



## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SONORA EM TEMPLOS RELIGIOSOS: ESTUDOS DE CASO

### SOUND QUALITY ASSESSMENT IN RELIGIOUS TEMPLES: CASE STUDIES

DOI: <https://doi.org/10.24979/ambiente.v15i3.1138>

*Emanoel Silva de Amorim - Universidade de Pernambuco/UPE (<https://orcid.org/0000-0001-6431-447X>)*  
*Girlândia de Moraes Sampaio - Universidade de Pernambuco/UPE (<https://orcid.org/0000-0001-7804-0959>)*  
*Paula dos Santos Cunha Boumann - Universidade de Pernambuco/UPE (<http://lattes.cnpq.br/4087755718491752>)*  
*Diogo Cavalcanti Oliveira - Universidade de Pernambuco/UPE (<http://lattes.cnpq.br/2336889583564507>)*  
*José Allef Ferreira Dantas - Universidade de Pernambuco/UPE (<https://orcid.org/0000-0002-4689-2353>)*  
*Alberto Casado Lordsleem Júnior - Universidade de Pernambuco/UPE (<http://lattes.cnpq.br/1214050781850750>)*

**Resumo:** O presente artigo tem o objetivo de estudar a qualidade acústica em espaços sonoros internos e externos de templos religiosos na cidade do Recife/PE, apresentando uma avaliação que utilizou como metodologia a realização de pesquisa bibliográfica para levantar os principais indicadores da qualidade nestes recintos, sendo eles: “aspectos arquitetônicos e acústicos”, “aspectos das instalações prediais”, “tempo de reverberação” e “inteligibilidade”. Posteriormente, realizou-se uma análise comparativa entre os indicadores e os dados coletados nos templos estudados, os quais foram escolhidos como amostras e apresentados sem identificação nominal, preservando a privacidade dos envolvidos. Para compilação e análise dos dados foram desenvolvidas duas planilhas, sendo elas: Inspeção visual e Cálculo do tempo ótimo de reverberação. Os resultados obtidos permitiram verificar que os templos estudados apresentaram desconformidade em pelo menos um parâmetro dos indicadores dos aspectos “arquitetônicos e acústicos” e “das instalações prediais”. Em relação ao tempo de reverberação, nenhuma das edificações atingiram os parâmetros recomendados pela NBR 12179/1992, que determina os níveis de ruído para conforto acústico. Contudo, na avaliação do “volume per capita” apenas o templo 1 não atingiu o volume mínimo recomendado por Carvalho (2010). Com isso, o presente trabalho conclui que a concepção do projeto arquitetônico juntamente com o projeto complementar de acústica consegue garantir a qualidade sonora em templos religiosos, melhorando as condições em que os frequentadores e vizinhança são submetidos.

**Palavras-chave:** Templos religiosos; Acústica arquitetônica; Indicadores da qualidade sonora; Conforto acústico; Poluição sonora.

**Abstract:** This article aims to study the acoustic quality in internal and external sound spaces of religious temples in the city of Recife/PE, presenting an evaluation that used as a methodology the accomplishment of bibliographic research to raise the main indicators of quality in these enclosures, being them: “architectural and acoustic aspects”, “aspects of building installations”, “reverberation time” and “intelligibility”. Subsequently, a comparative analysis was carried out between the indicators and the data collected in the temples studied, which were chosen as samples and presented without nominal identification, preserving the privacy of those involved. To compile and analyze the data, two spreadsheets were developed, namely: Visual Inspection and Calculation of the optimal reverberation time. The results obtained made it possible to verify that the temples studied presented nonconformity in at least one parameter of the indicators of the “architectonic and acoustic” and “building installations” aspects. Regarding the reverberation time, none of the buildings reached the parameters recommended by NBR 12179/1992, which determines noise levels for acoustic comfort. However, in the evaluation of the “volume per capita”, only temple 1 did not reach the minimum volume recommended by Carvalho (2010). With this, the present work concludes that the design of the architectural project together with the complementary project of acoustics manages to guarantee the sound quality in religious temples, improving the conditions in which the regulars and neighborhood are subjected.

**Keywords:** Religious temples; Architectural acoustics; Sound quality indicators; Acoustic comfort; Noise pollution.

## INTRODUÇÃO

Em virtude do desenvolvimento socioeconômico, o processo de urbanização nos centros urbanos vem ocorrendo de maneira constante e acelerada, principalmente nas cidades que possuem uma acentuada verticalização (DROUBI, 2022; AMORIM; SAMPAIO; SILVA, 2022). Quando desordenado e não planejado, o processo de urbanização surge atrelado a diversos problemas que afetam o meio ambiente e a qualidade de vida da população (FARIAS; FONTES; MORINI, 2019; AMORIM *et al.*, 2022).

Sendo a poluição sonora um dos principais problemas encontrados na sociedade, resultantes da união de diversas fontes sonoras, como: construção civil, transportes, indústrias, centros religiosos e escolas (SOARES, 2022). Os efeitos causados pela poluição sonora são resultados da concentração de fontes de ruídos em um determinado ambiente, e representa um sério problema de saúde pública, que deve ser analisado e solucionado (STRINO; BEZERRA, 2022).

O Programa de Silêncio Urbano da Prefeitura de São Paulo – PSIU, responsável por combater a poluição sonora urbana na cidade de São Paulo, recebe cerca de 30.000 denúncias por ano, onde os estabelecimentos apontados como geradores de ruídos estão: bares, boates, restaurantes, salões de festas, templos religiosos, indústrias e até mesmo construções (PSIU, 2022).

No ano de 2013, a Gerência de Fiscalização Ambiental do Recife (GFA), departamento ligado à Secretaria de Meio Ambiente da Cidade do Recife, realizou um mapeamento dos principais estabelecimentos geradores de ruídos, através da quantificação das denúncias registradas, onde destacaram-se as categorias: atividade religiosas, construção civil, casa de show, recepção e clube (ARAÚJO, 2013).

No Brasil, os templos religiosos muitas vezes estão situados em áreas residenciais, sendo instalados em edificações com isolamento precário e sem tratamento acústico adequado, causando desconforto às comunidades vizinhas e ameaçando a saúde de seus frequentadores (LANGE *et al.*, 2020). Em geral, os templos religiosos apresentam um tempo de

reverberação muito acima do recomendado, o que afeta diretamente os níveis de inteligibilidade para fala e música (LIMA, 2019). Percebe-se sistematicamente que para tentar compensar a baixa inteligibilidade, aumenta-se a intensidade do som, piorando ainda mais a situação.

Dessa forma, melhorando o desempenho acústico e inteligibilidade na nave é possível proporcionar melhor conforto acústico aos frequentadores (MOSCATI, 2013). Pois, quando os frequentadores conseguem entender com clareza o que está sendo falado ou cantado torna-se menor a necessidade de elevar a intensidade dos equipamentos sonoros (RANGEL, 2009).

Portanto, o presente artigo tem objetivo de estudar o desempenho acústico nos espaços sonoros internos e externos em templos religiosos na cidade do Recife/PE, avaliando as condições em que os frequentadores e a vizinhança estão sendo submetidos.

## MÉTODO DA PESQUISA

### Perspectiva da pesquisa

A pesquisa é de natureza aplicada, com finalidade e aplicações imediatas, tendo uma abordagem quanti-qualitativa, por se tratar de um trabalho que visa estudar o desempenho acústico em templos religiosos. Como procedimento foi realizado inicialmente uma pesquisa bibliográfica em livros, artigos e normas técnicas da área para levantamento dos principais indicadores da qualidade sonora em templos religiosos. Através da compilação desses indicadores foram realizadas avaliações comparativas utilizando os dados obtidos em três caso de templos religiosos localizados na cidade do Recife/PE. Os templos religiosos foram escolhidos como amostras e apresentados sem identificação nominal, preservando a privacidade dos envolvidos, adotando a nomenclatura “templo”, sendo do templo 1 até o templo 3.

### Indicadores da qualidade sonora em templos religiosos

Os indicadores sonoros foram determinados através de pesquisa bibliográfica realizada em livros, artigos e normas técnicas. Não foram considerados os indicadores que para sua aferição necessitavam da

utilização de sonômetro.

### Aspectos arquitetônicos e acústicos

Para se obter sucesso acústico em um espaço, é necessário que haja trabalho em conjunto entre os que desenvolvem o projeto arquitetônico e o projeto acústico. O formato, as dimensões, a volumetria e os revestimentos são determinantes para garantir o conforto na percepção do som pelos frequentadores. A acústica deve ser valorizada e idealizada desde os primeiros traços de um projeto, planejada tanto quanto o mobiliário e a iluminação para conquista do pleno conforto e uso do espaço (SILVA, 2013).

Sendo assim, algumas condicionantes devem ser levadas em consideração na fase de elaboração do projeto com intuito de reduzir possíveis impactos a vizinhança, tais como: a escolha local de implantação, que deve priorizar áreas mistas ou comerciais; a previsão de afastamentos entre a edificação e os lotes adjacentes; e previsão de paramentos nas aberturas possibilitando o isolamento acústico (DE MARCO, 1982).

Lima (2011) resume os problemas enfrentados pelos templos religiosos com relação à acústica com citação de Liesch (2003):

Uma boa acústica resulta de um planejamento arquitetônico elaborado. Carpetes grossos, assentos acolchoados, cortinas, teto baixo, assentos posicionados sob galerias e azulejos (sem o devido planejamento), abafam a ressonância e a amplificação natural da voz humana e podem desencorajar a resposta congregacional. Os músicos acabam não podendo ouvir um ao outro. Os sons não brilham, não se misturam, e não se fundem. Sentindo-se sós e perdendo o apoio do som ao redor delas, as pessoas cantam, mas constrangidas (Liesch, 2003 p.107 apud Lima, 2011, p. 40).

### Tempo de reverberação

A reverberação consiste no prolongamento necessário de um som produzido, a título de sua inteligibilidade em locais mais afastados da fonte produtora. Esse prolongamento deverá ser maior quanto maior for a distância entre a fonte e a recepção, ou ainda, quanto maior for o volume interno do recinto (CARVALHO, 2010).

De Marco (1982) ao falar sobre o assunto, ainda ressalta que:

Se a reverberação persiste muito tempo depois a extinção do som direto, isso virá a perturbar a clara percepção do som, a inteligibilidade de um discurso. Se, pelo contrário, o som desaparecer imediatamente, além de dificultar a audição em pontos afastados da fonte (a *Ir* será muito pequena), prejudicará a percepção de alguns tipos especiais de fonte sonora (por exemplo, grandes orquestras, que precisam de um certo tempo de reverberação para fundir o som). Existe uma unidade comparativa para medir esse tempo de reverberação, que é definida com o tempo que demora um som para diminuir sua intensidade à sua milionésima parte – ou descer em 60 dB o seu nível – a partir do momento em que cessa a fonte sonora. (De Marco, 1982, p. 39).

As características de absorção dos materiais variam de acordo com a frequência das ondas sonoras e consecutivamente a quantidade de som reverberante e do tempo de reverberação também dependerão dela. Para se obter um estudo bastante aproximado, usam-se as frequências de 125, 250, 500, 1000, 2000 e 4000 c/s (DE MARCO, 1982).

Segundo Barreto (1994), o tempo de reverberação ideal ou o tempo ótimo de reverberação varia em função do volume da sala e do tipo de atividade a que ela se destina. Deduzimos que o TR (tempo de reverberação) é uma relação entre o volume do ambiente e as características das superfícies empregadas nesse ambiente (refletoras ou absorventes).

A NBR 12179 - Tratamento acústico em recintos fechados apresenta a relação entre os tempos ótimos de reverberação e os volumes de diversos ambientes para frequências de 500Hz (ABNT, 1992).

Dessa forma, utilizando a fórmula de Sabine para calcular o tempo de reverberação é possível avaliar as condições de audibilidade destes locais (ABNT, 1992), sendo ela:

$$TR = 0,161 \frac{V}{\sum_i \alpha_i S_i}$$

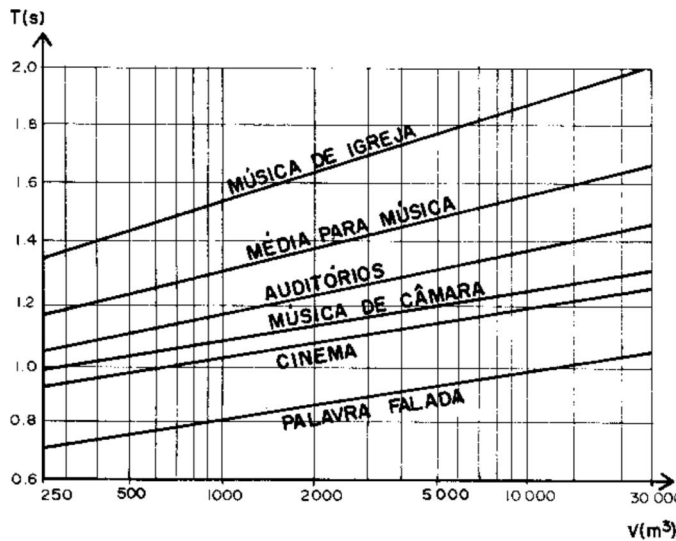
Onde: V = volume do ambiente

$\alpha_i$  = coeficiente de absorção de cada material de cada material.

Segundo Carvalho (2010), foram determinados experimentalmente em função do volume do local e do seu uso os valores dos TR

ótimos, conforme Figura 01.

Figura 1: Tempos ótimos de reverberação.



Fonte: Carvalho, 2010

### Aspectos das instalações prediais

O condicionamento de ar representa um aspecto importante ligado a qualidade sonora em templos religiosos. Os sistemas de climatização têm por finalidade remover o calor de um ambiente e descarregá-lo em outro. Sua aplicação depende apenas da possibilidade ou não de implementá-las na prática, em virtude de fatores como: espaço, distâncias entre pontos do sistema, capacidade de fornecimento de energia elétrica, entre outros (VALLE, 2006).

Portanto, deve-se lembrar que os sistemas de climatização possuem um nível de ruído que deve ser considerado no projeto de acústica. Alguns elementos como localização dos equipamentos, tipo de sistema de climatização e vibração na estrutura, quando não pontuados na fase de projeto, podem se tornar difíceis de controlar na fase de utilização/ocupação do ambiente. Outro aspecto relevante é a sonorização eletrônica, definida por Barreto (1994) como o sistema predial com finalidade de prover a boa audição para locais onde a não amplificação sonora traga como resultado o desconforto na audição.

Os elementos utilizados na sonorização eletrônica de ambientes são: controles eletrônicos, autofalantes e microfones. Sendo os altos-falantes responsáveis por converter a energia elétrica em sonora, funcionando como emissores, os quais devem estar posicionados de forma que o som mantenha uma distribuição natural e confortável para todos os ouvintes (BARRETO, 1994).

Com relação ao posicionamento os autofalantes, pode-se classificar os sistemas de sonorização como central, distribuída, particular e em colunas. O último caso é mais indicado para templos religiosos e locais com alta reverberação, pois consiste em uma série de autofalantes justapostos verticalmente que concentra o som em uma faixa vertical estreita, causando pouca difração. No plano horizontal a difração permite maior dispersão nas frequências médias e graves. O som é dirigido diretamente aos ouvintes e apontado para o fundo do recinto e não para os lados (BARRETO, 1994).

### Inteligibilidade

A inteligibilidade é a principal característica acústica de um ambiente, pois reflete o grau de entendimento das palavras em seu interior. Para locais onde a comunicação é primordial (auditórios, cinemas, teatros, igrejas, salas de aulas e conferências, etc.), a boa inteligibilidade acústica é um fator decisivo. Quando se refere à comunicação em um ambiente, a inteligibilidade é definida como “inteligibilidade acústica da linguagem” (CARVALHO, 2010).

A geometria interna de um recinto responde, conjuntamente à adequação do tempo de reverberação do ambiente, pela busca da melhor audibilidade possível em seu interior: o condicionamento acústico adequado. Os volumes impróprios às destinações dos ambientes dificultam a correção dos tempos de reverberação, requerendo o uso substancial de materiais absorventes e/ou refletores, elevando dessa forma o custo final do investimento (CARVALHO, 2010). Baseado na Tabela 01, deve-se buscar uma relação coerente do volume per capita em função da destinação do recinto.

Tabela 1: Volumes per capita por ambiente.

AMBIENTE	V	V	V máx.
Igrejas	5,1 m <sup>3</sup>	8,5	12,0 m <sup>3</sup>
Outras Igrejas	5,1 m <sup>3</sup>	7,2	9,1 m <sup>3</sup>
Salas de	6,2 m <sup>3</sup>	7,8	10,8 m <sup>3</sup>
Casas de	4,5 m <sup>3</sup>	5,7	7,4 m <sup>3</sup>
Cinemas	2,8 m <sup>3</sup>	3,5	5,6 m <sup>3</sup>
Salas de	2,3 m <sup>3</sup>	3,1	4,3 m <sup>3</sup>
Salas de uso	2,8 m <sup>3</sup>	3,5	5,6 m <sup>3</sup>

Fonte: CARVALHO, 2010.

## Compilação e análise dos dados

Como ferramenta de avaliação dos indicadores da qualidade sonora foram desenvolvidas duas planilhas: inspeção visual e cálculo do tempo ótimo de reverberação, as quais apresentaram um roteiro/checklist para o registro das informações levantadas durante as visitas técnicas realizadas nos templos estudados. As planilhas também auxiliaram na compilação dos dados obtidos, facilitando a realização das análises comparativas com indicadores e seus parâmetros, determinados na fase de pesquisa bibliográfica.

O quadro de inspeção visual objetivou apresentar situações ligadas aos indicadores: “aspectos arquitetônicos e acústicos” e “aspectos das instalações prediais”, indicando os parâmetros necessários para o alcance do conforto acústico (Quadro 01). Os indicadores foram esmiuçados e listados em diversos cenários, sendo classificados em cores: cor verde para as situações recomendadas, cor amarela para situações mitigadoras e cor vermelha para situações não recomendadas, sendo essas prejudiciais ao conforto acústico.

Para os indicadores “tempo de reverberação” e “inteligibilidade” utilizou-se o quadro de cálculo do tempo ótimo de reverberação (Quadro 02), onde é possível obter o TR, volume e capacidade de acomodação da edificação. Com essas informações, avalia-se o nível de conformidade da relação “TR x volume da edificação” indicado no gráfico de Carvalho (2010) apresentado na Figura 01. Por fim, avalia-se se os volumes per capita por ambiente atinge o parâmetro mínimo, bom ou máximo, conforme recomendação da Tabela 01 de Carvalho (2010).

**Quadro 1:** Modelo de quadro de inspeção visual – avaliação da qualidade sonora.

INDICADORES AVALIADOS	TEMPLO Nº XX	INDICADORES AVALIADOS	TEMPLO Nº XX
<b>1 Caracterização da área</b>		<b>2 Aspectos arquitetônicos e acústicos (construção)</b>	
1.1 Afastamento do templo em relação aos lotes vizinhos	Afastamento >>> Sem presença de barreiras acústicas Afastamento = 1,5m com presença de barreiras acústicas Afastamento <<< 1,5m	3.5 Revestimento de Parede	Material reverberante, aplicado em locais recomendados Material reverberante, aplicado em locais não recomendados Material absorvente, aplicado em locais recomendados Material absorvente, aplicado em locais não recomendados
1.2 Tipologia - ocupação (uso) do solo	Residencial Comercial/administrativa Industrial Recreacional	3.6 Revestimento do Teto	Material reverberante, aplicado em locais recomendados Material reverberante, aplicado em locais não recomendados Material absorvente, aplicado em locais recomendados Material absorvente, aplicado em locais não recomendados
2 Foco das atividades	Esportivo de lazer Residencial urbana Palavra falada Cantô congregacional Performances musicais	3.7 Esquadrias	Passam tratamento acústico Não passam tratamento acústico Material reverberante e absorvente Material absorvente
3 Aspectos arquitetônicos e acústicos		3.8 Assentos	Material reverberante Material absorvente
3.1 Projeto Arquitetônico x Acústico	Os projetos foram concebidos concomitantemente, sendo executados em simultaneidade Projeto de acústica foi elaborado e executado após a ocupação Existe projeto de acústica, mas o tratamento ainda não foi executado Não existe projeto de acústica com tratamento executado	4 Aspectos das Instalações Prediais	
3.2 Atendimento na entrada principal	Presença Não possui	4.1 Sistema de Sonorização	Em colunas Distribuída Central Ausente
3.3 Layout	Facilita a melhor audibilidade Dificulta a audibilidade	4.2 Sistema de Climatização	Ausência de ruídos Presença de ruídos em baixa intensidade Presença de ruídos em alta intensidade
3.4 Revestimento do Piso	Material reverberante, aplicado em locais recomendados Material reverberante, aplicado em locais não recomendados Material absorvente, aplicado em locais recomendados Material absorvente, aplicado em locais não recomendados		<b>Legenda</b> Esquema recomendada Situação mitigadora Situação não recomendada Opção escolhida

Fonte: Autores.

**Quadro 2:** Modelo de quadro de cálculo do tempo ótimo de reverberação.

Elementos Discretos	Quantidade (unidade)	Coefficientes de Absorção (α) 500Hz	Q x α
Absorção {Σ (Q x α)}			-
Elementos Contínuos	Área (m²)	Coefficientes de Absorção (α) 500Hz	Área x α
Absorção {Σ (Área x α)}			-
<b>Volume do Ambiente - V (m³)</b>			
<b>Tempo de Reverberação - TR (s)</b>			
T.R = $0,161 \times V / \sum (\text{Absorção}) = 0,16 \times - = -$			

Fonte: Autores.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Templo 01

O Templo 01, está situado em Recife, e foi inaugurado em 1977, com capacidade para 2.500 pessoas. O projeto de arquitetura não foi concebido juntamente com o projeto de complementar de acústica. Somente no final da década de 80 foi elaborado e executado o projeto de intervenção acústica no templo, onde uma equipe terceirizada realizou os cálculos de acústica, e o desenvolvimento da acústica gráfica foi realizado pelo Departamento de Engenharia do templo. Para melhor atender aos fiéis o Templo 01 foi ampliado em 2007 passando a comportar cerca de 5.000 pessoas em sua nave.

O Templo está localizada numa zona de ambiente construído moderada (ZAC – Moderada) e percebemos que o entorno imediato caracteriza uma área mista com vocação comercial e administrativa, sendo margeado por um corredor de transporte metropolitano e por duas ruas locais. Neste estudo foi analisada a nave do templo onde acontecem os cultos, localizada no térreo e no primeiro pavimento do bloco A. Possui 1.810,00 m² em planta, pé direito de até 10,15 m e aproximadamente 10.178,00 m³ de volume. O seu uso predominante é para a palavra falada, com ocasionais apresentações musicais.

Na área interna da edificação foi utilizado o auditório em estilo arquibancada, o que facilita a chegada do som aos receptores, condicionando a inteligibilidade e a visualização do púlpito.

Através da utilização do quadro de inspeção visual foi possível analisar os indicadores “aspectos arquitetônicos e acústicos” e “aspectos das instalações prediais”. Conforme Quadro 03, constata-

se que o Templo 01 apresentou situações recomendadas e/ou mitigadora para todos os parâmetros dos indicadores em questão, excluindo-se apenas os parâmetros de revestimentos dos pisos, paredes e tetos que se encontravam em situações não recomendadas.

Quadro 3: Planilha de inspeção visual – Templo 01.

INDICADORES AVALIADOS	TEMPLO Nº 01	INDICADORES AVALIADOS	TEMPLO Nº 01
<b>1 Caracterização da área</b>		<b>3 Aspectos arquitetônicos e acústicos (continuação)</b>	
Afastamento do 1.1 templo em relação aos sites vizinhos	X Afastamento <= 5m e/ou presença de barreira acústica	3.5 Revestimento de Parede	Material reverberante, aplicado em locais recomendados
	X Afastamento <= 1,5m e/ou presença de barreira acústica		Material absorvente, aplicado em locais recomendados
	X Afastamento >= 1,5m	X Material absorvente, aplicado em locais não recomendados	Material reverberante, aplicado em locais recomendados
	SEM afastamentos	X Material absorvente, aplicado em locais não recomendados	Material absorvente, aplicado em locais recomendados
	X Comercial administrativa	3.6 Revestimento do Teto	Material reverberante, aplicado em locais recomendados
X Industrial	Material absorvente, aplicado em locais recomendados		
X Recreacional	X Material absorvente, aplicado em locais não recomendados		Material absorvente, aplicado em locais recomendados
X de escolas	X Material absorvente, aplicado em locais não recomendados		Material absorvente, aplicado em locais recomendados
Tipologias - 1.2 ocupação (uso) do solo	X de hospitais	3.7 Esquadrias	Possuem tratamento acústico
	X Residencial urbano	X	Não possuem tratamento acústico
	X Palácios e/ou	3.8 Assentos	Material reverberante e absorvente
	X Coral congregacional		Material absorvente
X Performances musicais	Material reverberante		
<b>2 Foco das atividades</b>		<b>4 Aspectos das Instalações Prediais</b>	
3.1 Projeto Arquitetura e Acústica	X Projeto arquitetônico concebido concomitantemente, sendo executado em conformidade.	4.1 Sistema de Sonorização	X Em colunas
	X Projeto de acústica foi elaborado e executado após a ocupação		X Distribuídas
	X Existe projeto de acústica, mas o tratamento ainda não foi executado	X Central	X Paralela
3.2 Anticómodo na entrada principal	X Não possui	4.2 Sistema de Climatização	X Atenção de ruído
	X Possui		Presença de ruído em baixa intensidade
3.3 Layout	X Facilita a melhor audibilidade	Presença de ruído em alta intensidade	
	X Dificulta a audibilidade		
3.4 Revestimento do Piso	Material reverberante, aplicado em locais recomendados	<b>Legenda</b>	
	Material reverberante, aplicado em locais não recomendados	Situação recomendada	
	Material absorvente, aplicado em locais recomendados	Situação mitigadora	
	Material absorvente, aplicado em locais não recomendados	Situação não recomendada	

Fonte: Autores.

Para análise dos indicadores “tempo de reverberação” e “inteligibilidade” foi necessário realizar o cálculo da fórmula de Sabine. Através da planilha de cálculo do tempo ótimo de reverberação, Quadro 04. Obteve-se o valor do TR atual (quantificado em 0,471s), volume da edificação (quantificado em 10.178,00m³) e capacidade total de acomodação (quantificado em 5.016 pessoas).

Quadro 4: Cálculo do tempo ótimo de reverberação – Templo 01.

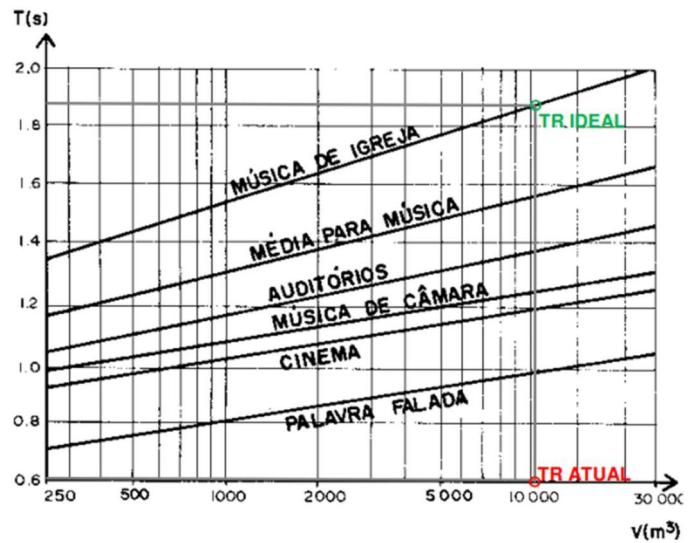
Elementos Discretos	Quantidade (unidade)	Coefficientes de Absorção (α) 500Hz	Q x α
Adulto em pé	11	0,44	4,84
Adulto sentado em banco de igreja	4.572	0,31	1.417,32
Adulto sentado em poltrona estofada	428	0,42	179,76
Músico com instrumento	5	1,07	5,35
<b>Absorção {Σ (Q x α)}</b>			<b>1.607</b>
Elementos Contínuos	Área (m²)	Coefficientes de Absorção (α) 500Hz	Área x α
Paredes de concreto rebocado pintado à cal	835,50	0,02	16,71
Portas de madeira compensada pintada à óleo	3	0,03	0,10
Superfícies de Vidro	158,00	0,04	6,32
Piso cimentado revestido com cerâmica	1.810,00	0,01	18,10
Forro de gesso Thermax PSL-32 100mm	1.810,00	1,01	1.828,10
<b>Absorção {Σ (Área x α)}</b>			<b>1.869</b>
<b>Volume do Ambiente - V (m³)</b>	10.178,00		
<b>Tempo de Reverberação - TR (s)</b>	0,471		
<b>T.R</b>	$0,161 \times V =$	$0,16 \times 10.178,00 =$	<b>0,471</b>
	$\Sigma$ (Absorção)	3.477	

Fonte: Autores.

Contudo, o TR atual encontra-se em não conformidade quando comparando a relação “TR x volume da edificação”, conforme a Figura 02, através

dos gráficos de Carvalho (2010), observa-se que é recomendado que o TR ideal seja de aproximadamente 1,85s.

Figura 2: TR x Volume (m³) recomendações Carvalho (2010) Templo 01.



Fonte: CARVALHO (2010) adaptado pelos autores.

Conforme demonstração apresentada a seguir na Tabela 02, o “volume per capita” do Templo 01 não atingiu ao menos o parâmetro mínimo recomendado por Carvalho (2010).

Tabela 2: Volumes per capita por ambiente – Templo 01.

$\frac{\text{Volume do templo}}{\text{Quant de pessoas}} = \frac{10.178,00}{5.016} = 2,029107 \text{ m}^3$				
AMBIENTE	V Atual	V mínimo	V bom	V máximo
Outras Igrejas	2,03 m³	5,1 m³	7,2 m³	9,1 m³

Fonte: CARVALHO (2010) adaptado pelos autores.

## Templo 02

O Templo 02 foi inaugurado em 2005, com o projeto de arquitetura concebido juntamente com o projeto complementar de acústica, o qual sofreu adaptações pelo Departamento de Engenharia do Templo. Localizado numa zona de ambiente construído moderada (ZAC – Moderada), o entorno imediato caracteriza uma área mista com vocação comercial e administrativa e é margeado por um corredor de transporte metropolitano e por duas ruas locais.

Neste estudo foi analisado o salão principal/nave do templo onde acontecem os cultos, localizado no primeiro pavimento, que está a 3,70m do nível do meio fio. O salão principal/nave possui cerca de 75 metros de comprimento, o qual não possui janelas, somente três grupos de portas acústicas de madeira

que fazem parte da rota de fuga do templo, contribuindo para o isolamento sonoro.

O Templo 02 possui 3.077,20 m<sup>2</sup> em planta, 8,10 m de pé direito e aproximadamente 24.599,21 m<sup>3</sup> de volume. O seu uso predominante é para a palavra falada.

Através da utilização da planilha de inspeção visual foi possível analisar os indicadores “aspectos arquitetônicos e acústicos” e “aspectos das instalações prediais”. Conforme Quadro 05, constata-se que o Templo 02 apresentou situações recomendadas e/ou mitigadora para todos os parâmetros dos indicadores em questão, excluindo-se apenas os parâmetros de revestimentos dos pisos, que se encontrava em situações não recomendadas.

Quadro 5: Planilha de inspeção visual – Templo 02.

INDICADORES AVALIADOS	TEMPLO Nº 02	INDICADORES AVALIADOS	TEMPLO Nº 02
<b>1 Caracterização da área</b>			
1.1 Afastamento do templo em relação aos lotes vizinhos	X Afastamento >> 5m e/ou presença de barreiras acústicas	3.5 Revestimento de Parede	X Material reverberante, aplicado em locais recomendados
	X Afastamento >> 1,5m e/ou presença de barreiras acústicas		X Material reverberante, aplicado em locais não recomendados
1.2 Tipologia - 12 ocupação (uso) do solo	X Sem afastamentos	3.6 Revestimento do Teto	X Material absorvente, aplicado em locais recomendados
	X Comercial/administrativa		X Material absorvente, aplicado em locais não recomendados
	X Industrial		X Material reverberante, aplicado em locais recomendados
	X Recreacional		X Material reverberante, aplicado em locais não recomendados
	X de escolas		X Material absorvente, aplicado em locais recomendados
2 Focos das atividades	X de hospitais	3.7 Esquadrias	X Pressão tratamento acústico
	X Residencial urbana		X Não possuem tratamento acústico
3 Aspectos arquitetônicos e acústicos	X Palavra falada	3.8 Assentos	X Material reverberante e absorvente
	X Coreto congregacional		X Material absorvente
3.1 Projeto Arquitetura e Acústica	Performance musical	4 Aspectos das Instalações Prediais	X Material reverberante
	X Os projetos foram concebidos concomitantemente, sendo executados em conformidade		X Em colunas
3.2 Antecâmara na entrada principal	Preto de acústica foi elaborado e executado após a ocupação	4.1 Sistema de Sonorização	X Distribuída
	Este projeto de acústica, mas o tratamento ainda não foi executado		X Central
3.3 Layout	Não possui projeto de acústica e/ou tratamento necessário	4.2 Sistema de Climatização	X Partilhada
	X Possui		X Ausência de ruídos
3.4 Revestimento do Piso	Não possui	Legenda	X Presença de ruídos em baixa intensidade
	X Facilidade a melhor audibilidade		X Presença de ruídos em alta intensidade
	Difícil a audibilidade		Situação recomendada
	X Material reverberante, aplicado em locais recomendados		Situação mitigadora
	X Material reverberante, aplicado em locais não recomendados		Situação não recomendada
	X Material absorvente, aplicado em locais recomendados		X Opção escolhida
	X Material absorvente, aplicado em locais não recomendados		

Fonte: Autores.

Para análise dos indicadores “tempo de reverberação” e “inteligibilidade” foi necessário realizar o cálculo da fórmula de Sabine. Através da planilha de cálculo do tempo ótimo de reverberação, Quadro 06. Obteve-se o valor do TR atual (quantificado em 0,982s), volume da edificação (quantificado em 24.599,21m<sup>3</sup>) e capacidade total de acomodação (quantificado em 4.720 pessoas).

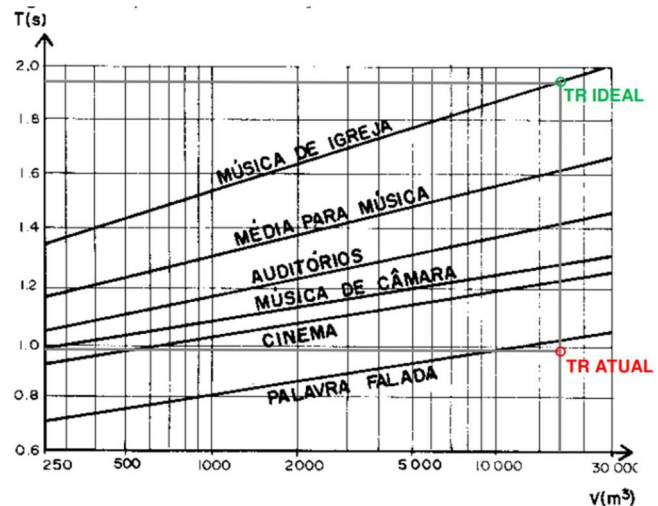
Contudo, o TR atual encontra-se em não conformidade quando comparando a relação “TR x volume da edificação” através do gráfico de Carvalho (2010), conforme Figura 03 é recomendado que o TR ideal seja de aproximadamente 1,85s. Conforme demonstração apresentada na Tabela 03, o “volume per capita” do Templo 02 encontra-se em conformidade com o parâmetro mínimo recomendado por Carvalho (2010).

Quadro 6: Cálculo do tempo ótimo de reverberação – Templo 02.

Elementos Discretos	Quantidade (unidade)	Coefficientes de Absorção (α) 500Hz	Q x α
Adulto em pé	15	0,44	6,60
Adulto sentado em poltrona estofada	4.700	0,42	1.974,00
Músico com instrumento	5	1,07	5,35
Absorção {Σ (Q x α)}			1.986
Elementos Contínuos	Área (m <sup>2</sup> )	Coefficientes de Absorção (α) 500Hz	Área x α
Paredes de concreto rebocada com vermiculite e pintada	163,83	0,07	11,47
Paredes de concreto rebocada revestida com textura lisa e pintada	17	0,02	0,33
Superfícies de Vidro	61,80	0,04	2,47
Piso cimentado revestido com cerâmica	3.077,20	0,01	30,77
Forro de gesso acartonado liso	2.414,98	0,61	1.473,14
Forro de gesso acartonado perfurado	662,22	0,78	516,53
Paredes revestidas em lambris de madeira	163,83	0,06	9,83
Portas acústicas	55,44	0,03	1,66
Absorção {Σ (Área x α)}			2.046
Volume do Ambiente - V (m <sup>3</sup> )		24.599,21	
Tempo de Reverberação - TR (s)		0,982	
T.R		0,161 x V =	0,16 x 24.599,21 =
		Σ (Absorção)	4.032
			0,982

Fonte: Autores.

Figura 3: TR x Volume (m<sup>3</sup>) recomendações Carvalho (2010) Templo 02.



Fonte: CARVALHO (2010) adaptado pelos autores.

Tabela 3: Volumes per capita por ambiente – Templo 02.

Volume do templo = $\frac{24.599,21}{4.720} = 5,211697 \text{ m}^3$				
Quant de pessoas 4.720				
AMBIENTE	V Atual	V mínimo	V bom	V máximo
Outras Igrejas	5,21 m <sup>3</sup>	5,1 m <sup>3</sup>	7,2 m <sup>3</sup>	9,1 m <sup>3</sup>

Fonte: CARVALHO (2010) adaptado pelos autores.

### Templo 03

O Templo 03 está situado no bairro de Boa Vista/Recife e foi inaugurado ano de 1890, com capacidade para 170 pessoas. O Templo é tombado pela Fundação do Patrimônio Histórico e Artístico de

Pernambuco – FUNDARPE. O projeto de acústica do templo foi elaborado e executado há menos de 20 anos.

Localizado numa zona de ambiente construído moderada (ZAC – Moderada), percebemos que o entorno imediato é caracterizado por uma área mista com vocação comercial e administrativa, sendo margeado por um corredor de transporte metropolitano e por uma rua local.

O templo possui 217,50 m<sup>2</sup> de área construída, 5,41 m de pé direito e aproximadamente 1.176,68 m<sup>3</sup> de volume. O seu uso predominante é para a palavra falada, com ocasionais apresentações musicais. Dividido em dois blocos, sendo o primeiro bloco, composto por dois pavimentos. O pavimento térreo é a própria nave do templo, além de conter, banheiros, berçário, salão de reuniões e um estúdio para ensaios de bandas musicais. No primeiro pavimento encontram-se três salas para atividades educativas. O segundo bloco é composto por um pavimento, onde encontram-se as salas administrativas.

Através da utilização do quadro de inspeção visual foi possível analisar os indicadores “aspectos arquitetônicos e acústicos” e “aspectos das instalações prediais”. Conforme Quadro 07, constata-se que o Templo 03 apresentou diversas situações não recomendadas não obtendo os parâmetros necessários para o alcance do conforto acústico.

Quadro 07: Planilha de inspeção visual – Templo 03.

INDICADORES AVALIADOS	TEMPLO Nº 03	INDICADORES AVALIADOS	TEMPLO Nº 03	
<b>1 Caracterização da área</b>				
1.1 Afastamento de 1.1 templo em relação aos lotes vizinhos	X Afastamento >= 1.5m e/ou presença de barreiras acústicas	3.5 Revestimento de Parede	X Material reverberante, aplicado em locais recomendados	
	X Afastamento >= 1.5m		X Material absorvente, aplicado em locais não recomendados	
	X Sem barreiras		X Material absorvente, aplicado em locais recomendados	
1.2 Tipologias - ocupação (uso) do solo	X Comercial administrativa	3.6 Revestimento do Teto	X Material reverberante, aplicado em locais recomendados	
	X Industrial		X Material absorvente, aplicado em locais não recomendados	
	X Recreativo		X Material absorvente, aplicado em locais recomendados	
	X de saúde		X Material absorvente, aplicado em locais não recomendados	
2 Foco das atividades	X de hospitais	3.7 Esquadrias	X Possuem tratamento acústico	
	X Residencial urbano		X Não possuem tratamento acústico	
	X Cultural congregacional		X Material reverberante e absorvente	
	X Performances musicais		X Material absorvente	
3 Aspectos arquitetônicos e acústicos	3.1 Projeto Arquitetura e Acústica	<b>4 Aspectos das Instalações Prediais</b>		
		X Projeto não considerado concomitantemente, sendo executado em conformidade.	4.1 Sistema de Sonorização	X Em colunas
		X Projeto de acústica foi elaborado e executado após a ocupação		X Distribuída
		X Existe projeto de acústica, mas o tratamento ainda não foi executado	X Central	X Particular
X Não existe projeto de acústica e/ou tratamento executado	X Periférica	4.2 Sistema de Climatização	X Ausência de ruído	
3.2 Antecâmara na entrada principal	X Possui		X Presença de ruído em baixa intensidade	
	X Não possui		X Presença de ruído em alta intensidade	
3.3 Layout	X Facilita a mobilidade		X Difícil a audibilidade	X Opção escolhida
	X Material reverberante, aplicado em locais recomendados	X Material reverberante, aplicado em locais não recomendados		
3.4 Revestimento do Piso	X Material absorvente, aplicado em locais recomendados			
	X Material absorvente, aplicado em locais não recomendados			

Fonte: Autores.

Para análise dos indicadores “tempo de reverberação” e “inteligibilidade” foi necessário realizar o cálculo da fórmula de Sabine. Através da planilha de cálculo do tempo ótimo de reverberação, Quadro 08, obteve-se o valor do TR atual (quantificado em 0,598s), volume da edificação (quantificado em 1.176,68m<sup>3</sup>) e capacidade total de

acomodação (quantificado em 190 pessoas).

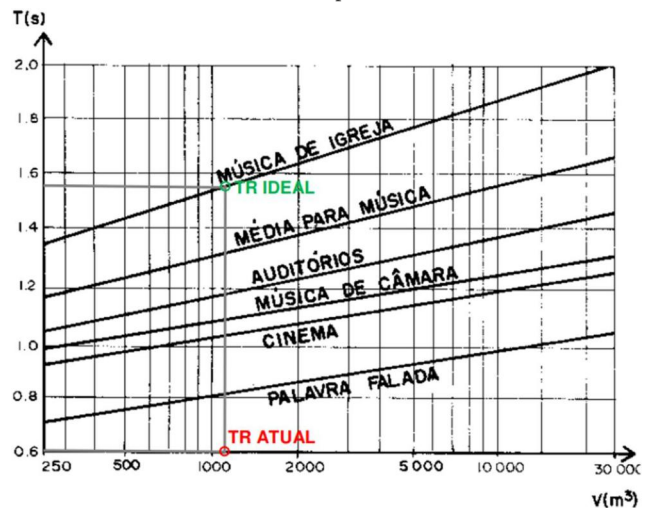
Quadro 08: Cálculo do tempo ótimo de reverberação – Templo 03.

Elementos Discretos	Quantidade (unidade)	Coefficientes de Absorção (α) 500Hz	Q x α
Adulto em pé	10	0,44	4,40
Adulto sentado em banco de igreja	170	0,31	52,70
Músico com instrumento	10	1,07	10,70
Absorção (Σ (Q x α))			68
Elementos Contínuos	Área (m <sup>2</sup> )	Coefficientes de Absorção (α) 500Hz	Área x α
Paredes de concreto rebocado pintado à cal	125,54	0,02	2,51
Portas e Janelas de madeira e Vidro	46,50	1,00	46,50
Piso cimentado revestido com cerâmica	217,50	0,01	2,18
Forro de gesso	217,50	0,92	200,10
Absorção (Σ (Área x α))			251
Volume do Ambiente - V (m <sup>3</sup> )		1.176,68	
Tempo de Reverberação - TR (s)		0,594	
T.R		0,161 x V =	0,16 x 1.176,68 =
Σ (Absorção)		319	0,594

Fonte: Autores.

Contudo, o TR atual encontra-se em não conformidade quando comparando a relação “TR x volume da edificação”, conforme a Figura 04 que apresenta o gráfico de Carvalho (2010) é recomendado que o TR ideal seja de aproximadamente 1,02s. Conforme demonstração apresentada na Tabela 04, o “volume per capita” do Templo 03 encontra-se em conformidade com o parâmetro mínimo recomendado por Carvalho (2010).

Figura 04: TR x Volume (m<sup>3</sup>) recomendações Carvalho (2010) Templo 03.



Fonte: CARVALHO (2010) adaptado pelos autores.

Tabela 04: Volumes per capita por ambiente – Templo 03.

Volume do templo = 1.176,68 = 6,9216 m <sup>3</sup>				
Quant de pessoas 170				
AMBIENTE	V Atual	V mínimo	V bom	V máximo
Outras Igrejas	6,92 m <sup>3</sup>	5,1 m <sup>3</sup>	7,2 m <sup>3</sup>	9,1 m <sup>3</sup>

Fonte: CARVALHO (2010) adaptado pelos autores.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da avaliação dos estudos de caso percebeu-se que mesmo com a presença de tratamento acústico todos os templos apresentaram deficiências na qualidade sonora. Tal fator alerta que acústica urbana é questão de educação ambiental. De fato, os níveis de intensidade sonora encontrado dentro e fora dos recintos analisados estão bem acima do recomendado.

Em especial, o estudo realizado no Templo 02 revelou que um projeto arquitetônico quando é planejado concomitantemente com o projeto complementar de acústica se torna mais eficiente e reduz os riscos de fugas sonoras.

Também se observa que o sistema de sonorização está ligado diretamente com a qualidade sonora dos ambientes. Um exemplo claro disso foi o estudo realizado no Templo 03, onde a falta de equalização e a segregação das fontes sonoras somada com um sistema de som não adequado resultou num baixo nível de inteligibilidade, presença de reverberação e nível de intensidade sonora intolerável.

Por conclusão, ressalta-se que além do apuro técnico na análise de formas e materiais deve-se aliar o conhecimento comportamental da congregação para se dedicar a construção e reformas de Templos. E lembrar que as avaliações pós ocupações são fases imprescindíveis no ciclo de vida do projeto, tendo objetivo de apresentar ações mitigadoras de conflitos.

## REFERÊNCIAS

Acústica Fácil - Ingeniería Acústica para Profesionales. Acesso 25 julho 2022 em: Disponível em: <http://www.ingenieriaacusticafacil.com/ingenieria-acustica-como-calculas-el-tiempo-de-reverberacion/>

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <https://www.target.com.br/setor-saude/produtos/normas-tecnicas/39384/nbr12179-tratamento-acustico-em-recintos-fechados-procedimento>

AMORIM, E. S. Projeto de Tratamento Acústico da Igreja Batista Jardim Beberibe, em Olinda/PE. p. 155. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Ciências Humanas - ESUDA, Recife, 2014. DOI: 10.13140/RG.2.2.20274.48324 Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/359427165\\_PROJETO\\_DE\\_TRATAMENTO\\_ACUSTICO\\_DA\\_IGREJA\\_BATISTA\\_JARDIM\\_BEBERIBE\\_EM\\_OLINDAPE?channel=doi&linkId=623bab3d91e0810f44d540bc&showFulltext=true](https://www.researchgate.net/publication/359427165_PROJETO_DE_TRATAMENTO_ACUSTICO_DA_IGREJA_BATISTA_JARDIM_BEBERIBE_EM_OLINDAPE?channel=doi&linkId=623bab3d91e0810f44d540bc&showFulltext=true). Acesso em: 26 jan. 2023.

AMORIM, E. S. ET AL. Evaluation of the quality of the physical space in gym and bodybuilding gyms in the city of Recife/PE. *Journal of Engineering Research*, v. 3, n. 2, p. 01–09, 2022. DOI: 10.22533/at.ed.317322222127. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/artigo-revista/avaliacao-dos-niveis-de-acessibilidade-em-vias-publicas-estudo-na-rua-de-santa-cruz-recife-pe-2>. Acesso em: 26 jan. 2023.

AMORIM, E. S.; SAMPAIO, G. M.; SILVA, H. L. F. Avaliação dos níveis de acessibilidade em vias públicas. *Ambiente: Gestão e Desenvolvimento*, v. 15, n. 2, p. 54–60, 2022. DOI: 10.24979/ambiente.v15i2.1126. Disponível em: <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article/view/1126>. Acesso em: 26 jan. 2023.

ARAÚJO, K. C. Diagnóstico da poluição sonora na cidade do Recife-pe. p. 58. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Vitória de Santo Antão, 2013.

BARRETO, W. J. M. Acústica Arquitetônica. 2. ed. Recife, 1994.

CARVALHO, P. C. Acústica Arquitetônica. Brasília. 2. ed. São Paulo: Editora Thesaurus, 2010.

DE MARCO, C. S. Elemento de Acústica Arquitetônica. 1. Ed. São Paulo: Editora Nobel, 1982.

DROUBI, L. F. P. Economia e as Cidades: Os desafios e as possibilidades para a política urbana no século XXI. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2022.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Manual Prático de

Acústica. Rio de Janeiro, 2006. Editora música e tecnologia.

FARIA, J. R. G. de; FONTES, M. S. G. C.; MORINI, N. F. de S. Avaliação da qualidade ambiental em conjunto habitacional de interesse social: estudo de caso em Oriente-SP. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, [S. l.], v. 8, n. 54, 2019. DOI: 10.17271/2318847275420202259. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/2259](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/2259). Acesso em: 5 nov. 2022.

LANGE, S. J. K. *et al.* Análise de ruídos sonoros em templos evangélicos. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Vitória/ES, 2020.

Liesch, B. Nova Adoração dos Hinos Tradicionais aos Cânticos Congregacionais. São Paulo: Editora Ecclesia, 2003.

LIMA, B. S. Condições de Conforto Acústico em Templos Religiosos: Estudo de caso do Centro de Adoração, Brasília/DF. p. 52. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2019.

LIMA, K. F. Projeto de Tratamento Acústico Para o Templo da Igreja Adventista do Sétimo dia Localizada em Jardim Paulista, Paulista - Pernambuco. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Ciências Humanas - ESUDA, Recife, 2011.

MOSCATI, S. R. Desempenho acústico de templos e igrejas: subsídios à normatização. p. 153. São Paulo. Universidade de São Paulo, 2013. Dissertação de Mestrado.

PSIU. (2022). Programa de Silêncio Urbano. Acesso 29 julho 2022 em: Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/zeladoria/psiu/index.php?p=8831/>

RANGEL, O. Som nas igrejas – igreja bom jesus da penha. Revista Backstage, Rio de Janeiro, n. 175, jun. 2009.

SILVA, F. W. R. Diretrizes para Correção Acústica Arquitetônica no Templo da Igreja Evangélica Apostólica da Restauração, em Jardim Atlântico, Olinda – PE. Trabalho de conclusão de curso

(Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Ciências Humanas - ESUDA, Recife, 2013.

SOARES, A. B. Avaliação da poluição sonora em ambiente didático utilizando medição in loco e simulação computacional. p. 8. Trabalho de conclusão de curso. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, Goiânia, 2022.

STRIO, C. L. O ruído gerado por templos religiosos e impacto de vizinhanças causado no município do Rio de Janeiro. Scientific Electronic Archives, Rio de Janeiro, v 15, n. 6, p. 67-72, maio/junho.2022.

ZWIRTES, D. P. Z. .; NASCIMENTO, E. O. do .; ZANNIN, P. H. T. . Subjective perceptions of students and teachers to environmental noise in public schools. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, [S. l.], v. 9, n. 73, 2021. DOI: 10.17271/2318847297320213012. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/3012](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/3012). Acesso em: 5 nov. 2022.