



QUALIDADE ACÚSTICA EM IGREJAS: RELAÇÃO ENTRE O TRATAMENTO ACÚSTICO E A ELETROACÚSTICA

Jôssandra Rodrigues de Oliveira (1); Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica (2)

(1) Graduanda da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, arq.jossandra@gmail.com

(2) Arquiteta, Professora Doutora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFAL, mloiticica@gmail.com

Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Campus A. C. Simões, Tabuleiro dos Martins, CEP 57072-970, Maceió - AL.

RESUMO

A boa adequabilidade do ser humano ao espaço que irá utilizar depende muito do atendimento de forma satisfatória, das exigências de conforto acústico, térmico e lumínico. Dependendo da função que um ambiente possua, existem condições estabelecidas em normas e legislações que buscam propiciar um melhor desempenho das atividades nesses ambientes. Nos templos religiosos (igrejas), uma boa qualidade acústica significa que em seu interior a palavra proferida tem uma boa inteligibilidade e que a música é claramente percebida. Porém, geralmente, essas igrejas apresentam uma má inteligibilidade, sonorização com volume intenso e sem qualidade acústica, além de se constituírem muitas vezes como fonte de ruídos. O objetivo deste trabalho foi avaliar as condições acústicas em três igrejas evangélicas de diferentes dimensões situadas no município de São Miguel dos Campos - AL, observando a relação entre o tratamento acústico e a eletroacústica. Para isso, foi analisado o tempo de reverberação, isolamento acústico, a distribuição do som no ambiente e a potência eletroacústica instalada. Nos resultados foram obtidas as condições ideais de funcionamento, que foram confrontadas com as condições atuais. Isso possibilitou detectar o comportamento acústico de cada espaço analisado para poderem nortear trabalhos futuros e se buscar um melhor desempenho acústico das mesmas. A partir das análises verificou-se que as três igrejas necessitam ser tratadas acusticamente. Após solucionar esse requisito, aplicam-se os estudos de distribuição do som e dos cálculos da eletroacústica. Constatou-se que a qualidade acústica das igrejas está ligada ao equilíbrio entre o tratamento acústico e a eletroacústica.

Palavras-chaves: qualidade acústica, tratamento acústico, tempo de reverberação, isolamento acústico, eletroacústica

ABSTRACT

The good suitability of human space you will use depends largely on the service satisfactorily the requirements of acoustic comfort, thermal and luminal. Depending on the function that has an environment, there are conditions laid down in rules and laws that seek to provide a better performance of the activities in these environments. In religious temples (churches), good acoustic quality means that inside the spoken word has a good intelligibility and the music is clearly perceived. However, generally, these churches have a bad intelligibility, sound with high volume and without acoustic quality, besides being often as a source of noise. The aim of this study was to evaluate the acoustic conditions in three evangelical churches of different sizes located in São Miguel dos Campos - AL observing the relationship between the acoustic and electroacoustic treatment. For this, we analyzed the reverberation time, sound insulation, the distribution of sound in the environment and power electroacoustic installed. Results were obtained in ideal operating conditions, which were compared with current conditions. This made it possible to detect the acoustic behavior of each area analyzed in order to guide future work and to seek a better acoustic performance of the same. From the analysis it was found that the three churches need to be acoustically treated. After solving this requirement apply to studies of the distribution of sound and electroacoustic calculations. It was found that the acoustic quality of the churches is linked to the balance between acoustic and electroacoustic treatment.

Keywords: quality acoustics, acoustic treatment, reverberation time, sound insulation, electroacoustic

1. INTRODUÇÃO

A boa adequabilidade do ser humano ao espaço que irá utilizar depende muito do atendimento de forma satisfatória, das exigências de conforto acústico, térmico e lumínico. Com o crescimento das cidades, o ruído urbano cresce a cada dia, sejam pelo alto tráfego de veículos sobre as vias ou pela existência de outras fontes sonoras como bares, discotecas, casa de shows e até mesmo igrejas ou templos. O conforto acústico acaba por ser uma busca incessante dos usuários dessas cidades, que por vezes afirmam estarem acostumados com os ruídos ao seu redor. Porém, isso muitas vezes significa uma perda de sua sensibilidade auditiva.

A qualidade acústica de um recinto fechado dependerá do seu atendimento aos seguintes requisitos: inteligibilidade do som, ausência de interferência de ruídos externos sobre o som de interesse, distribuição sonora uniforme, difusão sonora e tempo de reverberação adequado. Dependendo da função que um ambiente possua, existem condições estabelecidas em normas e legislações que buscam propiciar um melhor desempenho das atividades nesses ambientes.

Nos templos religiosos (igrejas), uma boa qualidade acústica significa que em seu interior a palavra proferida deva ter uma boa inteligibilidade e que a música seja claramente percebida. No que se refere às igrejas evangélicas, geralmente, os cultos são compostos essencialmente pelos seguintes acontecimentos: oração, louvor, ensinamento da palavra de Deus, oferta e apelo para as pessoas ainda não convertidas a Deus. Ou seja, as igrejas são espaços de atividades múltiplas, onde é executada tanto a palavra falada (pregação), quanto a música (louvores e apresentações) que apresentam requisitos com exigências acústicas diferentes e com graus de importância semelhantes. A geometria arquitetônica de uma igreja possui alguns aspectos específicos, como o pé-direito alto, as naves compridas e os grandes volumes com superfícies lisas e paralelas. Nestas condições, geralmente, essas igrejas apresentam uma má inteligibilidade, sonorização com volume intenso e sem qualidade acústica, além de se constituírem muitas vezes como fonte de ruídos. O conforto acústico de um templo agrega valor ao conjunto arquitetônico, como bem enfatiza o autor Nicolas (2001), o local do culto é a união justa e o equilíbrio perfeito entre o espiritual e o material. A arquitetura nesses ambientes deve permitir a canalização da energia, equilibrando-a com o homem que ali vai ao encontro com sua fé.

A eletroacústica corresponde à reprodução de sinais acústicos por meio elétrico, ou seja, através de equipamentos de som. O objetivo de um sistema eletroacústico é fazer com que o ouvinte mais distante do orador receba a voz com intensidade suficiente sem nenhum esforço de quem esteja falando. Segundo Fujimoto (2004) a grande vantagem de um sistema eletroacústico é poder ajustar a projeção do som, controlando-se o nível de pressão sonora, sua distribuição e o tempo que o sinal deve atingir determinadas áreas do público ouvinte. Para igrejas, recomenda-se um bom projeto do sistema de áudio, a fim de especificar quais são os equipamentos realmente necessários para assegurar a qualidade de propagação do som no seu interior.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as condições acústicas em três igrejas evangélicas de diferentes dimensões situadas no município de São Miguel dos Campos, observando a relação entre o tratamento acústico e a eletroacústica.

3. MÉTODO

A metodologia aplicada neste trabalho foi realizada em cinco etapas:

Etapa 1 - Caracterização do objeto de estudo: As igrejas selecionadas após levantamentos realizados foram as seguintes: a igreja Ministério Betel (sede), Figura 1, considerando como a igreja 1 (padrão grande); a igreja Ministério Betel (congregação), Figura 2, tratando como a igreja 2 (padrão médio); e por fim, a Igreja do Evangelho Quadrangular, Figura 3, como sendo a igreja 3 (padrão pequena). O parâmetro utilizado para a classificação do padrão das igrejas foi o total de área construída.



Figura 1: Igreja 1 - Ministério Betel (sede)



Figura 2: Igreja 2 - Ministério Betel (congregação)



Figura 3: Igreja 3 - Igreja do Evangelho Quadrangular

Etapa 2 - Cálculos do tempo de reverberação: Para a obtenção do valor do tempo de reverberação nas três igrejas, foram levantados todos os materiais que as compõem e que o som tem contato, junto com suas áreas e coeficientes de absorção nas frequências 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz e 4000Hz. Para uma melhor visualização do comportamento acústico das igrejas em relação aos seus TRs, foi elaborado, para cada igreja, o gráfico: Tempo de Reverberação x Frequência. O tempo de reverberação foi estimado, ao invés de ser medido por conta da falta de equipamento necessário.

Etapa 3 - Avaliação do isolamento acústico: O isolamento acústico é uma das formas de se tratar acusticamente um ambiente ou edificação. Como bem sintetiza Carvalho (2010, p. 88), isolar acusticamente um recinto fechado consiste em bloquear os ruídos externos ao mesmo a patamares compatíveis com a atividade a ser desenvolvida no seu interior. O contrário também se aplica, ou seja, bloquear ruídos internos evitando o incômodo da vizinhança. Para a obtenção do isolamento acústico apropriado do templo, antes é necessário conhecer a quantidade de energia sonora que deve ser reduzida. Para isso, foram feitas medições *in loco* com o aparelho medidor de nível sonoro (Solo da 01dB). As medições ocorreram em três momentos: durante o dia sem a realização do culto; durante a noite sem a realização do culto e durante a noite com a realização do culto. O tempo de medição foi de 1 minuto em cada ponto, e função do intervalo mínimo de aquisição do equipamento. Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), NBR 10.152(1987), o nível de ruído admitido para igrejas e templos (cultos mediativos) é de 40 – 50dB(A). Os pontos de medição estão demonstrados nas Figuras 4, 5 e 6.

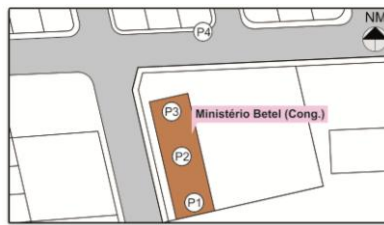


Figura 4: Pontos de Medições, igreja 1 Figura 5: Pontos de Medições, igreja 2 Figura 6: Pontos de Medições, igreja 3

Etapa 4 - Distribuição do som no ambiente: A eletroacústica consiste na transmissão, gravação e reprodução de sinais acústicos por meio de equipamentos eletrônicos. Esse recurso é utilizado em ambientes no qual a fonte sonora de interesse (voz humana) se apresenta limitada. O objetivo de um sistema eletroacústico é fazer com que o ouvinte mais distante do orador receba a voz com intensidade suficiente sem nenhum esforço do quem está falando. A distribuição das caixas acústicas no ambiente é um fator muito importante. Da mesma forma que ela pode contribuir para uma boa difusão sonora. Quando utilizada erroneamente, essa distribuição pode embaralhar o som, afetando a inteligibilidade. A análise da distribuição do som fez-se através do método geométrico. Onde os ângulos de abrangência do som que saem nos alto-falantes variam em média 90° em seu eixo horizontal e 60° em seu eixo vertical.

Etapa 5 - Potência eletroacústica instalada: Segundo Silva (2011), existe uma série de cálculos eletroeletrônicos de alta complexidade para determinar qual a potência, em W (Watt), para equipamentos eletroacústicos que se deve instalar em um ambiente. Porém, o autor apresenta uma forma de se fazer uma estimativa, sem grande margem de erro, utilizando a equação 1:

$$P = \frac{V \cdot p^2}{300t} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

P = potência elétrica necessária a ser instalada na sala, em W (Watt);

V = volume (m³)

p = pressão acústica desejada (μ bar)

t = tempo de reverberação do local (segundos)

As pressões recomendadas em espaços fechados são:

Sala de conferência = 4 μ bar

Sala com música leve (igrejas), restaurantes = 8 μ bar

Sala para concerto e música pesada = 12 μ bar

Estes procedimentos serão detalhados a seguir.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Tempo de Reverberação

A seguir as análises de cada gráfico gerado através das informações obtidas em cada igreja.

4.1.1. Tempo de reverberação na igreja 1

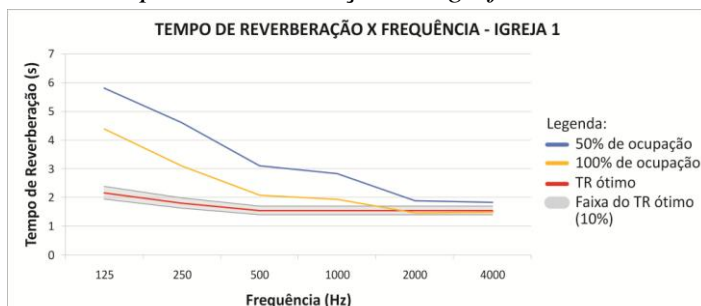


Figura 7: Tempo de Reverberação x Frequência, , igreja 1

Para igreja 1 a Figura 7 mostra que com 50% de ocupação, todas as frequências analisadas apresentam o TR totalmente fora da faixa do TR ótimo, com valores acima dos ideais. Porém, os sons com frequências mais altas (2000 a 4000Hz), ou seja, os sons mais agudos apresentam os valores dos TRs bem próximos dos ideais. Diferentemente dos sons graves, que possuem valores bem mais altos em relação aos ideais, chegando a atingir mais de dois segundos de diferença. Já com 100% de

ocupação, os valores do TR, para o intervalo de frequências entre 125Hz e 1000Hz, se encontram fora da faixa do TR ótimo. Enquanto, entre 2000Hz a 4000Hz (sons agudos), os valores do TR condizem com o TR ótimo indicado para a igreja 1. Isso permite concluir que a igreja se apresenta reflexiva, principalmente para o intervalo de frequência de 125Hz a 1000Hz, sons graves. Para solucionar esse problema, devem ser instalados materiais que absorvam esse tipo de som, visando o alcance do TR ótimo.

4.1.2. Tempo de reverberação na igreja 2

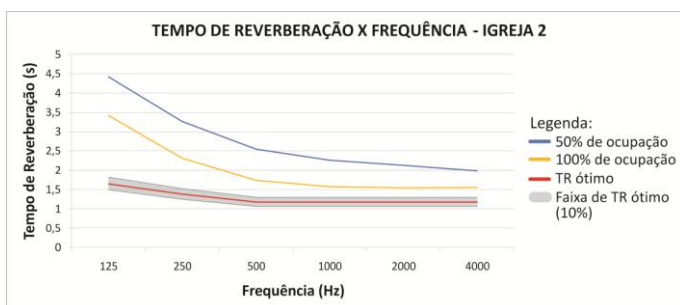


Figura 8: Tempo de Reverberação x Frequência, igreja 2

Para igreja 2, a Figura 8 informa que com 50% de ocupação, os valores de TR se apresenta bem distantes da faixa do TR ótimo, a diferença maior chega a atingir a aproximadamente 3 segundos, para sons graves (125Hz) e a menor 0,80 segundos para sons agudos (4000Hz). Com 100% de ocupação, os valores de TR se aproximam mais da faixa de TR ótimo. Isso ocorre porque as pessoas consistem

superfícies absorvedoras, o que auxilia na diminui o valor do TR em ambientes reflexivos. Os valores de TR que mais se aproximam da faixa do TR ótimo referem-se ao intervalo entre os sons médios e sons agudos (500Hz a 4000Hz). Assim, é possível concluir que a igreja 2 se apresenta reflexiva. Para um melhoramento do desempenho acústico, é necessária a instalação de materiais absorventes que atendam a todas as frequências analisadas. Assim, o templo poderá desfrutar de um som com mais qualidade.

4.1.3. Tempo de reverberação na igreja 3

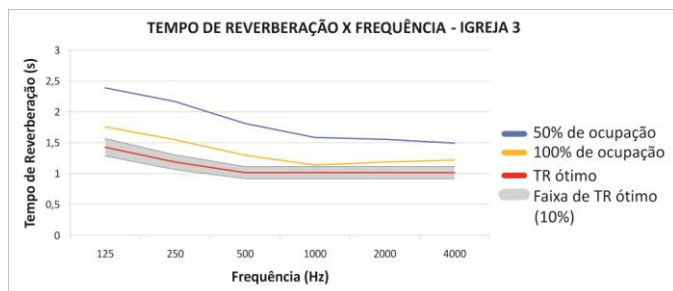


Figura 9: Tempo de Reverberação x Frequência, igreja 3.

O Figura 6, informa que a igreja 9 com 50% de ocupação, os valores de TR se apresentam bem distantes da faixa de TR ótimo. O intervalo entre 125Hz a 500Hz, sons graves e médios, são os mais distantes. Já com 100% de ocupação possui valores de TR bem próximo da faixa do TR ótimo, em todas as frequências, principalmente no intervalo entre 1000 e 4000Hz (sons agudos). Conclui-se que a igreja 3 se apresenta reflexiva. Será necessária aplicação de materiais absorventes no templo, visando obter

os valores encontrados para o TR ótimo. Essa aplicação de materiais contribuirá para que o som emitido tenha mais qualidade.

Com base nas informações obtidas nas análises do tempo de reverberação nas três igrejas, verifica-se que com 50% de ocupação, todas as igrejas apresentam valores fora da faixa do TR ótimo. Com 100% de ocupação, apenas a igreja 1 apresenta alguns valores dentro da faixa do TR ótimo. Estes se referem ao intervalo de frequências entre 2000Hz a 4000Hz. As três igrejas se apresentam reflexivas, ou seja, são carentes de materiais que absorvam sons graves.

4.2. Isolamento Acústico

4.2.1. Isolamento acústico na igreja 1

Observa-se que o nível de pressão sonora dentro da igreja 1 durante o culto é elevada (tabela 1). Para os dias sem culto, existe uma influência dos sons emitidos externamente. Ao entrarem no templo sofrem reflexões que passam a prolongar o som. A NBR 10.151(2000), admite para ambientes externos em área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, 50dB(A) no período diurno e 45dB(A) no período noturno. Logo, observa-se que o nível de ruído na localidade também é elevado, conforme aos valores estipulados pelas normas. Realizando uma comparação da intensidade emitida durante o culto dentro da igreja, de 68,3dB(A), com o Nível de Pressão Sonora do dia sem realização do culto na porta da residência, 61,1dB(A). Obtêm-se uma diferença de 7,2dB, essa é a quantidade necessária a ser bloqueada pela envoltória do templo.

Tabela 1: Medições do Nível de Pressão Sonora, igreja 1

| Medições de Nível de Pressão Sonora (Leq) | | | | | |
|---|-----------|--------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|
| | P1: altar | P2: meio da igreja | P3: Final da igreja | Média dentro da igreja | P4: Próximo à residência Externa |
| Dia sem culto | 64,6dB(A) | 64,3dB(A) | 63,6dB(A) | 64,1dB(A) | 61,1dB(A) |
| Noite sem culto | 68,9dB(A) | 69,8dB(A) | 72,9dB(A) | 70,5dB(A) | 73,7dB(A) |
| Noite com culto | 71,1dB(A) | 65,3dB(A) | 68,6dB(A) | 68,3dB(A) | 59,4dB(A) |

Após os cálculos, verificou-se que os materiais atualmente utilizados na igreja 1 possibilita a redução de ruído de aproximadamente 26dB (tabela 2). Este resultado se apresenta bem superior à análise feita anteriormente, que foi de 7,2dB. Vale salientar que esse cálculo se refere ao templo completamente fechado e para a frequência de 500Hz. Logo, atualmente, como a igreja não dispõe de sistema de ar condicionado, ela funciona com algumas janelas e portas abertas.

Tabela 2: Verificação de Isolamento Acústico, situação atual da igreja 1

| ISOLAMENTO ACÚSTICO MÉDIO (500Hz) - IGREJA 1 | | | | | |
|--|---|----------------|---------|-------------------|----------------|
| Templo em condição original - 100% fechado | | | | | |
| Nº | ESPECIFICAÇÃO | S = AREA (m²) | IA (dB) | τ | S x τ |
| PAREDE A | | | | | |
| 1 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado dos dois lados | 221,07 | 28 | 0,00158 | 0,34929 |
| 2 | Parede de alvenaria 75cm, rebocado dos dois lados | 40,75 | 50 | 0,00001 | 0,00041 |
| 3 | Esquadrias em madeira maciça, sem vedações | 27,40 | 18 | 0,01585 | 0,43429 |
| 4 | Esquadrias em vidro 3mm | 20,29 | 20 | 0,01000 | 0,20290 |
| PAREDE B | | | | | |
| 5 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado dos dois lados | 221,95 | 28 | 0,00158 | 0,35068 |
| 6 | Parede de alvenaria 75cm, rebocado dos dois lados | 41,07 | 50 | 0,00001 | 0,00041 |
| 7 | Esquadrias em madeira maciça, sem vedações | 25,83 | 18 | 0,01585 | 0,40941 |
| 8 | Esquadrias em vidro 3mm | 20,29 | 20 | 0,01000 | 0,20290 |
| PAREDE C | | | | | |
| 9 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado dos dois lados | 165,16 | 28 | 0,00158 | 0,26095 |
| PAREDE D | | | | | |
| 10 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado dos dois lados | 134,62 | 28 | 0,00158 | 0,21270 |
| 11 | Parede de alvenaria 75cm, rebocado dos dois lados | 27,84 | 50 | 0,00001 | 0,00028 |
| 12 | Esquadrias em madeira maciça, sem vedações | 22,05 | 18 | 0,01585 | 0,34949 |
| 13 | Esquadrias em vidro 3mm | 13,73 | 20 | 0,01000 | 0,13730 |
| TETO | | | | | |
| 14 | Forro em tecido | 1023,41 | 28 | 0,00158 | 1,61699 |
| | ΣS | 2005,46 | | ΣS (S x τ) | 4,52800 |
| | Transmissividade Média | | | | 0,00225 |
| | Redução de Ruído (RR) | | | | 26,48 |

Assim, é de grande importância que sejam especificados materiais que contribuam para que a o som emitido dentro do templo seja totalmente inibido. Isso evitará o incômodo da vizinhança e um melhor desempenho acústico da edificação.

4.2.2. Isolamento acústico na igreja 2

Na igreja 2 (tabela 3), durante o culto, esse ruído é bem elevado, chegando a atingir 71,6dB(A). Já para os ambientes externos em área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, a NBR 10.151 admite 50dB(A) no período diurno e 45 dB(A) no período noturno.

Também se observa o nível de ruído bem elevado externamente.

Para os dias e noites sem culto observa-se que o Nível de Pressão Sonora é bem semelhante tanto fora, como dentro do templo. Levando a concluir que o templo não possui um isolamento acústico satisfatório. Pois o som emitido pelo trânsito de carros e pessoas no ambiente externo, entram no templo facilmente. No dia sem culto, o nível de ruído se apresentou maior dentro do templo do que fora, isso ocorre por conta das reflexões que o som sofre dentro do templo, contribuindo para o seu prolongamento.

Para a noite com culto observa-se que o nível de pressão sonora aumenta cerca de 11dB(A), em relação a noite sem o culto. Sendo assim, a quantidade necessária a ser bloqueada. Como existe uma falha no

isolamento, a igreja tenta vencer o som externo que entra através da sonorização com volume intenso. Esse fato contribui para que a caracterização da igreja como uma fonte de ruído. Medidas precisam ser tomadas para que o templo seja isolado acusticamente de forma a poder utilizar os equipamentos de sonorização com menor intensidade.

Tabela 3: Medições do Nível de Pressão Sonora, igreja 2

| Medições de Nível de Pressão Sonora (Leq) | | | | | |
|---|-----------|--------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|
| | P1: altar | P2: meio da igreja | P3: Final da igreja | Média dentro da igreja | P4: Próximo à residência |
| Dia sem culto | 73,6dB(A) | 73,3dB(A) | 71,0dB(A) | 72,6dB(A) | 69,2dB(A) |
| Noite sem culto | 61,5dB(A) | 59,1dB(A) | 57,9dB(A) | 59,5dB(A) | 59,2dB(A) |
| Noite com culto | 73,4dB(A) | 71,0dB(A) | 70,3dB(A) | 71,6dB(A) | 70dB(A) |

Tabela 4: Verificação de Isolamento Acústico, situação atual da igreja 2

| ISOLAMENTO ACÚSTICO MÉDIO (500Hz) - IGREJA 2 | | | | | |
|--|---|---------------|---------|-------------------|----------------|
| Templo em condição original - 100% fechado | | | | | |
| Nº | ESPECIFICAÇÃO | S = ÁREA (m²) | IA (dB) | τ | S x τ |
| PAREDE A | | | | | |
| 1 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado dos dois lados | 127,28 | 28 | 0,00158 | 0,20110 |
| 2 | Esquadria em madeira maciça | 2,23 | 18 | 0,01584 | 0,03532 |
| 3 | Esquadria em vidro 3mm | 4,50 | 20 | 0,01000 | 0,04500 |
| PAREDE B | | | | | |
| 4 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado dos dois lados | 127,82 | 28 | 0,00158 | 0,20196 |
| 5 | Esquadria em madeira maciça | 2,23 | 18 | 0,01584 | 0,03532 |
| 6 | Esquadria em vidro 3mm | 4,50 | 20 | 0,01000 | 0,04500 |
| PAREDE C | | | | | |
| 7 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado um dos lados | 44,89 | 20 | 0,01000 | 0,44890 |
| PAREDE D | | | | | |
| 8 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado dos dois lados | 35,12 | 28 | 0,00158 | 0,05549 |
| 9 | Esquadria em madeira maciça | 4,31 | 18 | 0,01584 | 0,06827 |
| 10 | Esquadria em vidro 3mm | 7,50 | 20 | 0,01000 | 0,07500 |
| TETO | | | | | |
| 11 | Forro em PVC | 270,22 | 28 | 0,00158 | 0,42695 |
| | | ΣS | | ΣS (S x τ) | 1,63831 |
| | | | | | 0,00259 |
| | | | | | 25,86 |

Os materiais empregados na igreja 2 permite a redução de aproximadamente 25dB (tabela 4). Este resultado se apresenta superior a análise anteriormente compreendida, onde se apresentou a redução de 11dB(A). Porém, esse cálculo se refere ao templo completamente fechado e para a frequência de 500Hz. Assim, serão indispensáveis alguns ajustes nos materiais visando a inibição da energia emitida.

4.2.3. Isolamento acústico na igreja 3

A igreja 3 (tabela 5), durante o culto, o nível de ruído é bem elevado, chegando a atingir 74,6dB(A). Já para os ambientes externos em área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, a NBR 10.151(2000) admite 50dB(A) no período diurno e 45dB(A) no período noturno. Também se observa o nível de ruído elevado externamente. Os resultados demonstram que o templo não inibe completamente o ruído emitido dentro do templo. O objetivo é o bloqueio total do som emitido durante o culto, para que este não interfira na intensidade do ruído externo. Realizando uma comparação entre a intensidade emitida durante o culto, 74,6dB(A), com a intensidade emitida externamente sem a realização do culto, 61,3dB(A). A diferença é de 13,3dB(A), quantidade necessária a ser bloqueada.

Tabela 5: Medições do Nível de Pressão Sonora, igreja 3

| Medições de Nível de Pressão Sonora (Leq) | | | | | |
|---|-----------|--------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|
| | P1: altar | P2: meio da igreja | P3: Final da igreja | Média dentro da igreja | P4: Próximo à residência |
| Dia sem culto | 55,9dB(A) | 55,9dB(A) | 57,1dB(A) | 56,3dB(A) | 56dB(A) |
| Noite sem culto | 58,4dB(A) | 57,2dB(A) | 57,7dB(A) | 57,8dB(A) | 61,3dB(A) |
| Noite com culto | 77,6dB(A) | 73,8dB(A) | 72,3dB(A) | 74,6dB(A) | 70,4dB(A) |

Tabela 6: Verificação de Isolamento Acústico, situação atual da igreja 3

| ISOLAMENTO ACÚSTICO MÉDIO (500Hz) - IGREJA 3 | | | | | |
|--|---|---------------|---------|-------------------|----------------|
| Templo em condição original - 100% fechado | | | | | |
| Nº | ESPECIFICAÇÃO | S = ÁREA (m²) | IA (dB) | τ | S x τ |
| PAREDE A | | | | | |
| 1 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado um dos lados | 65,25 | 28 | 0,00158 | 0,10310 |
| 2 | Porta em madeira maciça | 1,77 | 18 | 0,01584 | 0,02804 |
| PAREDE B | | | | | |
| 3 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado dos dois lados | 48,28 | 28 | 0,00158 | 0,07628 |
| 4 | Porta em madeira maciça | 1,77 | 18 | 0,01584 | 0,02804 |
| 5 | Esquadrias de vidro 3mm | 13,16 | 20 | 0,01000 | 0,13160 |
| PAREDE C | | | | | |
| 7 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado dos dois lados | 35,45 | 28 | 0,00158 | 0,05601 |
| PAREDE D | | | | | |
| 8 | Parede de alvenaria 13cm, rebocado dos dois lados | 17,91 | 28 | 0,00158 | 0,02830 |
| 9 | Esquadrias de vidro 3mm | 12,35 | 20 | 0,01000 | 0,12350 |
| TETO | | | | | |
| 10 | Forro em PVC | 178,93 | 28 | 0,00158 | 0,28271 |
| | | ΣS | | ΣS (S x τ) | 0,85757 |
| | | | | | 0,00228 |
| | | | | | 26,42 |

Conclui-se que os materiais utilizados na igreja 3 (tabela 6) proporciona uma redução de ruído de aproximadamente 26dB para a frequência de 500Hz. Sendo que esse valor corresponde ao templo completamente fechado, o que não acontece durante a realização dos cultos. Sendo assim, serão

indispensáveis ajustes de materiais com o objetivo de inibir a energia emitida para fora do templo.

Para as três igrejas observa-se que o nível de pressão dos ruídos nas localidades se apresenta bem elevado em relação aos valores estipulados pela norma. Isso contribui para um nível de ruído também elevado durante os cultos, pois se tenta inibir o som que entra na igreja. Os cálculos de isolamento dos templos resultaram valores de aproximadamente 26dB. Porém esse valor se refere ao templo completamente fechado e para frequência de 500Hz. Como as três igrejas funcionam com janelas e portas abertas, duas opções poderão solucionar o problema do isolamento acústico. Uma é a utilização de sistema de ar condicionado, possibilitando a aplicação dos cálculos. E a outra é a utilização de materiais isolantes na quantidade necessária para compensar as janelas e portas abertas.

4.3. Distribuição do som

4.3.1. Distribuição do som na igreja 1

Para análise do comportamento do som que saem das caixas acústicas, em planta baixa, foi elaborada a Figura 10, onde está representada a situação atual e a situação ideal. O som é representado de forma que onde a cor se apresenta mais escura, o som está mais intenso, e mais clara, quando o som se apresenta menos intenso. No altar há uma grande concentração de caixas acústicas (monitores), além da bateria que é um instrumento que emite som mesmo sem estar monitorado por microfones. Tudo isso contribui para alta intensidade sonora neste local, podendo ser prejudicial para os próprios músicos, aos que falam no microfone e também, para inteligibilidade do templo como um todo. Para a nave são utilizadas caixas acústicas do tipo P.A. (som dirigido ao público) no chão, e as caixas acústicas auxiliares nas paredes e teto. Por ser pequena a quantidade de caixas acústicas auxiliares, a distribuição sonora não se faz de forma uniforme no templo.

O ideal para igreja 1 é a retirada de quatro caixas acústicas do altar, que foram substituídas por fone ou “pontos” de ouvido. E a adição de mais duas caixas auxiliares na nave. Visando uma melhor abrangência do som em todo o templo.

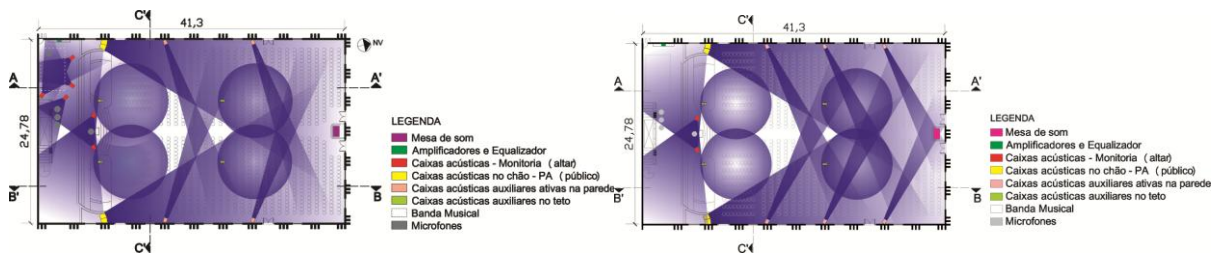


Figura 10: Situação atual e ideal do comportamento dos sons emitidos pelas caixas acústicas em planta baixa, igreja 1

No comportamento do som nos cortes observa-se que houve uma intenção de intercalar as caixas acústicas visando uma abrangência total do templo (Figuras 11 e 12). Porém, a quantidade de caixas acústicas não atende de forma satisfatória o templo. A situação ideal mostra que seria necessária a adição de mais duas caixas auxiliares nas paredes. As caixas no teto permaneceriam, mas, como existe uma diferença notável entre as alturas das caixas é importante que sejam programadas para produzir o atraso necessário. Isso fará com que o som das caixas do teto e das paredes chegue aos ouvidos das pessoas ao mesmo tempo.

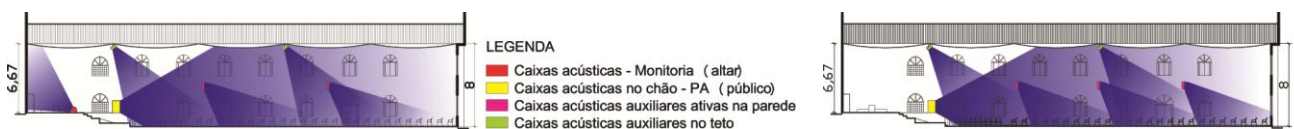


Figura 11: Situação atual e ideal dos Sons emitidos pelas caixas acústica no corte AA', igreja 1.

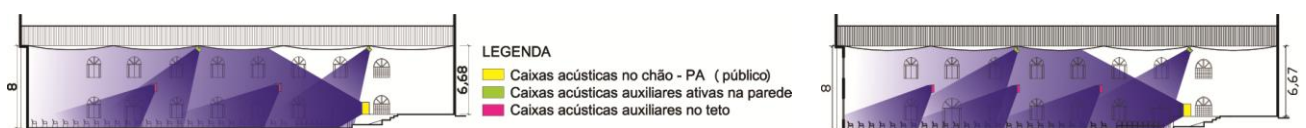


Figura 12: Situação atual e ideal dos Sons emitidos pelas caixas acústica no corte BB', igreja 1.

Na Figura 13, observa-se com mais veemência a grande quantidade de emissão sonora no altar atualmente. A retirada das quatro caixas acústicas do altar permitiu a diminuição da intensidade sonora, favorecendo assim sua inteligibilidade.

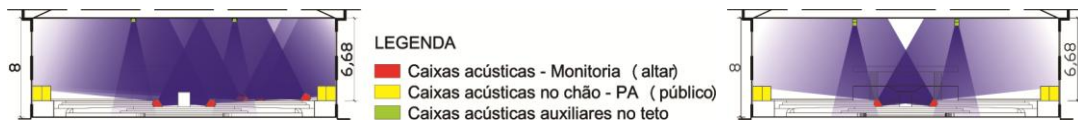


Figura 13: Situação atual e ideal dos Sons emitidos pelas caixas acústica no corte CC', igreja 1

4.3.2. Distribuição do som na igreja 2

Na igreja 2, a Figura 14 mostra que no altar, existe uma caixa a mais do necessário. Na nave, além do número reduzido de caixas, elas estão localizadas e direcionadas de forma incorreta. Ao posicionar as caixas deve-se examinar a direcionalidade da fonte (quem fala ao microfone), não sendo recomendado locar as caixas de frente para a fonte sonora. Atualmente, percebe-se as ultimas cadeiras estão carentes quanto a recepção do som. A forma ideal da distribuição do som na igreja 2 seria a retirada de uma caixa do altar, em substituição de fones ou “pontos” de ouvidos. E por fim, a adição de mais duas caixas na nave direcionando toda as caixas para o público, fazendo-o receber o som de frente ou pela diagonal.

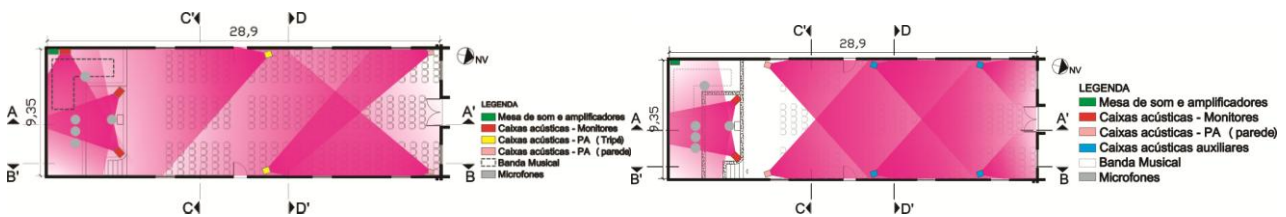


Figura 14: Situação atual e ideal do comportamento dos sons emitidos pelas caixas acústicas em planta baixa, igreja 2

Agora, o comportamento do som emitido pelas caixas acústicas dentro da igreja 2 está representado nos cortes. Nas Figuras 15 e 16, foi possível detectar mais um erro na distribuição do som, não existe inclinação das caixas, o que favoreceria o direcionamento do som para a plateia. Isso é ajustado nas situações ideais.

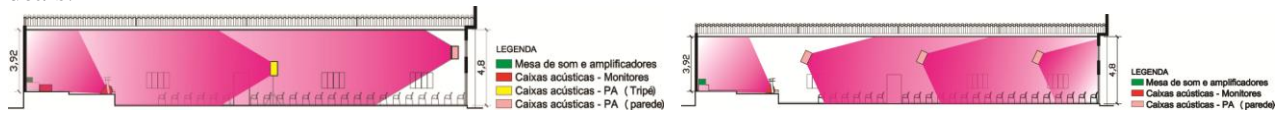


Figura 15: Situação atual e ideal do comportamento dos sons emitidos pelas caixas acústica no corte AA', igreja 2

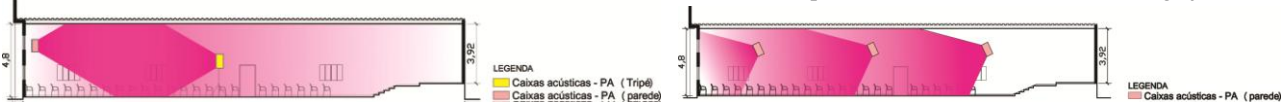


Figura 16: Situação atual e ideal do comportamento dos sons emitidos pelas caixas acústica no corte BB', igreja 2

Na Figura 17, observa-se que a retirada de uma caixa acústica já amenizou bastante a intensidade sonora no altar. Permaneceram apenas as duas caixas que são realmente necessárias para o orador.

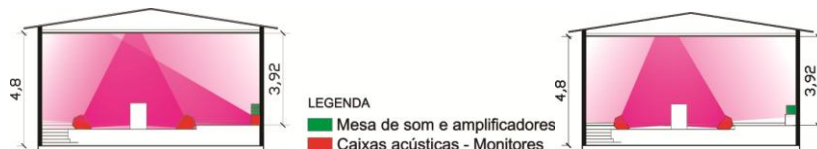


Figura 17: Situação atual e ideal do comportamento dos sons emitidos pelas caixas acústica no corte CC', igreja 2

4.3.3. Distribuição do som na igreja 3

A Figura 18 mostra que no altar, atualmente, são usados três caixas acústicas para monitoria e uma bateria acústica. E vale destacar como é pequeno este espaço para tanta emissão sonora.No altar, apenas duas caixas acústicas (PA) são utilizadas, isso faz com que as pessoas que sentam nas cadeiras próximas ao altar percebem o som com muita intensidade em relação aos que sentam nas últimas. O ideal seria a substituição do de umas das caixas do altar por fones ou “pontos” de ouvidos e a adição de mais duas caixas auxiliares nas paredes. Essas recomendações favorecem a diminuição da intensidade sonora e ao mesmo tempo a abrangência total no templo, isso pode ser verificado também na Figura 18.

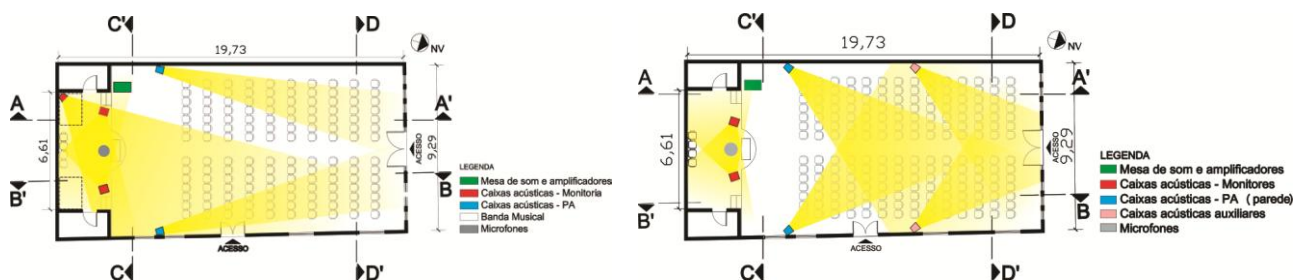


Figura 18: Situação atual e ideal do comportamento dos sons emitidos pelas caixas acústicas em planta baixa, igreja 3

Nos cortes, Figuras 19 e 20, percebe-se que atualmente houve a preocupação em direcionar as caixas para a plateia. O ponto negativo está na quantidade das caixas acústicas. Isso é solucionado na situação ideal, onde mostra a uniformidade na emissão sonora. Na Figura 21, com a retirada de uma caixa acústica possibilitou a diminuição da intensidade sonora no altar. Isso reflete no melhoramento da inteligibilidade do templo como um todo.



Figura 19: Situação atual e ideal dos Sons emitidos pelas caixas acústica no corte AA', igreja 3

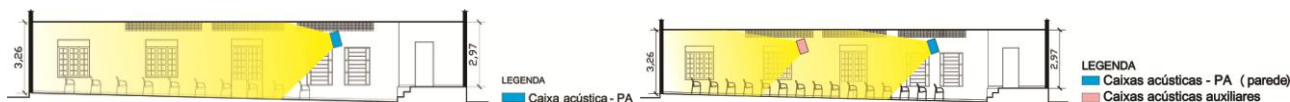


Figura 20: Situação atual e ideal dos Sons emitidos pelas caixas acústica no corte BB', igreja 3

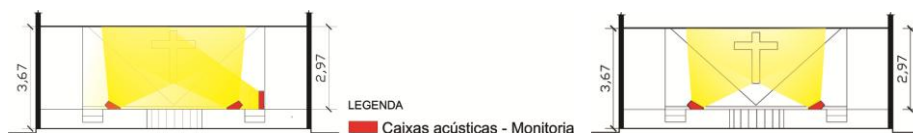


Figura 21: Situação atual e ideal dos Sons emitidos pelas caixas acústica no corte CC', igreja 3

A distribuição do som nas três igrejas apresentou algumas características em comum. A primeira delas é a utilização de caixas acústicas a mais do que o realmente necessário. Para as três igrejas foram propostos apenas duas caixas acústicas para monitoria do orador, que é realmente necessário. E as outras foram substituídas por fones ou “pontos” de ouvidos para os músicos e cantores. Na nave observou-se a carência na quantidade de acústicas auxiliares que ajudam a promover uma melhor abrangência do som em todo templo. Algumas caixas foram adicionadas e reposicionadas visando sempre a recepção do som pela platéia de forma frontal ou diagonal.

4.4. Potencia eletroacústica instalada

4.4.1. Potência eletroacústica instalada na igreja 1

Para igreja 1, verifica na Tabela 7 que quanto maior o TR, menor será a potência a ser instalada, ou seja, são grandezas inversamente proporcionais. O objetivo, primeiramente deve ser no tratamento acústico, ou seja, o alcance do TR ótimo. Isso compreenderá a uma quantidade maior de potência do que se fossem considerados os valores dos TRs atuais. Contudo, a emissão do som terá melhor qualidade se as superfícies forem devidamente tratadas acusticamente. A igreja 1 atualmente está utilizando uma potência de 3.700W que se refere a aproximadamente quatro vezes a mais da quantidade ideal com o TR ideal. Conclui-se que fazendo um tratamento acústico adequado será alcançado o objetivo de transmitir a mensagem de forma que todos dentro do templo entendam. Além de contribuir para um menor custo com equipamentos eletroacústicos.

Tabela 7: Potência eletroacústica em relação ao TR, igreja 1

| | Ótimo | 50% de ocupação | 100% de ocupação |
|---------------------------------|----------|-----------------|------------------|
| TR (s) | 1,55 | 3,11 | 2,1 |
| Potência (W) | 1.078,96 | 537,75 | 796,38 |
| Potência atual = 3.700 W | | | |

4.4.2. Potência eletroacústica instalada na igreja 2

A igreja 2 atualmente está utilizando uma potência de 450W (tabela 8) que se refere a aproximadamente ao dobro da quantidade ideal com o TR ideal. Isso permite concluir que o tratamento acústico além de proporcionar a transmissão da mensagem de forma clara, contribuiria para um menor custo com equipamentos eletroacústicos.

Tabela 8: Potência eletroacústica em relação ao TR, igreja 2

| | Ótimo | 50% de ocupação | 100% de ocupação |
|-------------------------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| TR (s) | 1,18 | 2,54 | 1,73 |
| Potência (W) | 257,02 | 119,40 | 175,31 |
| Potência atual = 450 W | | | |

4.4.3. Potência eletroacústica instalada na igreja 3

A igreja 3 atualmente está utilizando uma potência de 1450W (tabela 9), ou seja, este valor está muitíssimo alto em relação à potência realmente necessária para a igreja 3. Neste caso, não existe quantidade exagerada de caixas acústicas, e sim, alto falantes muito potentes para a necessidade da igreja. É necessário que seja feito um tratamento acústico buscando atingir valores ótimos relacionados ao tempo de reverberação e isolamento acústico. Isso contribuirá para um menor custo com equipamentos acústicos.

Tabela 9: Potência eletroacústica em relação ao TR, igreja 3

| | ótimo | 50% de ocupação | 100% de ocupação |
|-------------------------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| TR (s) | 1,02 | 1,82 | 1,30 |
| Potência (W) | 127,06 | 71,20 | 99,70 |
| Potência atual = 1450W | | | |

O cálculo da potência eletroacústica só foi possível com a aplicação da equação 1 que faz relação inversa com o tempo de reverberação. Os valores das potências encontradas para três igrejas são bem acima dos ideais. Os valores ideais se referem às igrejas tratadas acusticamente. A igreja 3 chama atenção pelo valor da potência eletroacústica atual muitíssimo alto em relação ao ideal. Para as três igrejas é necessário que seja feito um tratamento acústico visando chegar aos valores ótimos do tempo de reverberação e isolamento acústico. Assim, se gastará menos com equipamentos eletroacústicos, ou seja, estes servirão como suporte para a acústica do templo.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho mostra uma avaliação da qualidade acústica de igrejas, relacionando o tratamento acústico e a eletroacústica. Os templos, geralmente, necessitam ser complementados com um sistema eletroacústico apropriado.

A partir das análises verificou-se que as três igrejas necessitam de tratamento acústico buscando valores ótimos de tempo de reverberação e de isolamento acústico. Após solucionar esses requisitos, será o momento ideal para a aplicação dos estudos de distribuição do som e dos cálculos da eletroacústica a ser instalada. É possível concluir que deve haver um equilíbrio entre o tratamento acústico e a eletroacústica para que assim o templo desempenhe seu papel de forma satisfatória aos seus usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
- _____. **NBR 10152**: Acústica – Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1986.
- _____. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.
- CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica** Arquitetônica. 2ed. Brasília: Thesaurus, 2010.
- FUJIMOTO, A. K. **Estudo da qualidade acústica de salas residenciais para uso de sistema de áudio e vídeo**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – UFSC, 2004.
- NICOLAS, P. A., **O Segredo das Catedrais**, 1.2d. TRION, 2001.
- SILVA, Pérides. **Acústica Arquitetônica e condicionamento de Ar**. 6ª ed. Belo Horizonte: EDTAL – Empresa Termo Acústica LTDA, 2011.