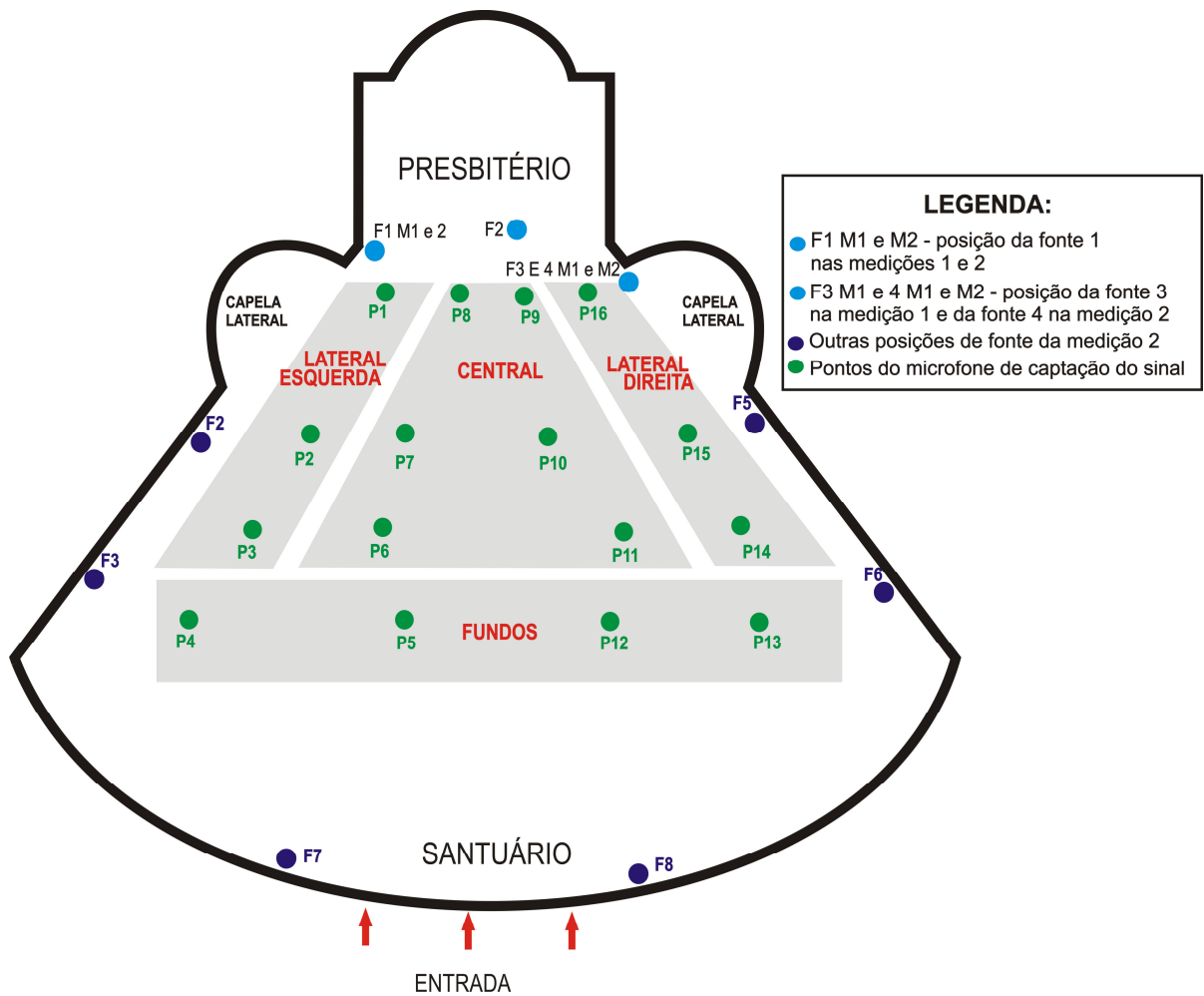


Figura 7: compartimentação das regiões e distribuição das fontes e microfones.

4.3.1.1 Tempo de Reverberação (TR)

Ressalta-se que o TR é maior nas frequências de 500 e 1000 Hz. Essa característica é verificada em todas as distribuições de fonte e também nas quatro regiões de análise. O valor do TR em 500 Hz, que é uma frequência de interesse para fala, gira em torno de 4 s. Essa faixa de valores para o tempo de reverberação (± 4 s) é verificada em todas as regiões analisadas (LE,C,LD e F), ocorrendo algumas variações decorrentes das características físicas e geométricas da Basílica e da precisão do dispositivo impulsivo. Os gráficos das figuras 8, 9, 10 e 11 apresentam esses resultados.

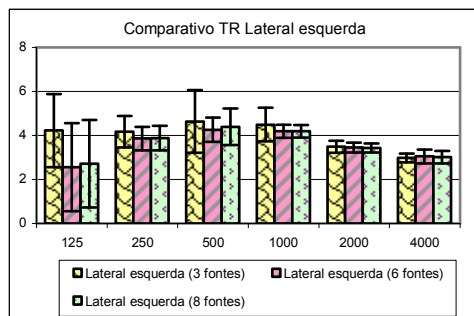


Figura 8: resultados comparativos de TR (Lateral Esquerda).

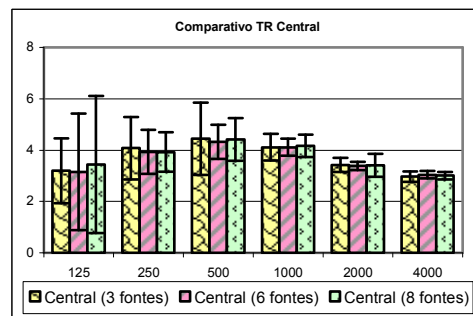


Figura 9: resultados comparativos de TR (Central).

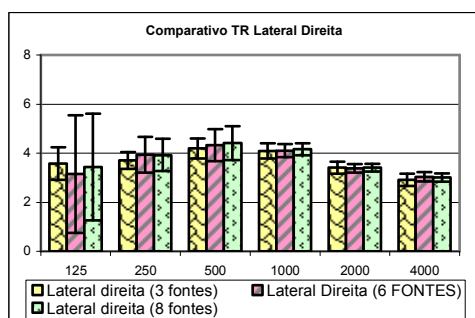


Figura 10: resultados comparativos de TR (Lateral Direita).

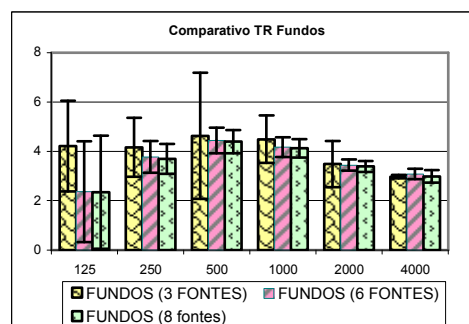


Figura 11: resultados comparativos de TR (Fundos).

O TR de 4 s em 500 Hz mostra que esse valor está acima dos índices recomendados pela bibliografia técnica, onde encontra-se valores em torno de 1,5s indicados por Valle, (2007) para igrejas contemporâneas com referência a volume semelhante ao da Basílica e 2,2s referentes na NBR 12179:1992. O desvio padrão é maior especialmente nas baixas frequências, onde já se sabia que o dispositivo não é tão preciso.

4.3.1.2 Tempo de Decaimento Inicial (EDT)

Os resultados de EDT entre as diferentes configurações de fontes são similares (em torno de 3,5 s), com exceção de *Fundos* que mostrou maior diferença para a composição de 3 fontes, o que se pode relacionar ao fato dos pontos localizados nessa região possuírem distâncias expressivas da origem do sinal. Tendo em vista que o EDT é um parâmetro que se relaciona mais fortemente à percepção de reverberação pelo ouvinte que o TR, os resultados mostram que essa percepção é um pouco menor que a reverberação real existente no local, porém continuam altos, em torno de 3,5 e 4 s, influenciando no desempenho acústico da edificação. As figuras 12, 13, 14 e 15 representam os resultados comparativos de EDT.

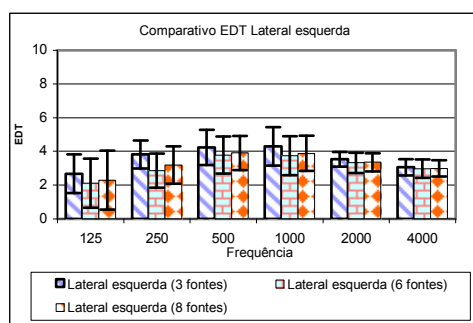


Figura12: resultados comparativos de EDT (Lateral Esquerda).

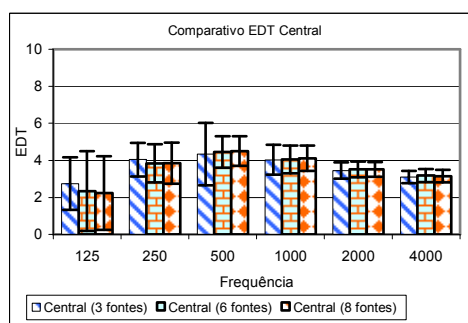


Figura 13: resultados comparativos de EDT (Central).

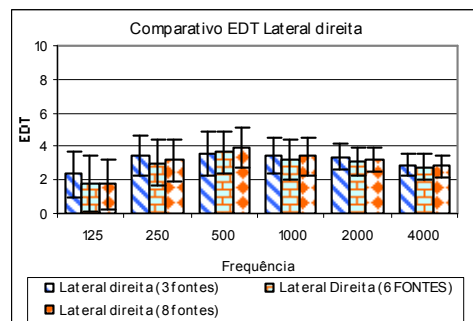


Figura 14: resultados comparativos de EDT (Lateral Direita).

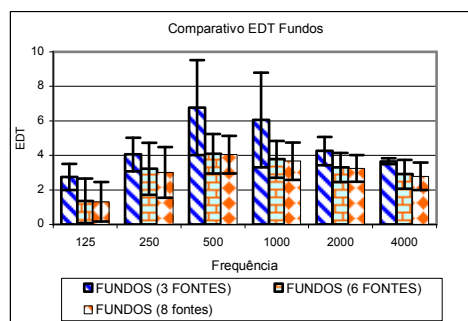


Figura 15: resultados comparativos de EDT (Fundos).

O resultado evidenciado pelos desvios padrões, indicam que as consideráveis dispersões são repetidas entre as várias disposições de fontes, com exceção de *Fundos*, que apresenta a maior disparidade de valores, em especial em 500 e 1000 Hz, bandas de frequência importantes para o discurso.

4.3.1.3 Definição (D50)

Os resultados apresentados mostram valores próximos de 40%, na região *Central*, com 3 fontes e na *Lateral Direita* com 3 e 6 fontes, em 1000 Hz. A região *Fundos* não ultrapassa 30% de Definição em nenhuma das configurações de fonte. As maiores respostas obtidas na região *Fundos* ocorreram com o emprego das 8 fontes, o que pode ser explicado pela menor distância entre fonte-receptor, devido a presença das duas fontes colocadas próximas a parede de entrada da Basílica. Os gráficos das figuras 16, 17, 18 e 19 ilustram os resultados de Definição em função das frequências.

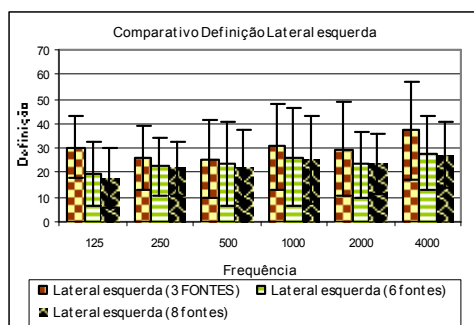


Figura 16: resultados comparativos de D50 (Lateral Esquerda).

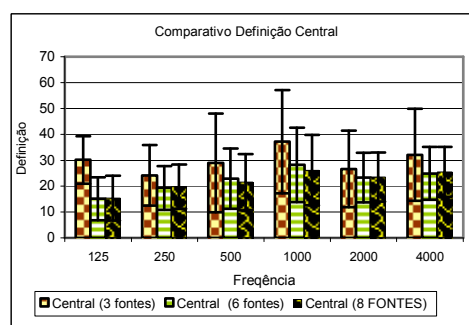


Figura 17: resultados comparativos de D50 (Central).

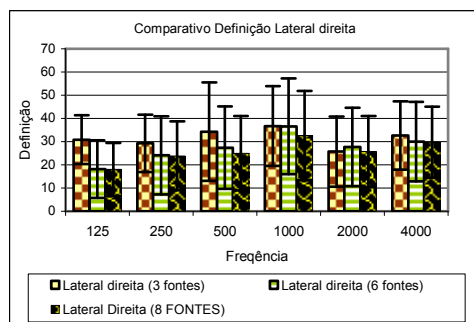


Figura 18: resultados comparativos de D50 (Lateral Direita).

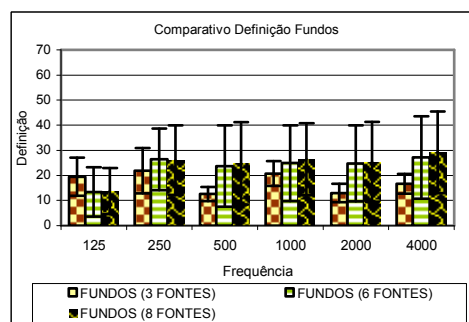


Figura 19: resultados comparativos de D50 (Fundos).

Ao se analisar o alto índice de desvio padrão, fica claro que os valores de D50 estão dispersos, variando conforme a posição de medição. A relação de distância entre fonte-receptor influencia nesse alto desvio, pois ao mesmo tempo em que existem microfones bem próximos às fontes, também se observa outros bem afastados, ocasionando uma oscilação dos resultados. A baixa dispersão em *Fundos* com a distribuição de 3 fontes, se deve ao fato de que todos os pontos localizados nessa região apresentam distâncias aproximadamente homogêneas em relação às fontes.

4.3.1.4 Clareza (C80)

Ao analisar os gráficos, observa-se que o parâmetro Clareza se apresenta bastante disperso e irregular em todas as frequências e nas variadas distribuições das fontes sonoras. A locação de 3 fontes apresentou alguns valores ligeiramente maiores que as outras distribuições, nas áreas denominadas *Lateral Direita* e *Central*. Isso, porém, não representa a situação real de emissão sonora no dia-dia da Basílica, devido à presença dos alto-falantes laterais e no fundo.

A configuração de 8 fontes, sendo a mais próxima da realidade entre as três distribuições, resultou em índices inadequados e grande variabilidade das respostas indicando a ocorrência do excesso das reflexões tardias, ou seja, após 80 ms. Esses resultados podem ser relacionados tanto ao alto tempo de reverberação, que tende a tornar a percepção musical obscura, quanto às características físicas e geométricas da edificação. As figuras 20, 21, 22, 23 e 24 ilustram gráficos com os resultados de C80 em cada região.

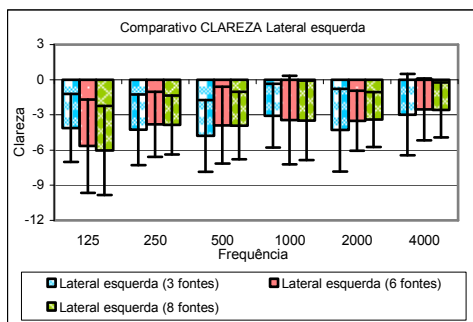


Figura 20: resultados comparativos de C80 (Lateral Esquerda).

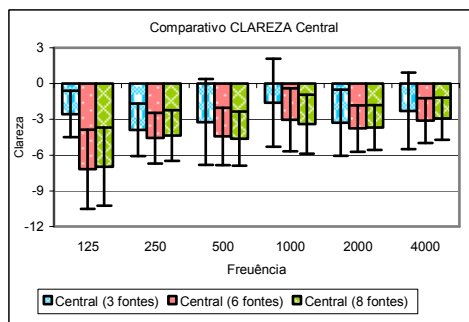


Figura 21: resultados comparativos de C80 (Central).

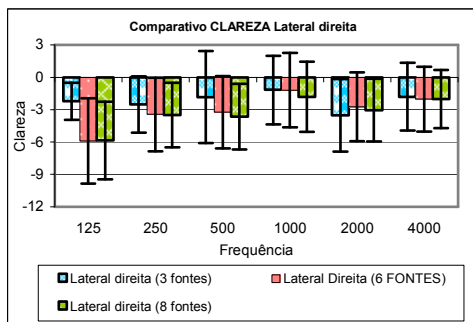


Figura 22: resultados comparativos de C80 (Lateral Direita).

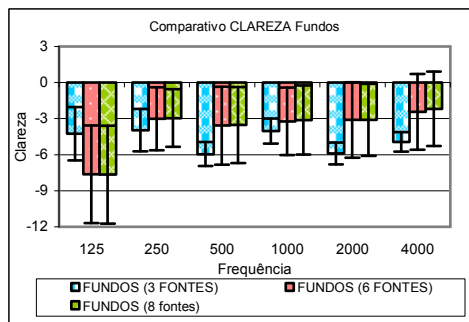


Figura 23: resultados comparativos de C80 (Fundos).

Com base nos dados apresentados e na constatação da supremacia de valores negativos, observa-se que a edificação não apresenta boa Clareza das articulações musicais, como mostram os índices recomendados no manual explicativo do programa computacional dB Batti (01 dB, 2000) que aconselha valores entre -2 a +2 dB para edificações onde se executa o estilo musical encontrado na Basílica. Valle, (2007) indica um valor de Clareza para instrumento de cordas e corais um valor entre 0dB a +4dB.

4.3.1.5 Índice de Transmissão da Fala (STI)

Analisando os resultados de STI, apresentados na figura 24, constata-se que a configuração de 3 fontes apresentou ligeira superioridade em relação às outras distribuições, indicando o maior valor de 0,47 na região *Central*, enquadrando-se em *Razoável*.

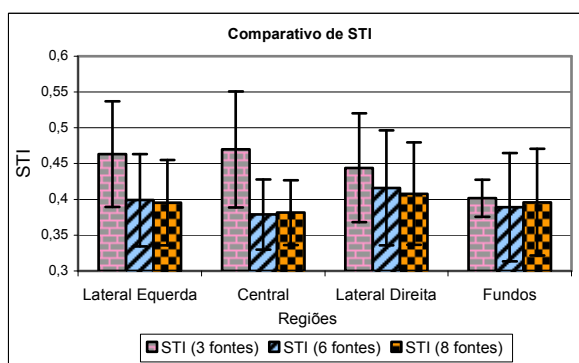


Figura 24: resultados comparativos de STI.

Em relação às outras configurações de fonte (6 e 8), os resultados são similares (em torno de 0,40). Os maiores índices são na área *Lateral Direita*, embora classificando o ambiente como *Pobre*. A região *Fundos* apresentou resultados mais homogêneos de STI com as três distribuições de fonte, devido a acentuada queda no valor decorrente de 3 fontes.

Os desvios padrões indicam oscilações demonstrando que a variabilidade entre os resultados pode provocar uma mudança nos índices de classificação do STI.

Analisando o parâmetro STI, detecta-se que a inteligibilidade do discurso está prejudicada na Basílica, pois a mesma classifica-se como *Pobre*, porque os únicos resultados que se encontram em *Razoável*, são oriundos da emissão de apenas três fontes, o que não representa a situação real da edificação. Além disso, os índices que levam à classificação *Razoável* possuem valores muito próximos do indicativo de Índice de Transmissão da Fala *Pobre*.

5. CONCLUSÕES

Após a verificação dos resultados, foi possível detectar que o dispositivo de madeira (um equipamento de baixo custo, fácil manuseio e transporte), confeccionado a partir de um modelo descrito em artigo científico por Sumarac-Pavlovic et. al (2008) é capaz de proporcionar respostas confiáveis possibilitando o levantamento dos dados com esse equipamento.

O Tempo de Reverberação, que apresentou uma resposta em torno de 4 segundos, indicou que os valores estão acima dos índices referentes para volumes similares ao da Basílica, como em Valle (2007) que recomenda 1,5 s para igrejas contemporâneas e a NBR 12179(1992) que indica 2,2 s para igrejas católicas. Esse alto valor pode interferir nas atividades principais da Basílica, que é a execução de música e do discurso.

O Tempo de Decaimento Inicial permitiu a constatação de que esse parâmetro, que se identifica como uma sensação de reverberação captada pelo ouvinte, apresentou valores entre 3,5 e 4 s, ligeiramente menores que o Tempo de Reverberação, indicando que o ouvinte sente a reverberação, porém de forma reduzida em relação ao TR real da edificação.

Quanto ao parâmetro Definição analisado no ambiente, constata-se que a relação da distância entre o microfone de captação do sinal e os pontos de localização da fonte impulsiva influencia nos resultados de D50. Contudo, a inserção de várias fontes distribuídas ao longo do interior da edificação, não significou melhorias na Definição do ambiente. A medição com a distribuição de oito fontes, não proporcionou enriquecimento dos resultados.

O índice Clareza (C80), que analisa a performance musical em um ambiente, indicando se existe um bom entendimento das notas musicais bem como das letras cantadas, verificou também a inadequação do local para esse programa. As reflexões tardias, ou seja, após 80 ms, possuem demasiada energia em relação às reflexões iniciais, isto é, entre 0-80 ms. A dispersão dos resultados mostra que a percepção de clareza musical se modifica conforme o posicionamento do ouvinte dentro da Basílica.

O parâmetro Índice de Transmissão da Fala (STI), que considera todos os interferentes no bom entendimento da fala, como ruído de fundo e tempo de reverberação, indicou uma precária inteligibilidade do discurso, com valores oscilando entre *Pobre* e *Razoável*.

Por fim, constatou-se que a Basílica da Medianeira não apresenta as condições acústicas ideais, o que pode afetar no conforto dos fiéis dentro da edificação, dificultando o entendimento da mensagem, refletindo no objetivo principal da religião, que é proporcionar qualidade de vida no sentido espiritual aos indivíduos.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 10152**: Acústica – Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1986.
- BERANEK, L. L.; VÉR, I. L. **Noise and vibration control engineering: principles and applications**. 4. ed. New York: Wiley Interscience Publications, 1992.
- BISTAFA, Sylvio R., **Acústica aplicada ao controle do ruído**. Edgard Blücher, São Paulo, 2006
- GERGES, S.N.Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 2. ed. Florianópolis: S.N.Y.Gerges, 2000.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO 3382:2001, Acoustics – Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters. Genova, 2001.
- KUTTRUFF, H. **Room acoustics**. 2. ed. London: Applied Science Publishers, 1979.
- MÉNDEZ, A. M.; Stornini, A. J.; Salazar, E.B.; Giuliano, H. G.; Velis, A. G.; Amarilla, B. C., (1994). **Acustica Arquitectonica**. Universidade del Museo Social Argentino, Buenos Aires, Argentina.
- PHYSIKALISCH-TECHNISQUE BUNDESANSTALT. PTB. Alemanha, Disponível em: http://www.ptb.de/index_en.html Acesso em 26/12/2008.
- SUMARC-PAVLOVIC, D., MIJIC, M., KURTOVIC, H., A simple impulse sound source for measurements in room acoustics. **Applied Acoustics**, 69, 378–383, 2008.
- TREVOR J. C., D'ANTONIO, P., **Acoustic Absorbers and Diffusers**. Theory, Design and Application Spon Press 2004
- VALLE, S. **Manual Prático de Acústica**. 2 ed. Música e Tecnologia. Rio de Janeiro, 2007
- ZANNIN, P. H. T. et al., Comparação entre tempos de reverberação calculados e medidos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 75-85, 2005.
- 01 dB, **dBati32**, São Paulo, SP. Versão 4.901, 2000.