



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS E HUMANAS
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

WIRIANY KÁTIA FERREIRA SILVA

**TRATAMENTO ACÚSTICO DE UMA IGREJA EVANGÉLICA EM LIMOEIRO DO
NORTE-CE: VERIFICAÇÃO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO (TR) E DO NÍVEL
DE PRESSÃO SONORA INTERNO**

PAU DOS FERROS

2022

WIRIANY KÁTIA FERREIRA SILVA

**TRATAMENTO ACÚSTICO DE UMA IGREJA EVANGÉLICA EM LIMOEIRO DO
NORTE-CE: VERIFICAÇÃO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO (TR) E DO NÍVEL
DE PRESSÃO SONORA INTERNO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Eduardo Raimundo Dias Nunes,
Prof. Dr.

PAU DOS FERROS

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586t Silva, Wiriany Kátia Ferreira.
Tratamento acústico de uma igreja evangélica
em Limoeiro do Norte-CE: verificação do tempo de
reverberação (TR) e do nível de pressão sonora
interno / Wiriany Kátia Ferreira Silva. - 2022.
112 f. : il.

Orientador: Eduardo Raimundo Dias Nunes.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Arquitetura e
Urbanismo, 2022.

1. Condicionamento Acústico. 2. Isolamento
Acústico. 3. Nível de Pressão Sonora. I. Nunes,
Eduardo Raimundo Dias, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 1115

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

WIRIANY KÁTIA FERREIRA SILVA

**TRATAMENTO ACÚSTICO DE UMA IGREJA EVANGÉLICA EM LIMOEIRO DO
NORTE-CE: VERIFICAÇÃO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO (TR) E DO NÍVEL
DE PRESSÃO SONORA INTERNO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Arquitetura e Urbanismo.

Defendida em: 14/06/2022.

BANCA EXAMINADORA

Eduardo Raimundo Dias Nunes, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Monique Lessa Vieira Olimpio, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Iran Luiz Seabra Souza, Prof. Msc. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado e permitido a realização dessa formação acadêmica. Mesmo diante das dificuldades, ele sempre me deu forças para continuar lutando, colocando pessoas no meu caminho para me ajudar. Sem Deus, nada disso seria possível.

Agradeço a minha Família por sempre me apoiar e orar por mim. Quero agradecer a minha mãe, Francisca Willa, que batalhou e trabalhou muito, para que tudo isso se tornasse realidade. Ela não mediu esforços para me dar tudo aquilo que eu precisava, e mesmo com as dificuldades, Deus com sua infinita bondade sempre colocou anjos para nos ajudar. Mãe, muito obrigada, te amo!

Agradeço também a minha irmã, Wigna Carla, que me apresentou o curso de Arquitetura de Urbanismo, e desde então me apoiou e ajudou, sempre ficando feliz com as minhas conquistas. Agradeço ao meu companheiro, Nilson Júnior, que esteve comigo desde o início da minha trajetória acadêmica, você foi fundamental, o seu apoio e amor me consolou e me dava forças todos os dias, te amo!

Agradeço ao meu orientador Eduardo que esteve me auxiliando na área de conforto ambiental desde o ingresso na universidade, me orientando do projeto de pesquisa às monitorias, estando a todo momento à disposição para tirar dúvidas e propor novas pesquisas. O senhor me ensinou muito, obrigada professor!

Agradeço a banca examinadora Monique Lessa e Iran Luiz por estar à disposição para contribuir com a melhoria do trabalho. Agradeço a todos professores que me ajudaram a conseguir essa formação, vocês foram fundamentais!

Agradeço às minhas amigas de Limoeiro, Emiliana e Eduarda que em todas as situações estavam à disposição para me ajudar quando precisei. Agradeço a Deus por todos os meus amigos adquiridos em Pau dos Ferros Ranna, Thalia, Liz, Ramon, Larissa, Gabriela, Ian, Miriam, Cícero, Caio, Guilherme, Maria e Débora, todos vocês tornaram a minha vivência incrível.

Agradeço a todos os membros da igreja que me ajudaram e colaboraram para a realização da pesquisa.

RESUMO

No conforto ambiental são considerados fatores térmicos, lumínicos, acústicos e ergonômicos na determinação da qualidade de um ambiente. O conforto acústico, por sua vez, mostra sua relevância ao apresentar estratégias de tratamento que proporcionam qualidade sonora ao ambiente, sendo assim, indispensável em espaços em que o som é prioridade, como nas igrejas. O objetivo geral do trabalho é propor um projeto de tratamento acústico para o salão de uma igreja evangélica no município de Limoeiro do Norte- Ceará, de acordo com o tempo de reverberação e o nível de pressão sonora adequado ao local. A justificativa deste estudo se caracteriza devido ao seu caráter social, científico e pessoal, que se interligam mediante o objeto de estudo. A metodologia é uma análise quali-quantitativa e experimental, em que, primeiramente, houve as medições do edifício para a obtenção do tempo de reverberação ótimo (TR_O) e do tempo de reverberação real (TR_r), seguindo a ABNT NBR 12179 (Norma Brasileira que orienta estratégias para o tratamento acústicos em recintos fechados). Para o cálculo dos TR, foram utilizadas diferentes planilhas com coeficientes de absorção sonora dos materiais a 500 Hz: o Banco de Dados de Características Acústicas desenvolvido por Paula Constante Santos- FAUUSP (2003); a Planilha Absorção Sonora (USP, 2018); e a Planilha com os dados disponibilizada pela Physikalisch- Technische Bundesanstalt Naionales Metrologieinstitut. Além disso, foram aplicados questionários aos membros da igreja maiores de 18 anos, sendo analisada a percepção dos usuários. Por fim, foi investigado o Nível de pressão Sonora (NPS) com o uso de um sonômetro digital, de acordo com a ABNT NBR 10152 (Norma Brasileira que verifica os níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações). Nos resultados, foi comprovado que o TR_r em todos os cenários de ocupação está em desacordo com o TR_O definido pela NBR 12179. Em relação ao NPS, o RL_{Aeq} do ambiente está em conformidade com o estabelecido pela NBR 10152, já o RL_{ASmax} ultrapassou o limite máximo recomendado. Assim, foi elaborada uma proposta final considerando 65% de ocupação total visando a obtenção do TR_r aproximado ao TR_O . Portanto, a pesquisa mostrou sua relevância pelo desenvolvimento das análises apresentadas e elaboração de uma proposta de adequação, podendo ainda, no futuro, verificar outros parâmetros acústicos.

Palavras-chave: Condicionamento Acústico. Isolamento Acústico. Nível de Pressão Sonora.

ABSTRACT

In environmental comfort, thermal, lumine, acoustic and ergonomic factors are considered in determining the quality of an environment. Acoustic comfort, in turn, shows its relevância when presenting treatment strategies that provide sound quality to the environment, being therefore indispensable in areas where sound is a priority, as in churches. The general objective of the work is to propose an acoustic treatment project for the hall of an evangelical church in the municipality of Limoeiro do Norte- Ceará, according to the reverberation time and the level of sound pressure appropriate to the place. The justification of this study is characterized by its social, scientific and personal character, which are interconnected through the object of study. The methodology is a quali-quantitative and experimental analysis, in which, first, there were measurements of the building to obtain the optimal reverberation time (TR_O) and the actual reverberation time (TR_r), following the ABNT NBR 12179 (Brazilian Standard that guides strategies for acoustic treatment indoors). For the calculation of TR, different spreadsheets were used with sound absorption coefficients of the materials at 500 Hz: the Acoustic Characteristics Database developed by Paula Constante Santos- FAUUSP (2003); the Sound Absorption Spreadsheet (USP, 2018); and the Spreadsheet with the data provided by Physikalisch-Technische Bundesanstalt Naionales Metrologieinstitut. In addition, questionnaires were applied to church members over 18 years of age, analyzing the perception of users. Finally, the Sound Pressure Level (SPL) was investigated with the use of a digital sonometer, according to ABNT NBR 10152 (Brazilian Standard that verifies the levels of sound pressure in internal environments of buildings). In the results, it was proven that TR_r in all occupation scenarios is at odds with the TR_O defined by NBR 12179. In relation to nps, the RL_{Aeq} of environment complies with that established by NBR 10152, while the ' RL_{ASmax} ' has exceeded the recommended ceiling. Thus, a final proposal was elaborated considering 65% of total occupation aiming to obtain the TR_r approximate to TR_O . Therefore, the research showed its relevance by the development of the analyses presented and elaboration of a proposal of adequacy, and may also, in the future, verify other acoustic parameters.

Keywords: Acoustic Conditioning. Soundproofing. Sound Pressure Level.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Transmissão sonora entre paredes	25
Figura 2- Tabela 03 da NBR 10152 com valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com a suas finalidades de uso (continua)	27
Figura 3- Teatro Grego	28
Figura 4- Teatro Romano com estrutura elevada (Anfiteatro)	28
Figura 5- Corte: Poço de Ventilação	30
Figura 6- Esquema: Reflexão Sonora	31
Figura 7- Esquema: Difração Sonora	32
Figura 8- Esquema: Refração Sonora	33
Figura 9- Esquema: Absorção Sonora	33
Figura 10- Esquema: Ressonância Sonora	34
Figura 11- Esquema: Eco	35
Figura 12- Esquema: Reverberação	36
Figura 13- Gráfico do tempo de Reverberação para os diferentes usos (NBR 12179)	37
Figura 14- Denominações das Igrejas Protestante	41
Figura 15- Interior da catedral de Nossa Senhora de Aparecida	44
Figura 16- Basílica de São Pedro em Roma	44
Figura 17- Arcos ogivais (Igrejas góticas)	45
Figura 18- Vista interna- Oasis Pastoral Care Voestalpine	45
Figura 19- Igreja Presbiteriana Deus Conosco	48
Figura 20- Igreja Missionária Reino de Deus	48
Figura 21- Capela Frei Damião	49

Figura 22- Fachada Frontal da Igreja de Cristo em fase de construção	50
Figura 23- Fachada Lateral da Igreja de Cristo em fase de construção.....	50
Figura 24- Cobertura da Igreja de Cristo em fase de construção	51
Figura 25- Fachada Frontal da Igreja de Cristo (com muro).....	51
Figura 26- Fachada frontal com muro em 2022	52
Figura 27- Fachada frontal atual da igreja.....	52
Figura 28- Planta baixa da igreja em 2022	53
Figura 29- Corte longitudinal AA- Igreja.....	53
Figura 30- Corte transversal BB- Igreja	53
Figura 31- Vista interna 01 do salão da igreja.....	54
Figura 32- Vista interna 02 do salão da igreja.....	54
Figura 33- Levantamento Arquitetônico	55
Figura 34- Tabela e Gráfico comparativo entre volume e <i>TRO</i>	56
Figura 35- Banco de dados de Características Acústicas	57
Figura 36- Banco de dados da Physikalisch	57
Figura 37- Tabela comparativa para o cálculo do tempo reverberação real e ótimo	58
Figura 38- Sonômetro digital	59
Figura 39- Medição com o sonômetro nos pontos	60
Figura 40- Tabela dos valores máximos e mínimos de dB para templos religiosos(NBR 10152).....	61
Figura 41- Maquete esquemática- Igreja de Cristo	62
Figura 42- Planta de layout- Ambientes do recinto.....	62
Figura 43- Valor de tempo de Reverberação Ótimo em relação ao volume	63

Figura 44- Planta baixa: Salão.....	64
Figura 45- Composição da parede.....	65
Figura 46- Composição do piso.....	65
Figura 47- Estrutura do telhado (Perspectiva).....	65
Figura 48- Mobiliários internos do salão	66
Figura 49- Mobiliários internos do salão	66
Figura 50- Planta baixa: pontos de medição	79
Figura 51- Classificação do templo religioso de acordo com a NBR 10152	83
Figura 52- Forma proporcional para boa audibilidade.....	85
Figura 53- Planta de Esquemática: Forro de Gesso	86
Figura 54- Reflexão sonora nas colunas.....	87
Figura 55- Ângulo de inclinação dos painéis	88
Figura 56- Imagem renderizada: Parede posterior	88
Figura 57- Gráfico com Tempo ótimo (PROPOSTA)	89
Figura 58- Planta de Layout: PROPOSTA.....	90
Figura 59- Corte transversal (BB)- PROPOSTA	91
Figura 60- Corte longitudinal (AA)- PROPOSTA.....	91
Figura 61- Perspectiva 01: vista para o palco.....	92
Figura 62- Perspectiva 02: vista para a porta de entrada.....	93
Figura 63- Imagem renderizada: Palco e plateia	93
Figura 64- Imagem Renderizada: Palco	94
Figura 65- Imagem Renderizada: Vista do palco para a plateia.....	94
Figura 66- Imagem Renderizada: Detalhe da logo da igreja.....	94

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Gráfico comparativo do tempo de reverberação real nos distintos cenários.....	69
Gráfico 2- Faixa etária dos entrevistados	70
Gráfico 3- Residentes da comunidade do Sítio Quixaba.....	70
Gráfico 4- Tempo em anos como membro da igreja	71
Gráfico 5- Opinião dos usuários acerca da relevância da igreja para a comunidade	71
Gráfico 6- Percepção dos usuários em relação a inteligibilidade do som	72
Gráfico 7- Motivos que comprometem a inteligibilidade do som de acordo com os usuários.....	72
Gráfico 8- Relação entre tempo como membro e nitidez do som	73
Gráfico 9- Posição dos membros na plateia da igreja.....	74
Gráfico 10- Motivos para decisão do local de assento	74
Gráfico 11- Sentimento de conforto em relação ao Som.....	75
Gráfico 12- Relação entre a posição da plateia e a percepção de conforto dos usuários	75
Gráfico 13- Nível de compreensão sem ruídos dentro do ambiente.....	76
Gráfico 14- Percepção dos usuários quanto aos ruídos externos.....	77
Gráfico 15- Relação entre percepção do ruído externo e a posição do usuário na plateia	77
Gráfico 16- Opinião dos membros em relação ao projeto de intervenção	78
Gráfico 17- dBA em tempo real- Ponto 01.....	79
Gráfico 18- dBA em tempo real- Ponto 02.....	80
Gráfico 19- dBA em tempo real- Ponto 03.....	80
Gráfico 20- dBA em tempo real- Ponto 04.....	81
Gráfico 21- dBA em tempo real- Ponto 05.....	81
Gráfico 22- dBA em tempo real- Ponto 06.....	82

LISTA DE MAPAS

Mapa 1- Localização da área de estudo	46
Mapa 2- Distância da comunidade para a zona urbana	47
Mapa 3- Localização das quatro igrejas na comunidade	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Quadro de esquadrias	64
Quadro 2- Absorção sonora dos materiais (Somatório)-CENÁRIO 01	104
Quadro 3- Absorção sonora dos materiais (Somatório)- CENÁRIO 02	106
Quadro 4- Absorção sonora dos materiais (Somatório)- CENÁRIO 03	108
Quadro 5- Absorção sonora dos materiais (Somatório)- PROPOSTA	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Relação de volumes per capita para as igrejas	43
Tabela 2 -Volume dos ambientes	63
Tabela 3 -Valores máximos e médios dos pontos de medições	82
Tabela 4 -Comparativo do <i>RLAeq</i> e <i>RLASmax</i> da normativa com o calculado.....	84

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Cálculo do nível de pressão sonora	36
Equação 2- Equação do tempo de Reverberação	38
Equação 3- Cálculo para obtenção do RLA_{eq}	61
Equação 4- Tempo de Reverberação Real (CENÁRIO 01)	67
Equação 5- Tempo de Reverberação Real (CENÁRIO 02)	68
Equação 6- Tempo de Reverberação Real (CENÁRIO 03)	68
Equação 7- Cálculo do RLA_{eq} do ambiente	83
Equação 8- Tempo de Reverberação Real (PROPOSTA)	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Prof.	Professor
Dr.	Doutor
Msc.	Mestre das Ciências
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CASA	Conforto Ambiental no Semiárido
CE	Ceará
NPS	Nível de Pressão Sonora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
V	Volume
A	Área
P	Pressão Sonora (N/m^2)
USP	Universidade de São Paulo
TR_O	Tempo de Reverberação Ótimo
TR_r	Tempo de Reverberação Real
FAUUSP	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
RL_{Aeq}	Referência do nível de pressão sonora equivalente ponderada em A, representativo de um ambiente
RL_{ASmax}	Referência do nível máximo de pressão sonora representativo de um ambiente

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
%	Porcentagem
Σ	Somatório
a_i	Coefficiente de absorção
S_i	Área do material
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
Hz	Frequência em Hertz
dB	Decibéis
log	Logaritmo
km	Quilômetro
$\sum S_\alpha$	Somatório das absorções
km ²	Quilômetro Quadrado
min	Minutos
s	segundos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. ACÚSTICA E ARQUITETURA	25
2.1. Conceitos fundamentais da acústica	25
2.2. Conforto Acústico e a Arquitetura	27
2.3. Fenômenos de propagação do som	31
2.3.1. Reflexão Sonora.....	31
2.3.2. Difração Sonora	31
2.3.3. Refração Sonora.....	32
2.3.4. Absorção sonora	33
2.3.5. Ressonância do som.....	34
2.3.6. Eco	34
2.3.7. Reverberação	35
2.4. Indicadores de qualidade acústica	36
2.4.1. Nível de Pressão Sonora	36
2.4.2. Tempo de Reverberação	37
2.5. Tratamento acústico: diferenças entre condicionamento e isolamento acústico	39
3. ACÚSTICA E AS IGREJAS	40
3.1. A igreja em estudo.....	46
4. MÉTODOS E TÉCNICAS	55
4.1. Procedimento Metodológico para o Cálculo do Tempo de Reverberação (TR).....	55
4.2. Aplicação dos Questionários	58
4.3. Equipamento e Procedimento para Obtenção do NPS da Igreja	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
5.1. Tempo de Reverberação	62
5.2. Resultado dos Questionários	69
5.3. Nível de Ruído Interno.....	78
5.4. A Proposta.....	84
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
REFERÊNCIAS	96
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO- TCLE	

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS MEMBROS DA IGREJA DE CRISTO DO SÍTIO QUIXABA, LIMOEIRO DO NORTE- CE	100
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO A AGENTE DE SAÚDE DA COMUNIDADE DO SÍTIO QUIXABA, LIMOEIRO DO NORTE- CE	102
APÊNDICE D- QUESTIONÁRIO APLICADO AO PASTOR DA IGREJA DE CRISTO DO SÍTIO QUIXABA, LIMOEIRO DO NORTE- CE.....	103
APÊNDICE E- QUADRO DO SOMATÓRIO DAS ABSORÇÕES (CENÁRIO 01)	104
APÊNDICE F- QUADRO DO SOMATÓRIO DAS ABSORÇÕES (CENÁRIO 02)	106
APÊNDICE G- QUADRO DO SOMATÓRIO DAS ABSORÇÕES (CENÁRIO 03)....	108
APÊNDICE H- QUADRO DO SOMATÓRIO DAS ABSORÇÕES (PROPOSTA).....	110
ANEXO 01- HISTÓRICO DA IGREJA DE CRISTO EM SITIO QUIXABA- ASSINADO	112

1. INTRODUÇÃO

Ao estudar a arquitetura, como um espaço planejado e construído, é possível afirmar, que além da sua forma e função, ela tem como principal objetivo alcançar conforto ambiental para os seus usuários (SILVA, 2011). O conforto ambiental, é compreendido como uma medida que avalia a satisfação do usuário de um local, o qual, o ambiente para se caracterizar como confortável deve proporcionar condições adequadas quanto a acústica, o visual, a qualidade do ar, a ergonomia e a temperatura (WEBER, 2018).

Entretanto, devido ao baixo investimento somado à falta de conhecimento em tecnologias construtivas e a utilização de materiais inadequados, tais fatores favorecem a criação de espaços que não propiciam condições térmicas, luminosas, acústicas e ergonômicas (OLIVEIRA, 2006). Assim, parte disso a necessidade de projetar uma edificação que assegure a sensação de conforto entre os usuários, pois, como afirma Mählman *et al* (2018) durante a execução da obra se torna difícil aplicar medidas que melhorem as condições de conforto ambiental.

Ao analisar uma destas vertentes do conforto ambiental, a acústica, sua relevância é corroborada devido seu papel em assegurar um ambiente confortável mediante o controle de ruídos internos e externos, garantindo uma boa distribuição e inteligibilidade do som. A fim de compreender o conforto acústico, em primeiro momento vem a necessidade de investigar qual o significado da palavra conforto, para Remorini *et al* (2021) o conceito estaria ligado ao bem-estar, que varia de pessoa para pessoa, por ser uma questão psicológica e individual. Com relação a acústica, em sua maioria, o desconforto está ligado a percepção do ruído pelo usuário, de maneira a prejudicar as suas atividades e causar problemas de saúde (perda de audição, problemas cardiovasculares e nervosos, entre outros).

Logo, a preocupação em estudar o conforto acústico se discorre em função da possibilidade de propor estratégias que impossibilitam ou diminuam o desconforto causados por sons, ou ruídos. Na atualidade, é possível verificar a crescente preocupação com o conforto acústico, seja ele interno ou externo, pois devido ao crescimento das cidades, principalmente, é constante a inquietação em relação aos níveis de poluição sonora e seus danos à saúde pública, seja ela em macro (poluição sonora urbana) ou micro (ruídos nas edificações) escala. Como é destacado:

Atualmente, a preocupação acústica não é apenas uma questão de condicionamento acústico do ambiente, mas também de controle de ruído e preservação da qualidade ambiental. A questão da acústica urbana passou a ter mais importância do que até então, pois o número de fontes produtoras de ruído é cada vez maior, e as consequências desses ruídos para o homem são cada vez mais prejudiciais. (SOUZA, ALMEIDA, BRAGANÇA, 2011, p.23).

Ainda, é fundamental compreender que para classificar se um ambiente é acusticamente confortável, além das variáveis e parâmetros normativos, a percepção dos usuários deve ser levada em consideração, uma vez que, “o estudo do conforto acústico lida, assim, com a subjetividade inerente à percepção, às preferências e à avaliação humana” (HIRASHIMA; ASSIS, p.01, 2017). Dessa forma, para a concepção de um projeto acústico, identificar o público-alvo e o uso do local, é imprescindível, assim como, as etapas de medições e simulações dos parâmetros acústicos, pois, ao investigar o conforto acústico é necessário incluir a importância da subjetividade e da percepção de cada indivíduo (REMORINI *et al*, 2021).

Com base nisso, o conforto acústico apresenta por meio de tratamentos com aplicação de materiais nas superfícies, formas e geometria da sala, a possibilidade de adequar e/ou projetar ambientes acusticamente apropriados. Na pesquisa sobre tratamento acústico dois tipos de estratégias são estudados, o condicionamento e o isolamento acústico, procedimentos utilizados a fim de alcançar inteligibilidade e clareza dos ambientes. Posto isso, o condicionamento é compreendido por tratar a distribuição do som no ambiente, já o isolamento por assegurar o nível sonoro interno apropriado (OLIVEIRA, 2006).

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de acordo com o exposto na NBR 12179 (normativa brasileira responsável pelo tratamento acústico em recintos fechados), o condicionamento acústico se caracteriza por ser um processo responsável pela busca de um tempo ótimo de reverberação, e se necessário, pela distribuição adequada do som. Contudo, o isolamento acústico, como afirmado pela normativa, é o procedimento que procura evitar a entrada ou saída, de ruídos ou sons, de um ambiente (ABNT, 1992).

Relacionando o tema de conforto acústico às igrejas evangélicas, a problemática existente se desenvolve desde a reforma protestante, com a diferenciação entre as igrejas católicas e cristãs. Isso é corroborado por Souza (2016) ao destacar que a arquitetura desta é mais simples, visualmente, com menos afrescos, esculturas, menor volume, e pé direito baixo, o que diminui a reverberação (permanência do som no ambiente) e a inteligibilidade (facilidade de compreensão do som no espaço).

Ainda, vale destacar que a partir da metade do século XX o conforto ambiental relativo à acústica nas igrejas, frequentemente não é abordado em fase projetual, o que acarreta prejuízos aos usuários e ao desempenho da edificação (MOSCATI, 2013). Um dos fatores decorrentes disso, é a escassez de pesquisas relacionadas à acústica das igrejas protestantes, e a ausência na busca de profissionais adequados, o que prejudica a qualidade acústica do ambiente construído. As transformações ao longo do tempo, também, passaram a ser determinante na acústica do local, devido os novos materiais aplicados nas construções, por exemplo, sendo isso pontuado a seguir:

[...] mas, o próprio parâmetro de qualidade acústica é decorrente da condição do ambiente construído, o entendimento do produto arquitetônico ocasionado pela evolução da religião no tempo permite realizar inferências sobre aspectos como: materiais de revestimento, forma, volume, layout e uso, que por sua vez tem implicação direta na qualidade acústica (MORAIS JUNIOR, 2020, p.15).

Não obstante, é imprescindível apontar duas situações inerentes às igrejas evangélicas. Primeiramente, o templo religioso como local de diferentes usos e sons, seja instrumental pelos louvores ou pela palavra falada nas pregações. Em conformidade disso “a acústica arquitetônica em igrejas deve ser projetada para proporcionar que a palavra seja transmitida e entendida pelos fiéis, assim como os louvores através da música” (SOUZA, 2016, p.18). Segundamente, é crucial compreender o templo como transmissor de ruído para o seu entorno, dado que contribui para a poluição sonora do seu entorno.

Assim, tendo como premissa a importância do tratamento acústico para projetos de igrejas, dentre outros ambientes que envolvam o uso de instrumentos musicais e o som da palavra falada, torna-se imprescindível o conhecimento acerca das particularidades desse espaço, a fim de evitar desconforto nos usuários, pois neste tipo de ambiente é necessária a total compreensão do que é falado na ministração, independente do cenário de ocupação do local, uma vez que a quantidade de usuários afeta diretamente na qualidade acústica de um espaço.

Somado a isso, devido à ausência de estudos relacionados a área, a relevância de uma pesquisa acerca desse tema é medida também pela parcela representativa da população evangélica brasileira, que segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) de 190 milhões brasileiros, na época, aproximadamente, 40 milhões eram evangélicos. Não só isso, em análises feitas pela Agência IBGE Notícias (2012) baseada no censo demográfico de 2010, houve um aumento da população evangélica saindo de 15,4% em 2000 para 22,2% em 2010 (IBGE, 2010).

Um ponto a ser corroborado é que até os dias atuais, a igreja apresenta um papel de expressão artística e ideológica, sendo assim considerada como um instrumento de formação moral da sociedade. Isso é afirmado por Moraes Júnior (2020), o qual destaca que o culto religioso por ser uma prática contínua, pode servir como “guia” comportamental e conduzir os valores morais e éticos dos seus seguidores, desempenhando assim, o papel de influenciador em questões sociais.

Dentre as análises encontradas relacionadas à acústica das igrejas, são verificados os estudos de parâmetros, como o ruído de fundo, o tempo de decaimento, o nível de ruído nas áreas habitadas próximas à igreja, dentre outros. Contudo, para a análise em questão, a investigação é pautada na verificação do tempo de reverberação e do nível de pressão sonora do salão da igreja em estudo.

Sendo assim, a pesquisa se desenvolve mediante a verificação da ausência de um tratamento acústico na Igreja de Cristo do Sítio Quixaba em Limoeiro do Norte-CE, o objeto de estudo desta pesquisa. A questão problema é delineada, tendo em vista que a igreja em estudo, não está adequada acusticamente, sendo elaborada a seguinte pergunta: quais estratégias podem ser utilizadas na elaboração de um projeto acústico para o local?

Com base nas discussões apresentadas e na relevância da pesquisa, é definido como objetivo geral deste estudo: **Propor um projeto de tratamento acústico para o salão de uma igreja evangélica no município de Limoeiro do Norte- Ceará, de acordo com o tempo de reverberação e o nível de pressão sonora adequado ao local.** A fim de alcançar o objetivo central deste trabalho, se tem como objetivos específicos:

- **Estudar** acerca dos parâmetros de conforto acústico e metodologias para obter um ambiente acusticamente adequado;
- **Identificar** as relações existentes entre a arquitetura de igrejas (configuração espacial, volumes, materiais, etc), suas atividades a acústica, e o objeto de estudo;
- **Definir e apresentar**, os materiais e técnicas necessárias para a conferência dos parâmetros acústicos definidos;
- **Analisar**, o Tempo de Reverberação (TR) e o Nível de Pressão Sonora (NPS) do ambiente em estudo;
- **Elaborar/Desenvolver** uma proposta de adequação do local de acordo com os dados obtidos;

Por conseguinte, a justificativa desse estudo se caracteriza devido ao seu caráter social, científico e o pessoal, que se interligam mediante a escolha do objeto de estudo. O aspecto social desta investigação é formado em razão da elaboração de um projeto que visa promover melhorias em uma edificação histórica e religiosa, a qual desempenhou um papel importante para o crescimento da localidade. O caráter científico surge na percepção da necessidade de investigar a qualidade acústica no interior do templo de oração.

As questões pessoais são expressas pelo vínculo da autora com o objeto de estudo, a igreja, a qual é membro desde a sua infância, por volta dos seis anos de idade. Além disso, devido a sua participação no projeto de pesquisa CASA (Conforto Ambiental no Semiárido) inserida no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), onde adquiriu conhecimentos no qual ao verificar o edifício em estudo, ao longo dos anos, foi possível constatar a ausência de estratégias de tratamento acústico, demonstrando, assim, uma necessidade de estudar métodos para obter a qualidade acústica no ambiente.

Logo, o trabalho é explanado com base em duas inferências, primeiramente, a análise do tempo de reverberação do salão da edificação, e em segundo plano, a aferição do nível de pressão sonora, internamente. Assim, ao longo dos capítulos serão apresentados, em primeira instância (**Capítulo 2**), os aspectos relacionados à arquitetura e acústica, desde o contexto histórico às estratégias e parâmetros acústicos. Além disso, se faz uma abordagem sobre a relevância da acústica nas igrejas e a descrição do objeto de estudo (**Capítulo 3**). No **Capítulo 04** são apontados os métodos e técnicas utilizadas para a elaboração da pesquisa. Por fim, no **Capítulo 05** os resultados e discussões são explanados, juntamente com a proposta de adequação do espaço estudado.

Dessa maneira, acredita-se com base nos aspectos já explanados, que será possível apresentar soluções para as problemáticas que foram verificadas no ambiente. Logo, a elaboração de um projeto com aplicação de estratégias de tratamento acústico adequadas para o ambiente existente, podem solucionar questões como a influência do ruído interno e o tempo de reverberação do salão do templo.

2. ACÚSTICA E ARQUITETURA

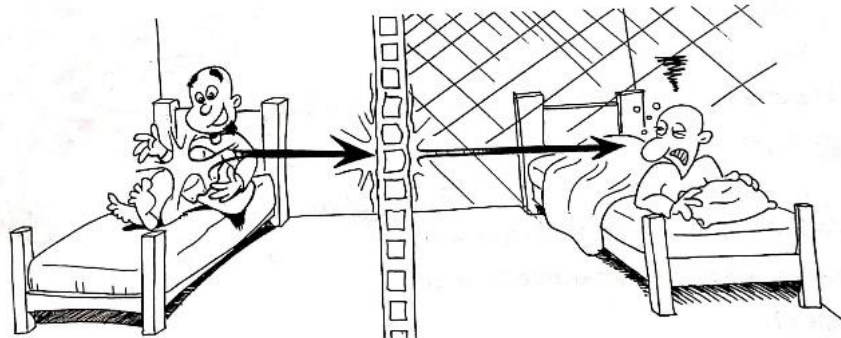
2.1. Conceitos fundamentais da acústica

Entende-se a acústica como a ciência responsável pelo “estudo do som/ruído e sua propagação, podendo ocorrer em meio líquidos, gasosos ou sólidos, e suas relações com o ser humano” (REMORINI *et al*, 2021, p.108). Ching e Binggeli (2014, apud REMORINI *et al*, 2021), todavia, defende que a acústica é a área da física que aborda métodos de controle da transferência e recepção dos efeitos do som.

Para compreender o conforto acústico e as distintas maneiras como atua, é necessário em primeiro momento, entender quais variáveis são responsáveis pelas estratégias adotadas que objetivam alcançar um ambiente acusticamente adequado. Duas destas, são o som e o ruído, grandezas encarregadas pela inteligibilidade sonora em um recinto. O som, segundo Bistafa (2018), são vibrações de partículas presentes no ar que são propagadas através de estruturas vibrantes, sendo essa sensação de vibração produzida no sistema auditivo. Para Costa (2003, p.1) o som é o “resultado das vibrações dos corpos elásticos, quando essas vibrações se verificam em determinados limites de frequências”.

O som, por se transmitir em função de vibrações torna-se crucial conhecer quais materiais são vibrantes e quais são densos, a fim de evitar a passagem de ondas sonoras de um ambiente para outro, por exemplo (Ver Figura 1). Como cita Souza, Almeida e Bragança (2011, p.24) fazendo referência ao tipo de material: “se o som pode ser percebido através de dois ambientes, que contam com uma superfície de separação entre eles (exemplo: uma parede), isso significa que a superfície é um meio vibrante, por menor que seja essa vibração”.

Figura 1- Transmissão sonora entre paredes



Fonte: Souza, Almeida e Bragança, 2011, p.24

Ademais, a intensidade do som é outro fator a ser estudado, tendo em vista que “é a energia com que o som chega ao receptor” (CARVALHO, 2010, p.28). Ainda para Carvalho (2010), em comparação com a frequência sonora, essa última atua de forma mais presente na determinação da nocividade do som, uma vez que, ela é definida em consequência do número de oscilações por unidade de tempo. Assim, sons com maiores frequências são considerados agudos, e com baixa frequência graves. Por fim, em relação a sua velocidade, há uma relação direta entre a rapidez da sua propagação e a densidade do meio, ou seja, quando mais denso maior a velocidade.

Um dos casos em que pode ser verificada a importância da intensidade do som é quando acontece o mascaramento do som, no qual há a sobreposição de sons ao mesmo tempo no ambiente, onde o de maior intensidade se sobrepõe em detrimento ao de menor intensidade (CARVALHO, 2010).

O ruído, por sua vez, é o som considerado indesejável, podendo ser avaliado como desagradável a depender do contexto e receptor/usuário do local, e a partir de determinado ponto é capaz de causar perda de audição, incômodo, *stress* dentre outras problemáticas (BISTAFÁ, 2018). Logo, é considerado como ruído “qualquer fonte sonora que interfira na atividade de determinado ambiente interno ou externo” (SILVA, 2011, p.33). Mesmo sendo um som indesejável, não necessariamente, de acordo com Silva (2011) precisa ser extinguido dos ambientes, pois ele desempenha papel fundamental na inteligibilidade da palavra.

Na NBR 10152 são apresentados os níveis de pressão sonora em decibéis (dB) de acordo com o recinto (Figura 2), pois quando há “exposição excessiva a sons de alta intensidade por longa duração pode causar danos psicológicos e físicos irreversíveis” (CARVALHO, 2010, p.47).

Figura 2- Tabela 03 da NBR 10152 com valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com a suas finalidades de uso (continua)

Finalidade de uso	Valores de referência		
	RL_{Aeq} (dB)	RL_{ASmax} (dB)	RL_{NC}
Aeroportos, estações rodoviárias e ferroviárias			
Áreas de <i>check-in</i> , bilheterias	45	50	40
Salas de embarque e circulações	50	55	45
Centros comerciais (<i>shopping centers</i>)			
Circulações	50	55	45
Lojas	45	50	40
Praças de alimentação	50	55	45
Garagens	55	60	50
Clínicas e hospitais			
Berçários	35	40	30
Centros cirúrgicos	35	40	30
Consultórios	35	40	30

Fonte: ABNT, 2017, p.12

2.2. Conforto Acústico e a Arquitetura

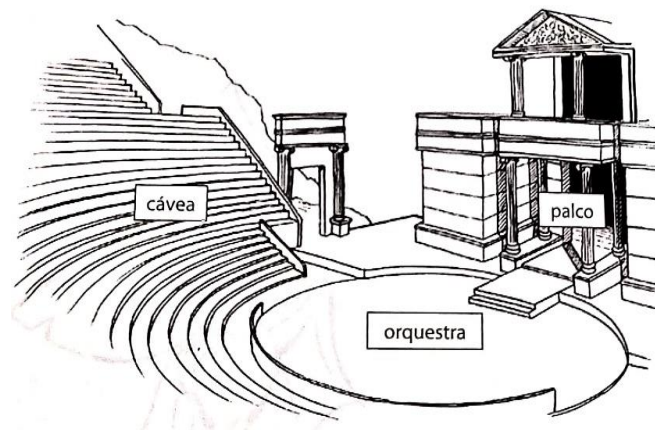
Ao investigar a história da acústica inerente à origem dos espaços remetidos à comunicação e canto, se tem como uma das primeiras referências os teatros ao ar livre da Antiguidade, na Grécia e Roma. De acordo com Stierlin (1994, apud MOSCATI, 2013), estes eram construídos, em geral, distantes do centro da cidade. Segundo Souza, Almeida e Bragança (2011), para os gregos esses espaços eram destinados à realização de cultos religiosos que acompanhavam as apresentações de danças, corais e usos de máscaras.

Em detrimento das características arquitetônicas, nos teatros gregos ao ar livre, devido a topografia do terreno que em sua maioria eram sítios inclinados, os assentos não eram dispostos em um mesmo piso, o que garantia a chegada do som aos pontos mais distantes do teatro (MOSCATI, 2013). Porém, em alguns casos, quando dispostos em pisos planos, sem desníveis, a configuração da plateia também beneficiava a acústica do local, uma vez que as pessoas funcionavam como observadores sonoros (BERANEK, 1962, apud MOSCATI, 2013), pois eram obstáculos absorvendo parcela da energia sonora.

Arquitetonicamente, Souza, Almeida e Bragança (2011) discorre, que em sua maioria, os teatros gregos enquadravam espaços padrões definidos: cávea (arquibancadas semicirculares destinadas aos espectadores); orquestra (espaço para as apresentações de danças e tragédias); e o palco, que era localizado próximo a orquestra, o qual servia como entrada de ação dos atores

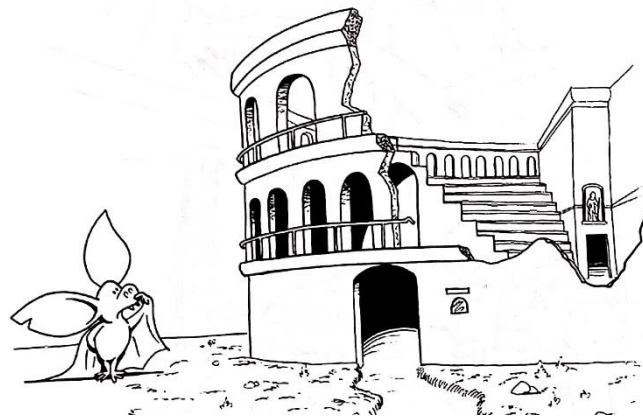
(Figura 3). Contudo, já nos teatros romanos, a sua estrutura se mostrava independente da topografia do local, a qual era apoiada em escadas e corredores, que tomavam formas semicirculares que abraçavam a cávea, o que possibilitava a criação de monumentos verticais, como por exemplo, os anfiteatros (Figura 4).

Figura 3- Teatro Grego



Fonte: Carvalho, 2010, p.16

Figura 4- Teatro Romano com estrutura elevada (Anfiteatro)



Fonte: Carvalho, 2010, p.17

No que diz respeito a acústica dos recintos romanos é possível realizar uma comparação com as conchas acústicas, devido a sua forma arquitetônica. Como destaca Souza, Almeida e Bragança (2011, p.18): “Dos romanos, observou-se a possibilidade de reforço sonoro, por meio do aumento das superfícies verticais da edificação construída atrás do palco e de reflexões laterais, exercendo o papel atualmente desempenhado pelas conchas acústicas. ”

Ainda assim, mesmo com tais contribuições acústicas da antiguidade, na contemporaneidade, muitas vezes medidas para a garantir a qualidade acústica de um espaço são negligenciadas. Assim, como aponta Souza, Almeida e Bragança (2011), é comum, nas

edificações recentes o emprego de novos materiais, em sua maioria leves, que contribuem para um baixo isolamento acústico, que somado ao fator de expansão do traçado urbano ao longo da história, agrava os problemas acústicos presentes no dia a dia dos usuários do local. Outro fator determinante apresentado por Remorini *et al* (2021, p.111) é que:

A acústica arquitetônica é pensada para locais onde a exigência de controle de som seja necessária, como um ambiente com uma máquina barulhenta, por exemplo. Porém, em um ambiente comum de trabalho, como o escritório, pensar e planejar o espaço pode tornar o dia a dia de cada indivíduo melhor.

Saindo do foco do objeto de pesquisa (as igrejas), para exemplificar a ausência de preocupação em relação a acústica dos locais, nas residências, por exemplo, mesmo com a presença da Norma brasileira de desempenho (ABNT NBR 15575-Desempenho de edificações habitacionais), mediante a pouca aplicação da normativa em fator da ausência de fiscalização e do conhecimento por parte da população, as edificações são construídas sem seguirem os parâmetros estabelecidos, e para modificar a base estrutural se torna inviável (HIRASHIMA, ASSIS, 2017, apud REMORINI *et al*, 2021). Dessa maneira, adotar algumas das estratégias, como o uso de materiais acústicos, podem ser consideradas como mecanismos de controle dos ruídos internos e externos.

Em contraponto às problemáticas verificadas, é possível determinar mediante as normativas e leis brasileiras estratégias, parâmetros e materiais adequados para se garantir o conforto acústico de uma edificação não residencial no seu entorno, sendo estas:

- **ABNT NBR 10151 (2019):** Norma Brasileira que estabelece o procedimento para aferição do nível de pressão sonora em ambientes externos e internos as áreas habitadas;
- **ABNT NBR 10152 (2017):** Norma Brasileira que trata acerca de orientações para análise e aferição dos níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações;
- **ABNT NBR 12179 (1992):** Norma Brasileira responsável por firmar orientações necessárias para o tratamento acústico em recintos fechados;

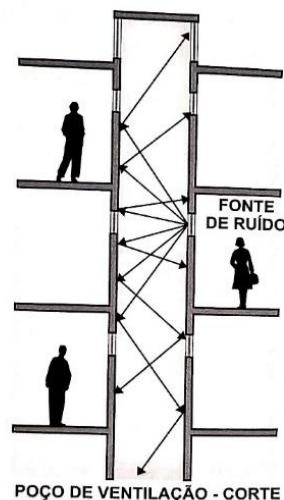
Além disso, acusticamente, dentre as estratégias que podem ser adotadas para promover o controle do ruído em ambientes internos, se tem, por exemplo, a aplicação de materiais absorventes e o estudo da forma do espaço. Quanto ao controle de ruídos externos para os ambientes internos a análise parte, principalmente, do tipo de envoltória escolhida, pois é um fator determinante no isolamento de um espaço.

Outro aspecto a ser analisado é o tipo e a função do ambiente. Em recintos fechados, como posto por Amorim e Licarão (2005) a linearidade da sua forma (paredes e teto) influencia no comportamento do som, quanto mais irregular, a reflexão sonora sofre maior desvio e enfraquecimento da sua energia. Além disso, a capacidade de absorção e o volume do compartimento são determinantes. Ching e Binggeli (2012, apud REMORINI *et al*, 2021) afirma que para espaços internos os sons desejados devem ser preservados e os que prejudicam eles, eliminados. Em recintos abertos (concha acústica), não obstante, pretende-se que o som se direcione e se concentre sobre a plateia devido a forma côncava.

As estratégias para diminuir o ruído internamente e externamente de um ambiente/edificação podem variar desde a aplicação de materiais (porosos, absorventes ou reflexivos), a o uso de diferentes tipos de esquadrias, como também, na fase projetual, a criação de espaços que funcionem como barreiras acústicas, atenuadores de ruídos. As esquadrias acústicas, por exemplo, são as que tem o desempenho de isolamento acústico superior aos tipos de esquadrias convencionais, alguns exemplos são as compostas por vidro com mais de uma camada (CARVALHO, 2010).

Em outro caso, por exemplo, é o uso de poços de ventilação em edifícios, os quais são utilizados como meio para promover ventilação em banheiros. Porém, como aponta Carvalho (2010) devido às inúmeras aberturas, o elemento adquire a função de fonte/receptor de ruídos, pois a propagação se distribui em todas as direções (Ver Figura 5).

Figura 5- Corte: Poço de Ventilação



Fonte: Carvalho, 2010, p.111

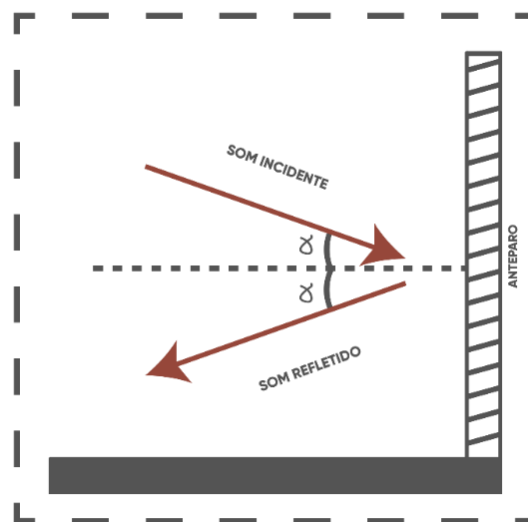
Em consolidação aos pontos apresentados e discutidos, conclui-se que para ocorrer controle do ruído interno ou externo e boa distribuição do som, na concepção de um projeto arquitetônico é indiscutível a necessidade de analisar o tipo de material da envoltória, a forma e volume do ambiente, bem como, o layout e os materiais dos mobiliários, a fim de assegurar o conforto acústico. E quesitos como **tempo de reverberação, estudo sobre a reflexão e absorção do som** devem ser praticados em conjunto para um projeto completo. Devido a isso, nos tópicos seguintes são exemplificados fenômenos, conceitos e procedimentos que serão essenciais para os resultados e discussão do trabalho.

2.3. Fenômenos de propagação do som

2.3.1. Reflexão Sonora

A reflexão é o fenômeno responsável pela perda de energia de um raio sonoro, ou seja, a depender do número de reflexões sofridas, quanto maior, menor é a intensidade de um raio sonoro (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, p. 36, apud, SILVA, 2011). Ver Figura 6 a seguir:

Figura 6- Esquema: Reflexão Sonora



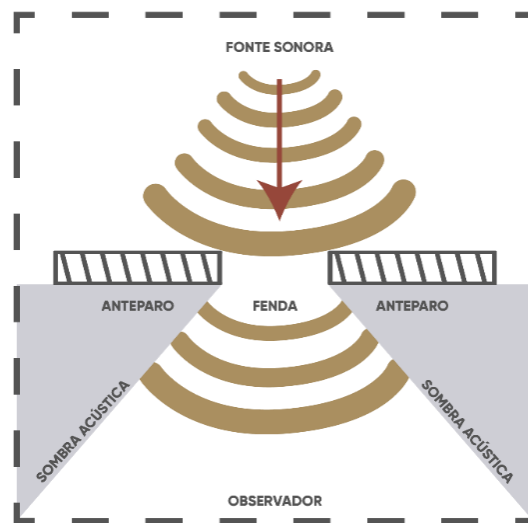
Fonte: Autora, 2022

2.3.2. Difração Sonora

A difração do som se refere à capacidade de o som transpassar obstáculos entre a sua fonte e o receptor, o qual durante o processo há uma diminuição da sua intensidade e mudança na sua direção (CARVALHO, 2010).

Costa (2003) destaca que para distintos tipos e tamanhos de obstáculos, o tipo de reflexão sonora muda, por exemplo, “quando um obstáculo encontrado pela onda sonora não é de grande dimensão em relação ao seu comprimento de onda, os caminhos seguidos pelos raios sonoros não podem ser definidos” (COSTA, 2003, p.39). Entretanto, em caso de pequenas aberturas o mesmo autor afirma que o som se propaga uniformemente em todas as direções. Ver Figura 7 a seguir:

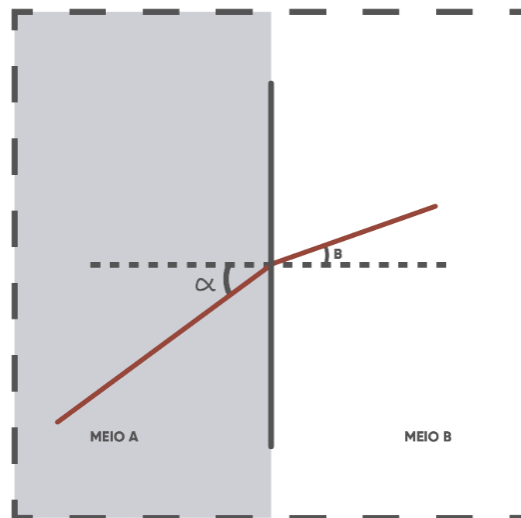
Figura 7- Esquema: Difração Sonora



Fonte: Autora, 2022

2.3.3. Refração Sonora

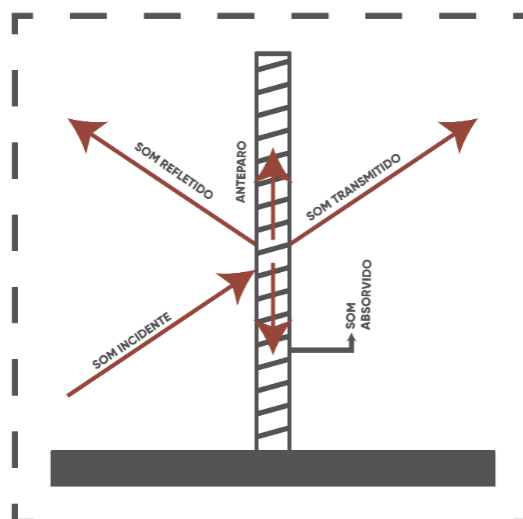
Quando há a mudança da direção de uma onda sonora ao passar de um meio de propagação para outro, se entende que aconteceu a refração sonora (CARVALHO, 2010). Ver a Figura 8 a seguir:

Figura 8- Esquema: Refração Sonora

Fonte: Autora, 2022

2.3.4. Absorção sonora

Na absorção sonora o ponto de interesse vem, pela aplicação correta dos materiais, pois, de acordo com Silva (2011) é importante levar em consideração o coeficiente de absorção que depende do tipo de material aplicado, que varia com o tipo de frequência sonora (Ver Figura 9).

Figura 9- Esquema: Absorção Sonora

Fonte: Autora, 2022

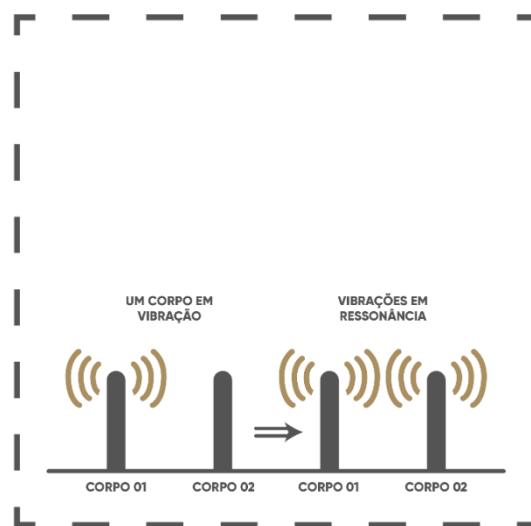
Como apresentado por Souza, Almeida e Bragança (2011, p.127-128):

A capacidade de absorção sonora é uma característica comum a todos os materiais de construção, diferenciando-se entre eles o grau com que absorvem e a maneira com que promovem a absorção. A absorção resulta de uma alteração da energia sonora em outra forma de energia, geralmente calor. Essa capacidade do material é indicada pelo coeficiente de absorção (Tabela 16). O coeficiente de absorção representa a porcentagem de som que é absorvido, ou deixa de ser refletido, em relação ao som incidente.

2.3.5. Ressonância do som

Quando um corpo oscila por receber vibrações elásticas do meio circundante, entrando em vibração forçada correspondente a frequência da vibração do próprio corpo, se diz que está acontecendo a ressonância (COSTA, 2003). Um dos exemplos é o que acontece em pequenas massas, como copos de cristais (Figura 10), ao vibrarem por influência de outro corpo e tenderem a quebrarem (CARVALHO, 2010).

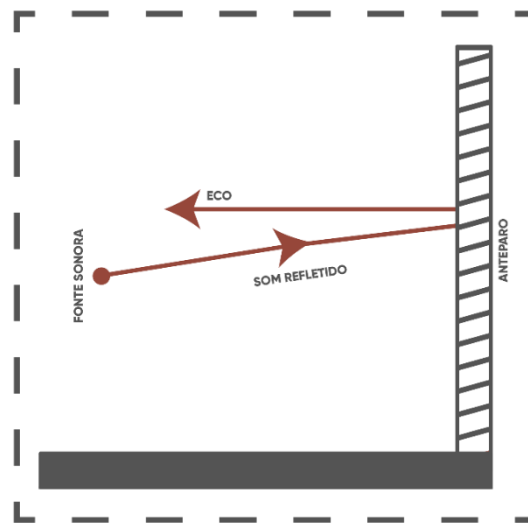
Figura 10- Esquema: Ressonância Sonora



Fonte: Autora, 2022

2.3.6. Eco

Esse fenômeno é característico por ocasionar problemas na propagação do som em ambientes de grandes dimensões, segundo Costa (2003) quando o som refletido ocasiona outra sensação auditiva, diferente da emitida, havendo repetição do som original em um intervalo de tempo superior a 1/15 segundos, esse episódio se chama de eco (Figura 11).

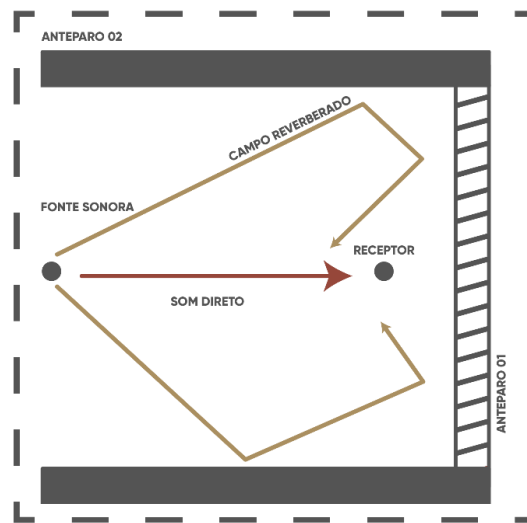
Figura 11- Esquema: Eco

Fonte: Autora, 2022

Um tipo característico de eco é o palpitante, que se manifesta mediante a sucessivas reflexões entre paredes paralelas do ambiente (CARVALHO, 2010).

2.3.7. Reverberação

Diferentemente do eco que se caracteriza pela repetição do som, a reverberação está relacionada à permanência do som no ambiente mediante às reflexões constantes do som pelas paredes (COSTA, 2003). Dessa forma, Costa (2003) define: “Uma reverberação excessiva ocasiona confusão e ininteligibilidade, enquanto uma reverberação escassa torna o ambiente surdo, e o nível sonoro decresce muito rapidamente ao afastar-nos da fonte” (COSTA, 2003, p.44). Ainda, para Carvalho (2010) o termo faz referência ao prolongamento do som, em recintos fechados, de maneira que se prolongue o necessário para garantir a inteligibilidade em locais mais afastados da sua fonte produtora (Figura 12).

Figura 12- Esquema: Reverberação

Fonte: Autora, 2022

2.4. Indicadores de qualidade acústica

2.4.1. Nível de Pressão Sonora

Diferentemente da intensidade sonora, o nível de pressão sonora (NPS), medido em dB (decibéis), é um fator de sensação subjetiva, uma vez que, esse parâmetro contribui para a estabelecer a sensação do nível de ruído em um ambiente, o qual varia para cada usuário. Como define Silva (2011, apud MORAIS JUNIOR, 2020), o indicador reflete a sensação de som com relação ao estímulo gerado pela fonte. Para Koehler (2015, REMORINI *et al*, 2021) o nível de pressão sonora seria um sinônimo do nível de ruído. Assim, como aponta REMONI *et al*, 2021, p.92: “ [...]para avaliar os problemas de ruído ambiente, essa medição deve ser realizada por um medidor de nível de pressão do som (decibelímetro), que seja de acordo com as normas”.

Logo, a proporção que se distancia da fonte sonora, a energia do som diminui, por isso, uma das estratégias a ser adotadas em caso de auditórios, teatros, dentro outros, é a aplicação de desníveis nas arquibancadas, por exemplo. Portanto, ao analisar o nível de pressão sonora e sua relação com a atenuação do som devido à distância, quanto maior o afastamento da fonte sonora menor o ruído. Em vista disso, conforme Guimarães (2005, apud REMORINI *et al*, 2021) o nível de pressão sonora é medido pela seguinte fórmula (Equação 1):

Equação 1- Cálculo do nível de pressão sonora

$$NPS = 10 \log(P^2/P_0^2)$$

Onde:

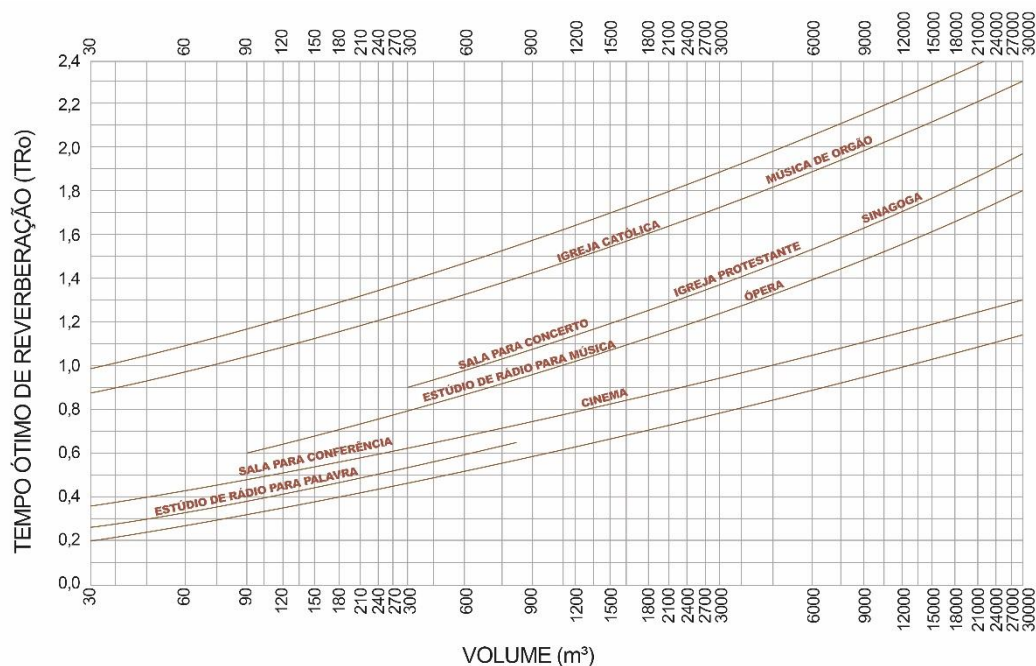
- P = pressão sonora (N/m^2)
- P_0 = pressão sonora de referência ($2 \times 10^{-5} N/m^2$)

2.4.2. Tempo de Reverberação

Como descrito na NBR 12179 o tempo de reverberação (TR) equivale ao tempo necessário para que um som deixe de ser ouvido e sofra um decréscimo de 60 dB após a finalização da transmissão da sua fonte sonora (ABNT, 1992). Segundo Carvalho (2010, p.93): “é o intervalo de tempo necessário para que o nível de intensidade de um determinado som decresça 60 dB após o término da emissão de sua fonte”.

A preocupação quanto à necessidade de controlar esse parâmetro se desenvolve pois quando o tempo de reverberação se torna longo em excesso no ambiente acontece uma sobreposição de sons prejudicando a inteligibilidade, e se o som se ausentar de imediato, a percepção dos usuários em pontos mais afastados seria dificultada (CARVALHO, 2010). Devido a isso, é aplicado o tempo de reverberação ótimo, o qual determina o valor em segundos adequado para um recinto, considerando seu uso e volume (ABNT, 1992) na frequência de 500 Hz (Ver Figura 13).

Figura 13- Gráfico do tempo de Reverberação para os diferentes usos (NBR 12179)



Fonte: Autora, 2021, adaptado da ABNT, 1992, p.9

Para o cálculo do tempo de reverberação, deve ser computado o valor da absorção dos materiais e o volume totais do recinto, pois, como afirma Souza, Almeida e Bragança (2011, p. 127): “Quanto maior a quantidade de materiais absorventes, menor o tempo de reverberação”. Deste modo, é aplicada a fórmula de Wallace Sabine (Equação 2):

Equação 2- Equação do tempo de Reverberação

$$TR = 0,161 \times \frac{V}{A}, \text{ onde } A = \sum S_i \times a_i$$

Fonte: Carvalho, 2010, adaptado pela Autora, 2022

Sendo S_i equivalente a área do material, a_i o coeficiente de absorção e V o volume do recinto. Tal equação serve para calcular o tempo de reverberação real de um ambiente (método aplicado no decorrer do trabalho) a partir do coeficiente de absorção pré-definido para cada material. Logo, em uma superfície absorvente, há uma relação diretamente proporcional entre a área do material (S_i) e o coeficiente de absorção do material (a_i). Contudo, visto que o tipo de material influencia na absorção sonora, Souza, Almeida e Bragança (2011) discorre acerca dos tipos, fazendo a seguinte listagem:

- Materiais porosos ou fibrosos: aqueles que contêm na sua composição uma rede de poros interligados, que tendem a ser mais absorvente em frequências elevadas, alguns exemplos desse tipo, são as fibras de vidro, feltro, lã mineral, dentre outros.
- Painéis ou membranas vibratórias: materiais desse tipo são mais eficientes se submetidos à baixa frequência, pois a absorção desses é obtida mediante a deformação sofrida pelo sistema de montagem, uma vez que são superfícies instaladas sobre outra (sólida).
- Ressoadores: são materiais que se conectam com outro ambiente por meio de uma pequena abertura que funciona como cavidade, onde o ar fica contido.

Finalizado as demonstrações de fórmulas e tipos de materiais, Souza, Almeida e Bragança (2011, p.134) destaca que:

Para cada tipo de sala existe um tempo de reverberação (TR) apropriado, com base no volume da sala e nas frequências sonoras das fontes. Esse tempo é chamado tempo ótimo de reverberação. [...]. Toda vez que se tem o objetivo de adequar o ambiente acusticamente, deve-se procurar obter um tempo de reverberação próximo àquele que é considerado ótimo para a função daquela sala.

2.5. Tratamento acústico: diferenças entre condicionamento e isolamento acústico

Ao discutir sobre tratamento acústico, é imprescindível investigar os aspectos que diferenciam o condicionamento do isolamento acústico. Em primeira instância vale destacar alguns pontos que resumem a especificidade do que seria um ambiente acusticamente tratado, uma vez que esses são produtos decorrentes dos procedimentos que serão exemplificados a seguir.

De acordo com Carvalho (2010), em síntese, um espaço com tratamento acústico, assegura as condições de audibilidade e os ruídos externos e internos são bloqueados. Para tais fins, o condicionamento acústico vem como estratégia que visa alcançar o tempo ótimo de reverberação e garantir uma distribuição do som necessária para o uso do local, pois como aponta Carvalho (2010, p.92):

Condicionar acusticamente um recinto consiste em darmos a ele as melhores condições de audibilidade interna. E isso se faz segundo duas providências fundamentais:

- corrigir o tempo de reverberação (t_r) do recinto com base nas absorções acústicas internas;
- promover a melhor distribuição possível dos sons gerados internamente via superfícies refletoras (e/ou absorventes) de sons, conforme uma geometria interna apropriada para o recinto.

Por exemplo, no condicionamento acústico algumas estratégias podem ser analisadas para controlar a distribuição do som, como: estudo sobre o volume (m^3) e os materiais das superfícies da sala (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2012, apud MORAIS JÚNIOR, 2020). Logo, para o condicionamento acústico, são realizados estudos geométrico-acústicos do recinto e o cálculo de reverberação (ABNT, 1992). Para o condicionamento, de acordo com a normativa, um levantamento arquitetônico da geometria deve ser realizado, e se necessário, como intervenção, “a geometria do recinto pode assim sofrer modificações tanto em planta como em corte, necessárias à boa distribuição do som” (ABNT, 1992, p.3). O tempo de reverberação, por sua vez, é definido de acordo com a função de espaço e seu volume correspondente.

No isolamento acústico interno, os métodos são aplicados de acordo com os valores definidos na NBR 10152 (normativa brasileira que estabelece parâmetros para a aferição de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações). Nele há a aferição do nível de som do ambiente, e após isso, é analisada a necessidade da aplicação de materiais isolantes,

ainda, “deve-se levar em conta a natureza dos ruídos ou sons e isolar (aéreos ou de impactos)” (ANBT, 1992, p.3).

Dessa forma, é possível corroborar que o isolamento acústico, visa impedir que os sons externos entrem no ambiente, e vice-versa. Para isso, dois tipos de isolamento devem ser verificados conforme Amorim e Licarão (2005): o aéreo que é aplicado quando o ruído/som é propagado pelo ar, sendo a sua utilização dependente da frequência do som incidente, e das propriedades construtivas da parede, que quanto mais densa, mais eficiente é o isolamento; o isolamento de impacto, ocorre quando o ruído é transmitido através dos meios sólidos. Portanto, a aplicação do isolamento acústico, de acordo com a NBR 12179 se dá por meio do uso adequado de materiais que possibilitam ao ambiente, impermeabilidade acústica (ABNT, 1992).

No estudo em questão, a verificação do isolamento se dará em detrimento da medição do nível de pressão sonora (dB) quanto a eficiência da envoltória da edificação, sendo realizado seguindo as orientações da NBR 10152 (2017).

3. ACÚSTICA E AS IGREJAS

Ao trazer a investigação para a origem das igrejas cristãs, um espaço a ser posto como ponto de partida são as sinagogas, locais destinados ao estudo e oração, que funcionavam como centros de encontro para a comunidade, as quais foram originadas na época do Tabernáculo, como mencionado no antigo Testamento (BÍBLIA, 1969, apud MOSCATI, 2013). Historicamente, não é possível afirmar por meio de documentos a existência da acústica nos templos religiosos antigos, como o de Salomão, porém, mediante a grandiosidade da arquitetura presente nesses espaços, é plausível inferências que esses eram locais reverberantes (MOSCATI, 2013).

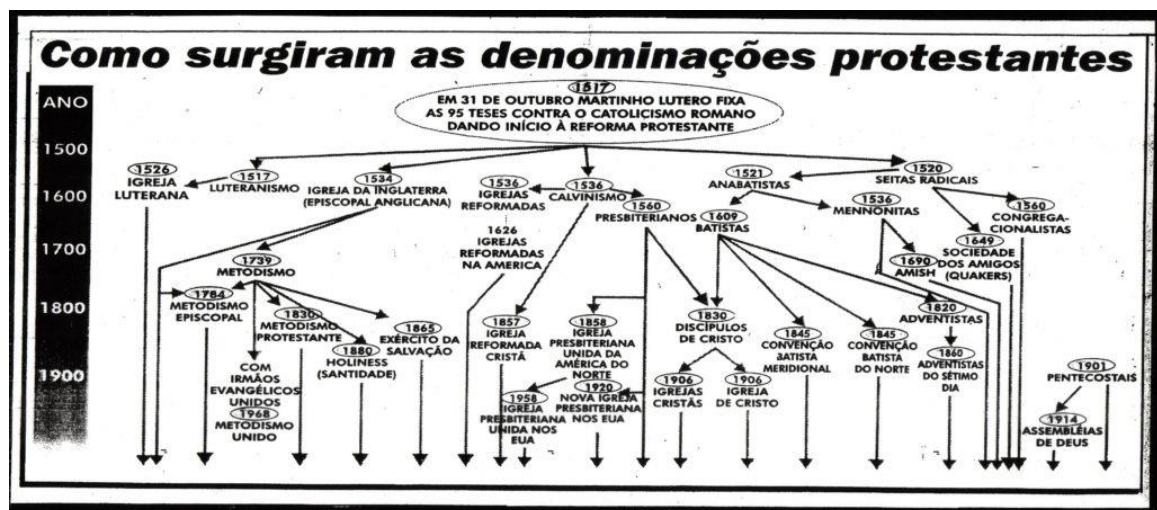
Antes de discutir acerca da arquitetura e usos dessas igrejas, em primeiro plano, é indispensável compreender os tipos de denominações das igrejas protestantes, pois para cada categoria há um sistema de liturgia e pregações, os quais influenciam muitas vezes no uso do espaço e assim, na qualidade acústica do local, tendo em vista que para algumas a palavra/pregação é predominante, enquanto em outras, a ministração dos louvores. Isso é corroborado a seguir:

[..], percebe-se que os usos sonoros predominantes na Igreja Evangélica correspondem à predominância de palavra falada – pela necessidade de que a

mensagem seja recebida pelo ouvido de maneira racional – presente na classificação das igrejas *tradicionais* ou *históricas*, e à divisão entre palavra e música em graus de importância semelhantes, pois em alguns casos a música também se torna um recurso de transmissão da mensagem pregada. A segunda correspondência diz respeito à categoria denominada *experencial* ou *contemporânea* (MORAIS JÚNIOR, 2020, p. 26).

No Brasil, a análise sobre os tipos de denominações protestantes (Figura 14) parte da data entre 1500 e 1654 quando se deu o início da presença da religião protestante no país, por meio dos franceses e holandeses, principalmente (CARREIRO, 2007, apud MORAIS JÚNIOR, 2020). Como aponta Cavalcanti (2000, apud MORAIS JÚNIOR, 2020) a primeira classificação das denominações protestantes no contexto brasileiro, se desenvolveu em quatro diferentes correntes: os luteranos e anglicanos na primeira; os presbiterianos na segunda; os batistas e congregacionais na terceira; e por fim, os pentecostais, na quarta.

Figura 14-Denominações das Igrejas Protestante



Fonte: Xandelly, 2018¹, apud Moraes Junior, 2020

Ainda, do ponto de vista cronológico, as igrejas cristãs após a Reforma Protestante, apresentaram mudanças na sua arquitetura e consequentemente, na sua acústica. Como afirma Souza (2016), anteriormente a isso, as igrejas possuíam características arquitetônicas expressivas, as Basílicas do Período Constantino, por sua vez, eram grandes, cobertas por telhados e reverberantes. Nessa época, novas doutrinas foram empregadas e com isso o uso do local foi mudado, “a palavra falada não era entendida e a consequência foi o crescente abandono da liturgia falada em favor da liturgia musical” (SOUZA, 2016, p.36). Como ainda é destacado por Souza (2016), com o rompimento do catolicismo causado por Martinho Lutero, neste

¹ Disponível em: <https://vidadeteologo.com.br/igrejas-protestantes-surgimento-denominacoes-historia-e-cronologia-no-brasil/>

período, por volta do século XVI, houve a necessidade de uma doutrina que entendesse a palavra pregada, ver a seguir:

Acusticamente, os templos evangélicos foram construídos para um menor tempo de reverberação para que o ambiente fosse mais “seco” e a pregação inteligível. A música litúrgica teve que se adaptar ao novo ambiente com melodias mais simples e tonais já que o discurso era o mais importante. As igrejas evangélicas também possuem um pé-direito menor que as católicas, diminuindo o volume e deixando o ambiente menos “vivo”. Além disso, os templos não mais ornamentados e preocupados com a aparência e esculturas de homens, já que não rezam mais a santos e não consideram o templo sagrado ou santo, mas que a atividade realizada no templo o torna um espaço sagrado (SOUZA, 2016, p.36).

Dentre as atividades presentes em uma igreja evangélica que devem ser levadas em consideração na elaboração de um projeto acústico, são listadas três: a palavra falada do púlpito para a congregação, o canto e a performance da música tocado no palco e ouvida pela plateia (SOUZA, 2016). Ainda, para Costa (2008, apud MORAIS JÚNIOR, 2020), na prática religiosa a música desempenha um papel importante para a qualidade espiritual do usuário.

Entretanto, ainda é possível verificar distintos fatores que podem prejudicar a acústica das igrejas evangélicas, indo desde o tipo de arquitetura ao uso do espaço. De acordo com Moraes Junior (2020) nestes locais não há uma arquitetura típica o que contribui para a problemática acústica, não só isso, a existência de diversas atividades integrantes do culto, como orações, músicas, peças teatrais, dança e pregação, varia, podendo ser mais amena ou ruidosa de acordo com a denominação, o que dificulta definir um padrão de medição. Dessa forma, devido às diferenciações das doutrinas na religião evangélica ao longo da história, estas alteram de alguma maneira as liturgias dos cultos e por sua vez, os correspondentes usos acústicos (JONES, 2011, apud, MORAIS JÚNIOR, 2020).

Para compreender ainda como os tipos de igrejas interferem para as soluções a serem adotadas para a acústica de um local, de acordo com experiências apresentadas por Carvalho (2010), volumes impróprios as funções dos ambientes tendem a dificultar a correção do tempo de reverberação, necessitando assim, de um uso substancial de materiais refletores e/ou absorventes. Com isso, Carvalho (2010) faz uma relação entre o volume *per capita* em função do tipo de ambiente, ver Tabela 1.

Tabela 1-Relação de volumes *per capita* para as igrejas

Ambiente	V mínimo	V bom	V máximo
Igrejas católicas	5,1 m ³	8,5 m ³	12,0 m ³
Outras igrejas	5,1 m ³	7,2 m ³	9,1 m ³

Fonte: Carvalho, 2010, p.99, adaptado pela Autora, 2022

Dentre outras características que podem ser listadas para a arquitetura de um templo evangélico que busca manter a qualidade acústica são:

- Estabelecer um pé direito com altura entre 3,0 e 4,5 metros de forma a proporcionar retorno para a congregação (JONES, 2011, APUD, SOUZA, 2016);
- Prever irregularidades no teto do templo, para tentar se obter um som mais difuso, para garantir maior segmentação do som gerado no palco para a plateia (SOUZA, 2016);
- Reflexões tardias devem ser evitadas, através do tratamento no fundo da igreja (SOUZA, 2016).

Uma das problemáticas presentes no momento da elaboração de um projeto de tratamento acústico em uma igreja, é compreender que ele se trata de um espaço multiuso, que além da palavra falada nas pregações, as músicas, danças, canções, necessitam da adoção de outras estratégias. Como aponta Souza (2016, p.38):

É um grande desafio adequar uma igreja acusticamente, pois como espaço multi-uso, o tratamento para a palavra falada requer um ambiente mais “seco”, enquanto a música nos momentos de adoração para uma melhor performance pede mais reverberação para tanto os instrumentistas e cantores, quanto para a congregação. No entanto, a inteligibilidade da fala é o objetivo principal com o ouvir e o entender da Palavra acima da música.

Ao analisar os tipos de igrejas, sua arquitetura e acústica, como já mencionado anteriormente, as catedrais tendem a apresentar formas internas que contribuem para ambientes mais reverberantes. Dentre alguns dos exemplos, é Catedral de Nossa Senhora de Aparecida em Brasília (Figura 15), projeto do arquiteto e urbanista Oscar Niemeyer, onde segundo Souza, Almeida e Bragança (2011) devido a plasticidade do concreto aplicado na forma convexa da arquitetura da igreja, há uma difusão dos raios por todo o ambiente. Assim, “enquanto os raios sonoros tendem a se concentrar ao serem refletidos por uma superfície côncava, as superfícies convexas tendem a difundir-los” (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2011, p. 39).

Figura 15- Interior da catedral de Nossa Senhora de Aparecida



Fonte: ALLIA Hotels, 2014 ²

Trazendo mais exemplos ao longo da história, na idade média, com o crescimento do cristianismo e a utilização das basílicas para manifestações religiosas, foi possível verificar mais características acústicas nesses espaços (Figura 16). Por serem construídas com materiais reflexivos, como pedra e alvenaria, essas igrejas medievais se tornaram locais de grande sobreposição do som (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2011).

Figura 16- Basílica de São Pedro em Roma



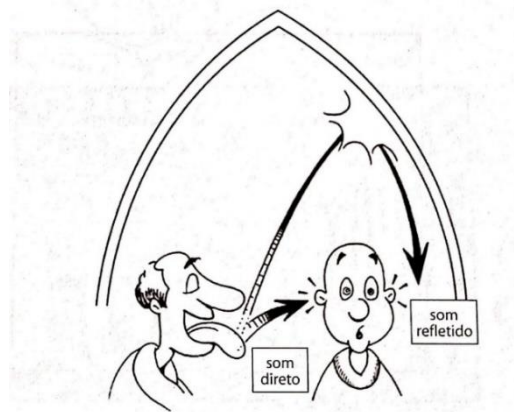
Fonte: BENE VALE ³

² Disponível em: <<https://blogmaisbrasil.alliahotels.com.br/sem-categoria/catedral-metropolitana-nossa-senhora-aparecida>>

³ Disponível em: <<https://benevale.com/interior-sao-pedro-de-roma/>>

No gótico, as igrejas apresentavam arcos ogivais que contribuíam para o eco (Figura 17), pois os edifícios se tornaram mais elevados, aumentando assim, o caminho percorrido pelo som o que provocava esses fenômenos (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2011). Na arquitetura contemporânea, por conseguinte, como defendido por Moscati (2013) é característico o uso de ambientes com poucos elementos decorativos e superfícies regulares, com poucas irregularidades. No entanto, em algumas igrejas atuais, como, por exemplo, o Oasis Pastoral Care Voest Alpine, dos arquitetos Architekten, do ano de 2011 (ARCHDAILY, 2011), podem ser percebidas características que influenciam diretamente na qualidade acústica do espaço. Nesse espaço, é verificada uma geometria interna irregular no teto e paredes, que contribuem, por exemplo, para a reflexão dos raios sonoros, auxiliando no condicionamento acústico do local (Figura 18).

Figura 17- Arcos ogivais (Igrejas góticas)



Fonte: SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2010, p.19

Figura 18- Vista interna- Oasis Pastoral Care Voest Alpine



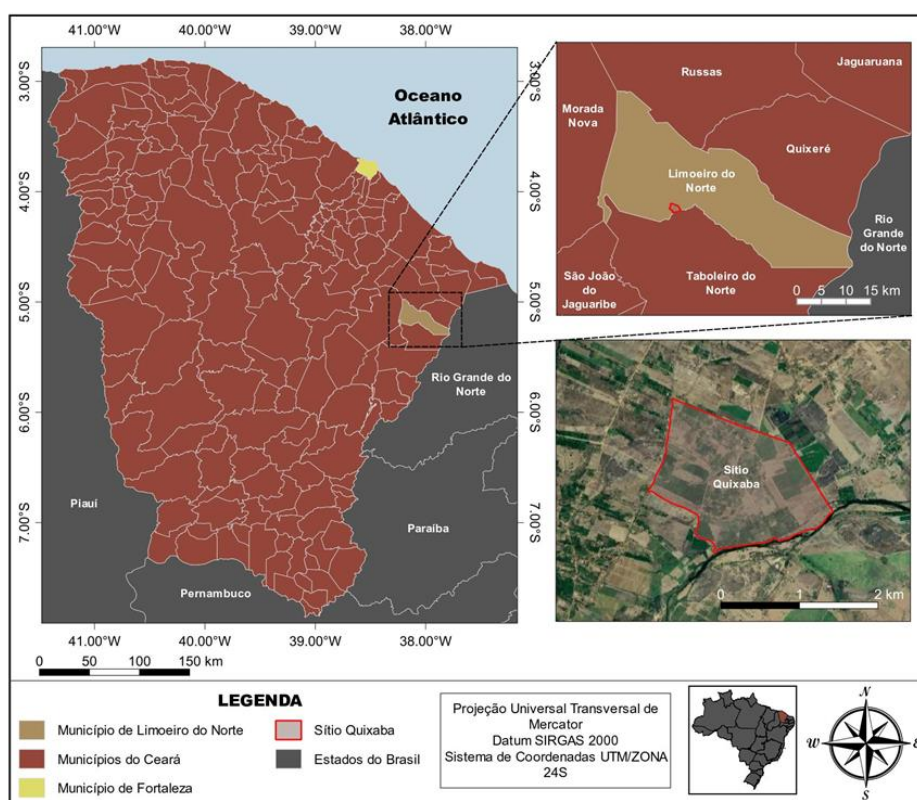
Fonte: ArchDaily, 2011 ⁴

⁴ Disponível em: <<https://www.archdaily.com/190472/oasis-pastoral-care-voest-alpine-x-architekten/5016f87528ba0d235b000729-oasis-pastoral-care-voest-alpine-x-architekten-photo>>

3.1. A igreja em estudo

O objeto de estudo deste trabalho é a primeira igreja evangélica do Sítio Quixaba, comunidade da zona rural de Limoeiro do Norte-CE (Mapa 1), município localizado no interior do estado do Ceará, envolvido pelo Rio Jaguaribe e cidades como Tabuleiro do Norte e Morada Nova, que compreende uma área territorial de aproximadamente 744,525 km² e uma população estimada de 60.232 pessoas (IBGE, 2020-2021).

Mapa 1- Localização da área de estudo

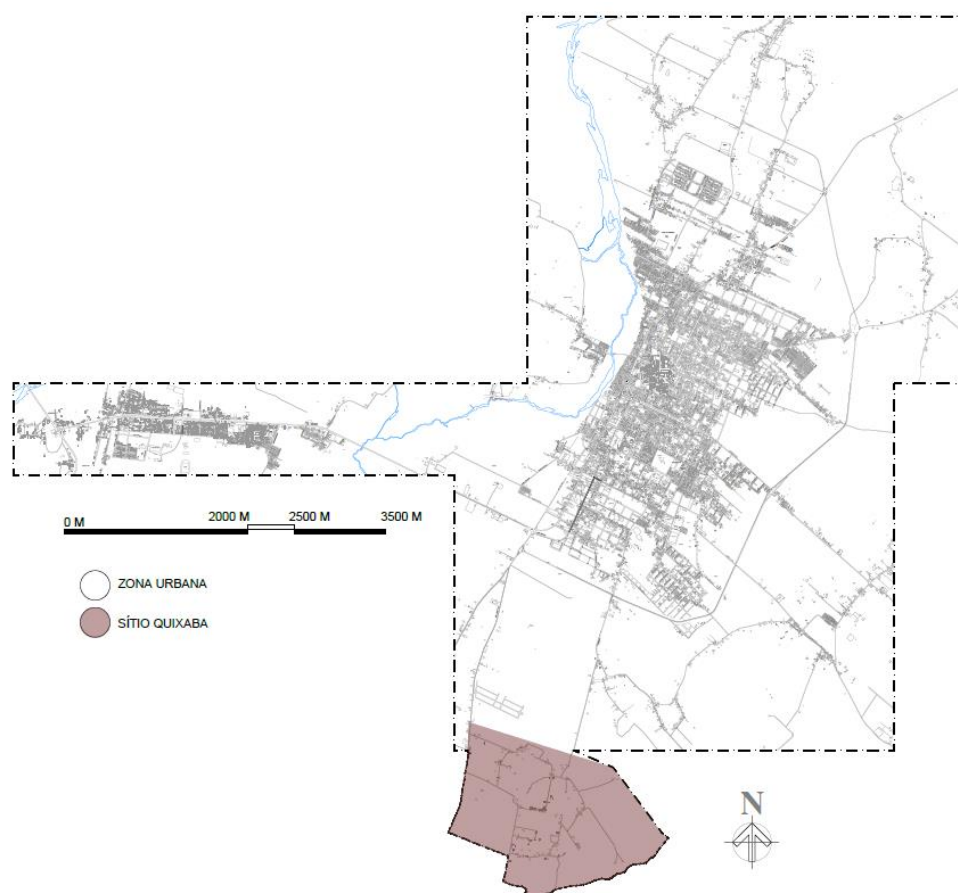


Fonte: SIRGAS 2000 adaptado pela Autora, 2022

A cidade posicionada a uma distância de aproximadamente 198 km da capital (PREFEITURA DE LIMOEIRO DO NORTE, 2022), é considerada como um dos polos econômicos e sociais. Como religião predominante pela população, se tem a católica-romana, entretanto é notório o crescimento de outros tipos de denominações, as igrejas evangélicas, por exemplo. Algumas filiais de origem protestante presentes no município são: a Igreja Universal do Reino de Deus, Assembleia de Deus, Deus é amor, Deus é pai, Igreja Batista, Congregação Cristã do Brasil, Igreja de Cristo, Testemunhas de Jeová, dentre outras (IBGE, 2005).

A comunidade do Sítio Quixaba fica localizada no interior do município, e apresenta uma população aproximadamente igual a 622 pessoas, segundo a agente de saúde da localidade. As edificações presentes nessa parcela territorial são em sua maioria de uso residencial, há também, alguns pontos comerciais, instituições religiosas, uma quadra esportiva e terrenos para o cultivo de plantas e criação de gado. Além disso, a distância da comunidade em relação ao centro urbano da cidade é de aproximadamente 6,2 km (Mapa 2), sendo uma das suas vias de acesso a CE-266.

Mapa 2- Distância da comunidade para a zona urbana



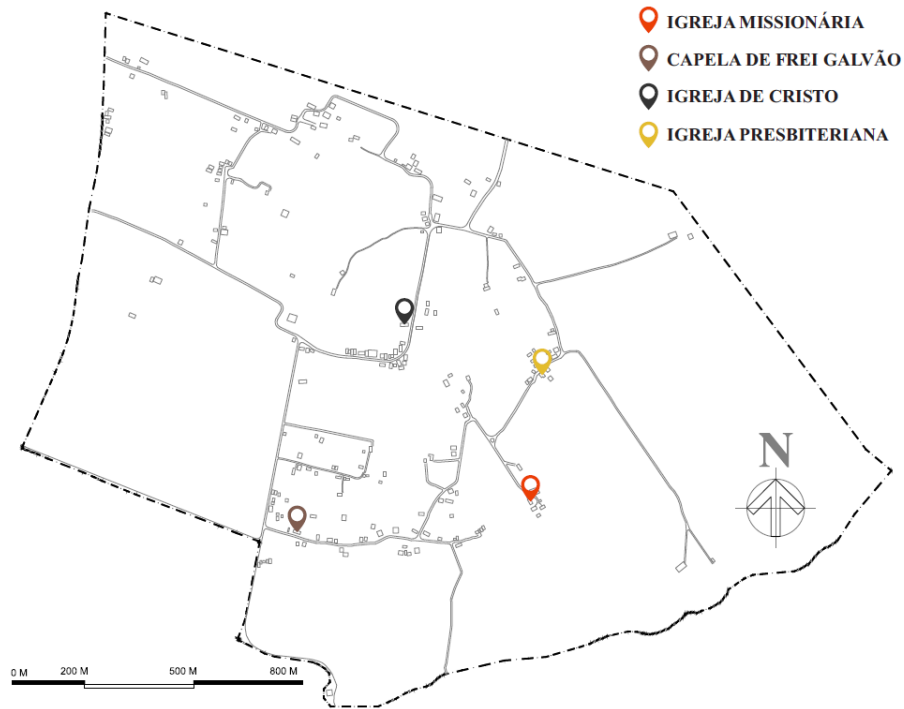
Fonte: Prefeitura de Limoeiro do Norte, adaptado pela Autora, 2022⁵

Apesar de ser uma área com baixa ocupação, um fato observado na localidade é a relevância da religiosidade ao longo do seu território, uma vez que existem quatro templos religiosos na comunidade, sendo três deles igrejas evangélicas protestantes e uma católica. Estas são, respectivamente (Mapa 3): Casa de Oração da Igreja de Cristo do Brasil- Sítio Quixaba (objeto de estudo); Igreja Presbiteriana do Brasil- Congregação Deus Conosco

⁵ Arquivo do mapa da zona urbana foi fornecido pela prefeitura de Limoeiro do Norte-CE, sendo inserido pela autora a área que abrange a comunidade do Sítio Quixaba, Zona Rural.

(Figura 19); Igreja Missionária do Reino de Deus (Figura 20); e a Capela Frei Galvão (Figura 21).

Mapa 3- Localização das quatro igrejas na comunidade



Fonte: Autora, 2022

Figura 19- Igreja Presbiteriana Deus Conosco



Fonte: Autora, 2022

Figura 20- Igreja Missionária Reino de Deus



Fonte: Autora, 2022

Figura 21- Capela Frei Damião



Fonte: Autora, 2022

Como relevância para a comunidade, a Igreja de Cristo do Sítio Quixaba tem uma história marcada por diferentes gerações, condições financeiras e territoriais. Por volta da década de 80, segundo o histórico da igreja disponibilizado pela a diretoria do templo, ocorreu a conhecida “cheia de 85” na qual o Rio do Vale do Jaguaribe transbordou e causou inundações nos municípios que compunham a região. Como uma das áreas afetadas, o Sítio Quixaba, apresentava uma população carente, e como medida de assistência aos habitantes do local, no dia 04 de fevereiro de 1986, foi instalada a Casa de Oração da Igreja de Cristo, fundada pelo Pastor João Vicente de Queiroz, Pr. João de Sousa, Pr. Pastor Carlos Queiroz,

dentre outros. Inicialmente os cultos de ministrações da igreja aconteciam nas casas dos moradores e na escola local, o colégio João Vicente de Queiroz, que foi iniciativa para dar suporte à população. Somente ao final da década de 90 foi iniciada a construção da edificação em estudo (Figura 22, Figura 23 e Figura 24).

Figura 22- Fachada Frontal da Igreja de Cristo em fase de construção



Fonte: Acervo da Igreja, 2000

Figura 23- Fachada Lateral da Igreja de Cristo em fase de construção



Fonte: Acervo da Igreja, 2000

Figura 24- Cobertura da Igreja de Cristo em fase de construção



Fonte: Acervo da Igreja, 2000

Como característica da época, a sua envoltória foi construída em tijolo maciço e telhado aparente, formado por tesouras de madeira, devido ao tamanho do vão interno, apresentando, ainda na sua cobertura, estruturas de emadeiramento e telhas coloniais. Durante os anos, com o crescimento da comunidade e dos membros da igreja uma das primeiras mudanças foi a fachada, na qual houve a sua delimitação com um muro feito de tijolo convencional de oito furos. Por fim, um pórtico de entrada e detalhes com elementos vazados ganharam forma na fachada (Figura 25).

Figura 25- Fachada Frontal da Igreja de Cristo (com muro)



Fonte: Acervo da Igreja, 2003

Mediante o período em que foi construída, a igreja apresenta uma arquitetura no estilo Art Decó Sertanejo, com formas geométricas, lineares, e recorte na fachada. Nos dias atuais, contudo, em razão dos mais de 20 anos da sua existência do edifício, e as pequenas reformas

ocorridas, algumas características arquitetônicas na igreja foram mudadas, como, por exemplo, foi adicionado um volume na frente da fachada, e no seu interior houve alterações no formato do púlpito. Porém, ainda é notório os traços da fachada original, bem como, a permanência das esquadrias e cobogós (Ver Figura 26 e Figura 27).

Figura 26- Fachada frontal com muro em 2022



Fonte: Autora, 2022

Figura 27- Fachada frontal atual da igreja

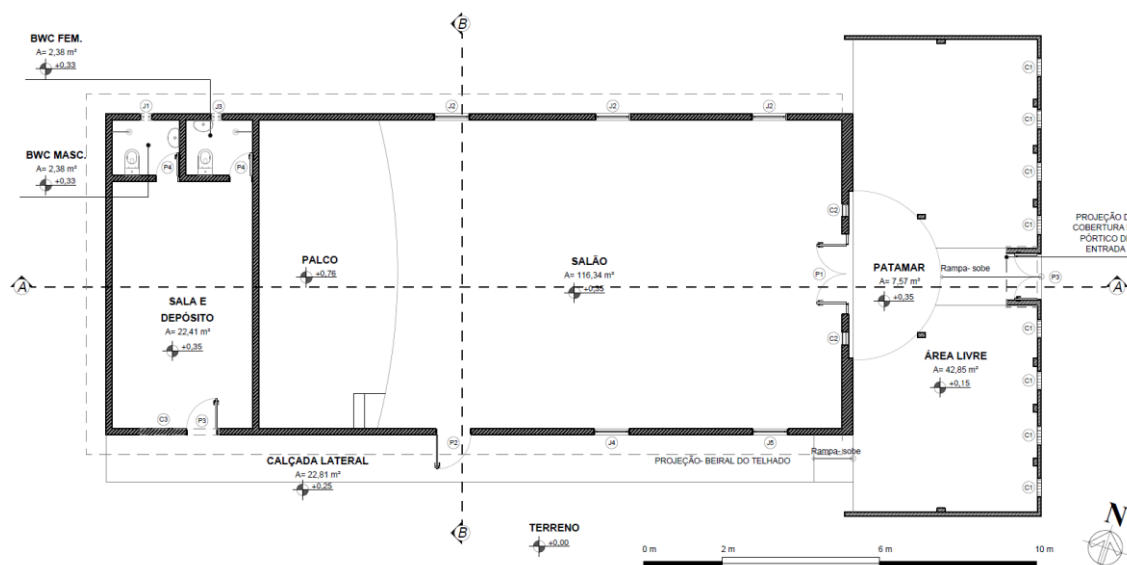


Fonte: Autora, 2022

Em vista de todo esse processo de construção, hoje a edificação conta com quatro espaços internos distribuídos em uma área equivalente a 155,12 m²: salão, sala/depósito, BWC feminino, BWC masculino (Figura 28). O local atende um total de 63 membros efetivos, onde a maioria das suas atividades são desenvolvidas no salão, desde a ministração da doutrina até as reuniões da diretoria. No salão, a plateia se concentra em um mesmo piso,

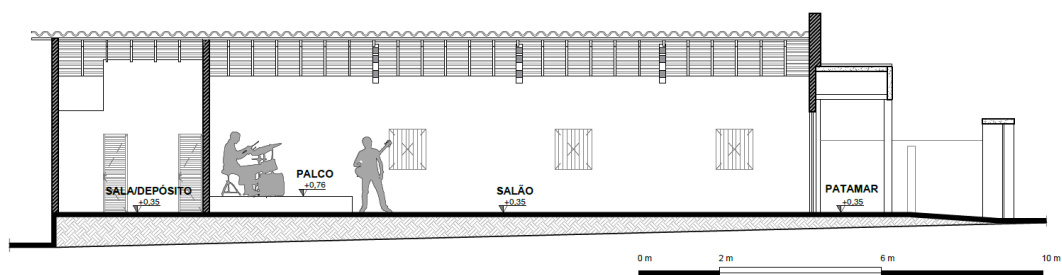
sendo o palco elevado 41 cm em relação ao piso inferior, ver cortes esquemáticos (Figura 29 e Figura 30).

Figura 28- Planta baixa da igreja em 2022



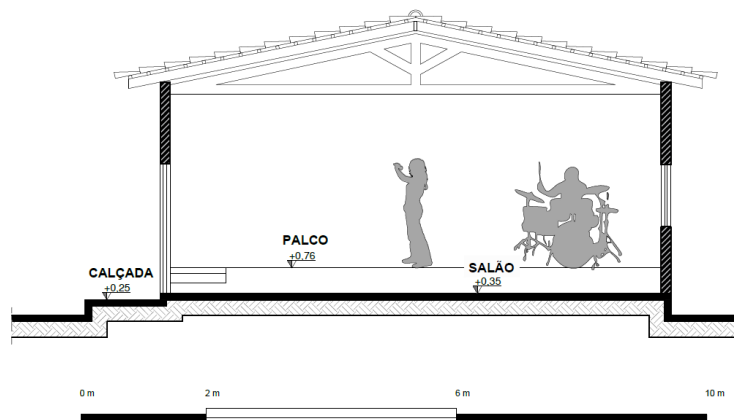
Fonte: Autora, 2022

Figura 29- Corte longitudinal AA- Igreja



Fonte: Autora, 2022

Figura 30- Corte transversal BB- Igreja



Fonte: Autora, 2022

Um fator a ser corroborado após essas análises, é que mesmo diante de algumas reformas não houve uma preocupação quanto à necessidade da aplicação de estratégias acústicas no local, sendo estas ausentes, ver imagens internas (Figura 31 e Figura 32). Atualmente a igreja está em processo de reforma e ampliação, desse modo, alguns materiais foram retirados, como o revestimento do piso, algumas partes da pintura. Logo, a partir dessa percepção surgiu a necessidade da verificação do tempo de reverberação e do isolamento acústico do local.

Figura 31- Vista interna 01 do salão da igreja



Fonte: Autora, 2022

Figura 32- Vista interna 02 do salão da igreja



Fonte: Autora, 2022

4. MÉTODOS E TÉCNICAS

Por se tratar de uma pesquisa de campo que envolve variáveis, nível de pressão sonora e tempo de reverberação, que serão analisadas em distintas situações a fim de propor adequação ao espaço, o estudo caracteriza-se como experimental, qualitativo e quantitativo. Experimental por ser uma investigação que analisa a causa de uma variável sobre as outras, e como essas podem influenciar no resultado almejado (MARTINS JUNIOR, 2015). Qualitativa, mediante o uso de procedimentos capazes de contribuir para o entendimento da pesquisa por meio de ações racionais e intuitivas (POPE & MAYS, 1995, p.42, apud, NEVES, 1996). Quantitativa, por envolver análises de dados e valores de parâmetros. Assim, para tal fim, serão realizadas as seguintes etapas para o desenvolvimento do trabalho:

4.1. Procedimento Metodológico para o Cálculo do Tempo de Reverberação (TR)

Tendo em vista que o tempo de reverberação depende diretamente do volume do ambiente de estudo e das áreas das superfícies (ver Equação 2 apresentada anteriormente), na primeira etapa da pesquisa foram realizadas as medições no local, entre os dias 27 e 28 de fevereiro de 2022 com o auxílio de uma trena métrica convencional (Figura 33). O intuito do levantamento foi obter as seguintes informações técnicas do local: áreas das superfícies, volume do recinto, materiais e os mobiliários existentes.

Figura 33- Levantamento Arquitetônico

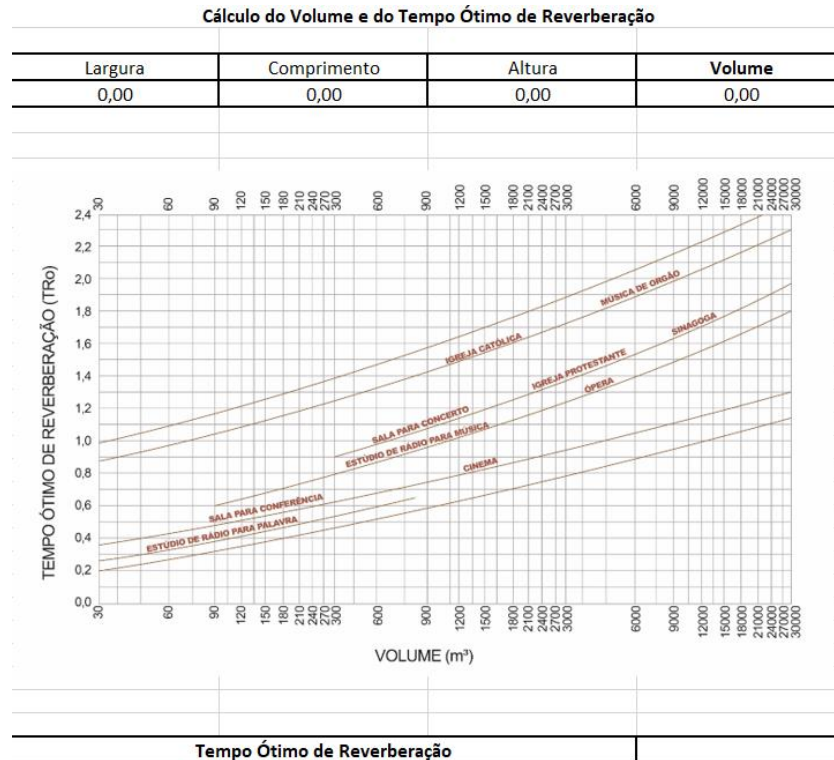


Fonte: Autora (2022)

Após isso, foi necessário estabelecer, primeiramente, o tempo de reverberação ótimo (TR_o) para ser utilizado como parâmetro comparativo com o tempo de reverberação real (TR_r) que foi calculado de acordo com as características do espaço analisado na edificação. Feito isso, com os dados colhidos, para especificar o tempo ótimo, foi utilizado o valor do volume total

(V) do templo (salão) e o valor de referência respectivo a curva da igreja protestante, como apresentado na figura (gráfico) da NBR 12179 (Figura 34).

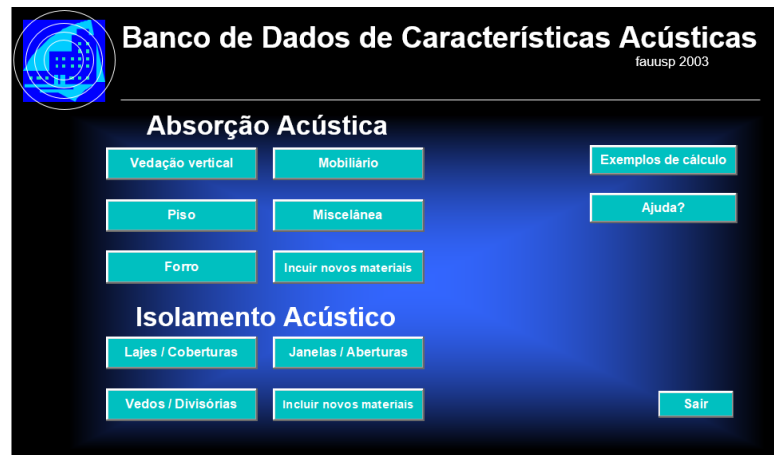
Figura 34- Tabela e Gráfico comparativo entre volume e TR_0



Fonte: Autora, 2022, Adaptado da ABNT, 1992, p.9

Definido esse índice, a próxima etapa foi listar o quantitativo e tipos de mobiliários presente no espaço, bem como, inserir as informações das superfícies (parede, esquadrias, piso, teto) quanto a área (m^2) e o tipo de material. Finalizado isso, com base no Banco de Dados de Características Acústicas (Figura 35) desenvolvido por Paula Constante Santos- FAUUSP (2003), na Planilha Absorção Sonora (USP, 2018) e na Planilha de Excel (Figura 36) com os dados disponibilizada pela Physikalisch- Technische Bundesanstalt Naionales Metrologieinstitut, foram consultados os valores dos coeficientes de absorção sonora a 500 Hz (frequência relacionada a atividade de palavra falada), definidos para cada material listado considerando a sua área de superfície, e com isso alcançados o valor da absorção de cada material. Para determinar o somatório dessas absorções ($\sum S_\alpha$), foram computadas todas as informações em uma planilha para o processamento e aplicação do resultado na fórmula do tempo de reverberação real (Equação de Sabine).

Figura 35- Banco de dados de Características Acústicas



Fonte: Santos, FAUUSP, 2003

Figura 36- Banco de dados da Physikalisch



Fonte: Physikalisch- Technische Bundesanstalt Naionales Metrologieinstitut⁶

Concluída a etapa de levantamento e coleta de dados, os valores obtidos nos cálculos passaram a ser aplicados na equação definida por Wallace Sabine (Equação 2), com o objetivo de verificar o valor do tempo de reverberação real em comparação ao ótimo estabelecido pela normativa. Segue o esquema na Figura 37.

⁶ Disponível em: <https://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt1/fb-16/ag-163/absorption-coefficient-database.html>

Figura 37- Tabela comparativa para o cálculo do tempo reverberação real e ótimo

Tempo Real de Reberberação					
$Tr = 0.161 \times V / \sum S\alpha$					
Volume (m³)				0,00	
Somatório das Absorções ($\sum S\alpha$)				0,00	
Tempo Real de Reverberação					
Tempo Ótimo de Reverberação				0,00	

Fonte: Autora, 2022

Ao final dessa parte da pesquisa, foram analisados os resultados adquiridos e diagnosticado o espaço em estudo. Com isso, foi proposto um projeto de condicionamento acústico para o salão da igreja, seguindo o valor definido para o tempo ótimo do local em uma determinada situação de ocupação no salão.

4.2. Aplicação dos Questionários

Os questionários foram aplicados entre os dias 17 e 21 de março de 2022 no período matutino e vespertino. A necessidade dessa parte da pesquisa se concerne devido às características subjetivas ligadas a cada usuário do local. Assim, em primeiro momento foi realizado um levantamento para a obtenção de informações acerca do quantitativo de membros da igreja e da população da comunidade, sendo dois questionários específicos aplicados ao pastor e a agente de saúde da localidade, respectivamente.

Definido isso, houve a determinação do público-alvo da pesquisa. Nesta etapa a aplicação dos questionários se restringiu a todos os membros do templo, listados de acordo com as informações concedidas pela diretoria da igreja. Foram considerados somente os usuários com idade superior a 18 anos, participando assim, um total de 36 pessoas⁷ dos 38 membros totais que apresentavam a idade exigida. Esses responderam o questionário e o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido), disponíveis para consulta nos Apêndices A ao D. Finalizado isso, os resultados obtidos foram tratados, considerando também as diferenças de

⁷ Os dois membros ausentes não compareceram na igreja no período da aplicação dos questionários, não residiam na comunidade e não foi encontrado meio de contato, o que impossibilitou a aplicação do formulário.

idade, posição de assento na plateia e tempo como membro, a fim de destacar a percepção sonora individual do usuário, sua ligação com o objetivo investigado, dentre outros aspectos.

4.3. Equipamento e Procedimento para Obtenção do NPS da Igreja⁸

Para o desenvolvimento da verificação do nível de pressão sonora foi utilizado um sonômetro digital portátil da SKILL-TEC modelo SKDEC-02 que realiza as medições em decibéis dando os resultados de acordo com as especificações da NBR 10152, apresentando ainda, a função de Data Logger⁹.

Figura 38- Sonômetro digital



Fonte: PCE¹⁰

Para a verificação do nível de ruído no salão do templo, foi necessário seguir as recomendações da normativa mencionada, quanto a locação dos pontos de medições e calibração do equipamento. A NBR 10152 foi utilizada, pois a avaliação da pressão sonora foi desenvolvida em um ambiente interno de uma edificação, visando a sua finalidade de uso, nesse caso um templo religioso.

A locação do equipamento foi realizada no dia 19 de abril de 2022 tendo início às 15 horas e 16 minutos com o recinto fechado (Figura 39). Em primeiro momento foram consideradas as condições ambientais, sendo feitas sem interferência do vento, temperatura, umidade relativa do ar, precipitações e trovoadas. Os pontos de medições foram distribuídos pelo ambiente a uma distância de um metro das paredes, teto, piso, mobiliários, janelas, dentre outros elementos que transmitem som. Além disso, eles foram instalados a uma distância de no mínimo 70 (setenta) centímetros, em alturas diferentes, como descrito no ponto 7.3 da NBR 10152 (ABNT, 2017). Outro ponto a ser destacado é que a quantidade de pontos foi determinada

⁸ A ordem de verificação do Nível de pressão sonora foi realizada após os questionários para se ter como complemento das análises presentes no questionário e como parâmetro para análise do isolamento, apresentando assim na pesquisa um conteúdo que abrange o tratamento acústico (isolamento e condicionamento).

⁹ Registro de dados em tempo real, que ficam armazenados no dispositivo de medição, com data e hora correspondentes.

¹⁰ Disponível em: <<https://www.pce-medidores.com.pt/fichas-dados/sonometro-digital-casella-cel-246.htm>>

considerando a área do local, que para uma área de 30 m², foram instalados três locais de medições, aumentando um ponto a cada 30 m² adicionais da área do ambiente.

Figura 39- Medição com o sonômetro nos pontos



Fonte: Autora, 2022

O tempo de medição entre os pontos foram variados, tendo a duração de no mínimo 30 segundos, como definido pela normativa. Como o equipamento apresenta dois tipos de ponderações para medir a intensidade do som, a ponderação “A” foi a aplicada por seguir as recomendações da norma, uma vez essa simula a resposta do ouvido, entendida na NBR 10152 como a variante para a obtenção do RL_{Aeq} (Referência do nível de pressão sonora equivalente ponderada em A, representativo de um ambiente) e do RL_{ASmax} (Referência do nível máximo de pressão sonora representativo de um ambiente).

Realizada as medições e inseridos os dados, houve a análise se o nível de pressão sonora encontrado está de acordo com os valores máximos e mínimos estabelecidos pela NBR 10152 na Tabela 3, p. 13, ver Figura 40 (ABNT, 2017). Para isso, foi necessário primeiro definir o tipo de templo de acordo com o volume: Templos religiosos pequenos ($\leq 600 \text{ m}^3$) ou templos religiosos grandes ($> 600 \text{ m}^3$).

Figura 40- Tabela dos valores máximos e mínimos de dB para templos religiosos(NBR 10152)

Tabela 3 (continuação)

Finalidade de uso	Valores de referência		
	RL_{Aeq} (dB)	RL_{ASmax} (dB)	RL_{NC}
Enfermarias	40	45	35
Laboratórios	45	50	40
Quartos coletivos	40	45	35
Quartos individuais	35	40	30
Salas de espera	45	50	40
Culturais e lazer			
Salões de festa	40	45	35
Restaurantes	45	50	40
Cinemas	35	40	30
Salas de concertos	30	35	25
Teatros	30	35	25
Templos religiosos pequenos ($\leq 600 \text{ m}^3$)	40	45	35
Templos religiosos grandes ($> 600 \text{ m}^3$)	35	40	30
Bibliotecas	40	45	35
Museus (exposições)	40	45	35
Estúdios de gravação audiovisual	25	30	20
Educacionais			

Fonte: ABNT, 2017, p.13

Para a obtenção dos valores de referência apresentados na tabela, foram computados seis pontos distribuídos ao longo dos 116,34 m², onde foram obtidos os níveis médios de cada ponto sendo aplicado na Equação 3 para conferir o valor da RL_{Aeq} . Para a RL_{ASmax} foi considerado o maior resultado entre os níveis máximos de pressão sonora nos diferentes pontos. Classificado isso, houve as indagações dos materiais usados na envoltória do local, mediante a obtenção dos resultados em campo, utilizando a Equação 3, citada na NBR 10152 (ABNT, p.7):

Equação 3- Cálculo para obtenção do RL_{Aeq}

$$L_{Aeq} = 10 \times \log_{10} \left[\frac{1}{n} \times \left(10^{\frac{L_{Aeq,30s,p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,30s,p2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{Aeq,30s,pn}}{10}} \right) \right]$$

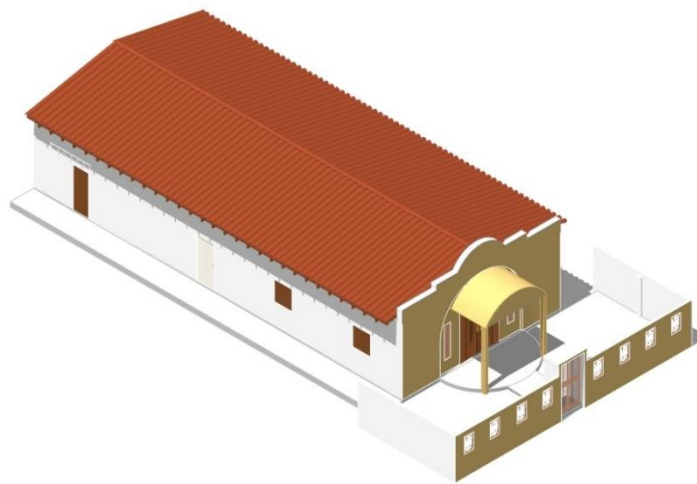
Sendo n o número de pontos de medição distribuídos no ambiente e T o tempo de integração em cada ponto de 30 s (ABNT, 2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Tempo de Reverberação

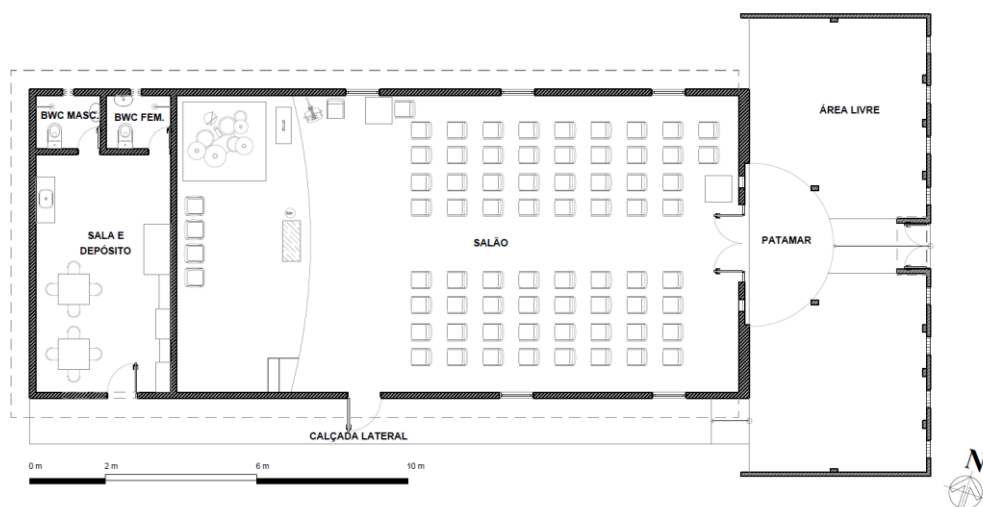
Ao investigar o objeto de estudo (Figura 41), quatro espaços diferentes (Figura 42) foram verificados no recinto, como já definido, sendo estes: templo (salão), sala de ensino e depósito, bwc's masculino e feminino. Em consequência disso, a pesquisa se aplicará a área do salão, onde ocorre a ministração do culto devocional, pois como já discutido ao longo do trabalho, a depender do uso do ambiente para cada situação haverá um tempo ótimo de reverberação, e o estudo investiga o tempo de reverberação para a palavra falada (500 Hz).

Figura 41- Maquete esquemática- Igreja de Cristo



Fonte: Autora, 2022

Figura 42- Planta de layout- Ambientes do recinto



Fonte: Autora, 2022

Com os levantamentos realizados, foi verificado que o volume total da edificação corresponde a 598,96 m³, entretanto como será considerado somente a área do salão onde há a ministração dos cultos, os volumes individuais dos ambientes são especificados na Tabela 2.

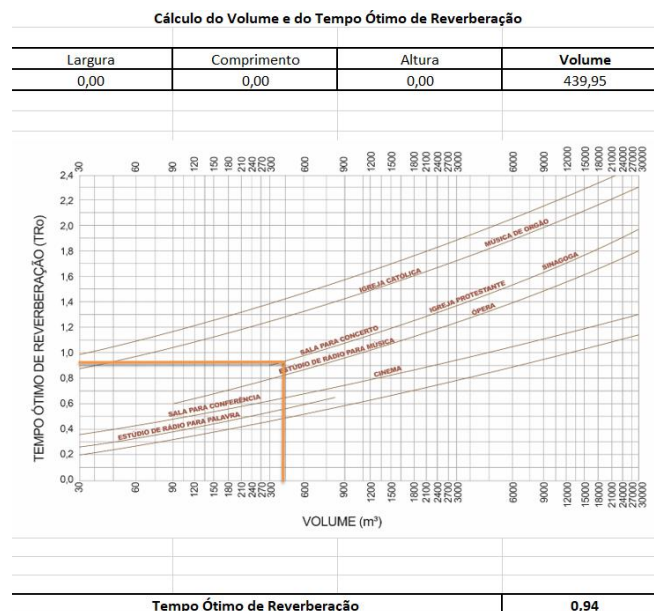
Tabela 2-Volume dos ambientes

Ambiente	Volume (m ³)
Salão	439,95
Sala e Depósito	87,39
BWC Masculino	35,81
BWC Feminino	35,81
VOLUME TOTAL	598,96

Fonte: Autora, 2022

Por se tratar de uma igreja protestante, o tempo de reverberação ótimo (TR_o) considerando o volume (V) do salão igual a 439,95 m³ corresponde à 0,94 como mostrado na Figura 43.

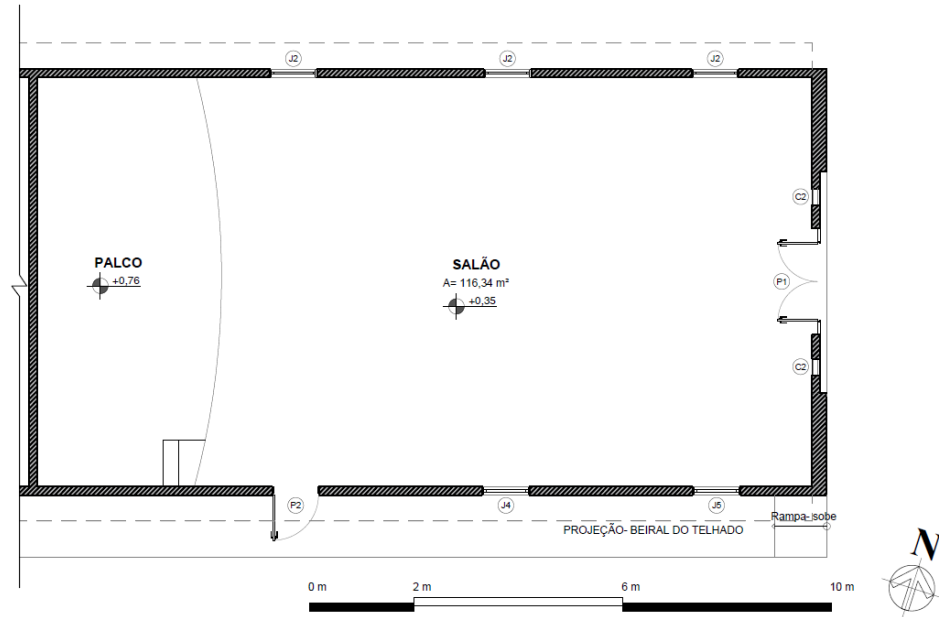
Figura 43- Valor de tempo de Reverberação Ótimo em relação ao volume



Fonte: Autora, 2022, Adaptado da ABNT, 1992

Em relação aos materiais presentes no local, as esquadrias em sua maioria são de giro em madeira, contendo no salão um portão de acesso lateral de giro em ferro, ver planta baixa com a locação das portas e janelas (Figura 44) e quadro de esquadrias (Quadro 1).

Figura 44- Planta baixa: Salão



Fonte: Autora, 2022

Quadro 1- Quadro de esquadrias

Simbologia	Tipo	Material	Dimensões (Larg.xAlt.)	Parapeito	Quant.	Área (m²)
P1	Porta de giro 2 folhas com veneziana	Madeira	2,04 x2,50 m	-	1	5,1
P2	Porta de giro	Ferro	0,9x2,08 m	-	1	1,87
J2	Janela de giro- 2 folhas	Madeira	0,91x1,00 m	1,07 m	3	0,91
J4	Janela de giro- 2 folhas	Madeira	0,91x1,00 m	1,09 m	1	0,91
J5	Janela de giro- 2 folhas	Madeira	0,92x1,00 m	1,09 m	1	0,92
C2	Cobogó	Cimento	0,32x1,57 m	0,55 m	2	0,5

Fonte: Autora, 2022

A alvenaria é de tijolo maciço com reboco e pintura (Figura 45), como mostra a imagem a seguir, em algumas áreas das paredes há a ausência do reboco, estando o tijolo maciço evidente, porém para os cálculos, será utilizado como padrão para a obtenção do valor do coeficiente de absorção a alvenaria com reboco pintada, por considerar a parede com sua integridade, sem danos da reforma. O piso também é do mesmo material, porém com uma camada de cimento sobreposta, devido às reformas (Figura 46). Quanto à cobertura, o telhado

é aparente sem forro de gesso ou laje no seu interior, ficando à mostra o emadeiramento, as tesouras e as telhas coloniais (Figura 47).

Figura 45- Composição da parede



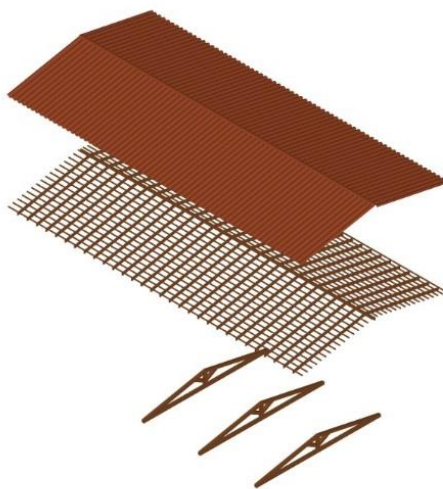
Fonte: Autora, 2022

Figura 46- Composição do piso



Fonte: Autora, 2022

Figura 47- Estrutura do telhado (Perspectiva)



Fonte: Autora, 2022

Os mobiliários existentes (Figura 48), no salão se detém as cadeiras, mesas de apoio para algumas atividades desenvolvidas no local, púlpito em vidro para suporte as pregações, ventiladores, e os aparelhos sonoros como, bateria, violão, guitarras, amplificadores sonoros, dentre outros(a). Ao todo, foram computadas um total de 68 cadeiras de plástico na plateia, quatro cadeiras de madeira com estofado no palco e duas mesas de plásticos de apoio, uma na entrada e outra para o projetor. Com relação ao quantitativo de ventiladores, há um total de seis aparelhos fixados nas paredes.

Figura 48- Mobiliários internos do salão



Fonte: Autora, 2022

Figura 49- Mobiliários internos do salão



Fonte: Autora, 2022

Com base nisso e com as informações dispostas nos bancos de dados utilizados, o somatório das superfícies de absorção do local foi obtido mediante a multiplicação da área da superfície de cada material e o seu coeficiente de absorção. Porém para a análise do tempo de reverberação, foram consideradas três situações para o espaço, tendo em vistas os diferentes usos e ocupações.

O primeiro cenário para o TR_r foi considerando a igreja com a sua ocupação total, 68 pessoas sentadas na plateia, quatro pessoas no palco sentadas nas cadeiras de madeira, e a banda musical (Quadro 2, consulta em apêndice). Esse cenário é verificado em dias de eventos e datas comemorativas, sendo assim, pouco frequente durante o ano. Logo, como $\sum S_\alpha = 70,47$ e $V = 439,95 \text{ m}^3$ o valor do tempo de reverberação real equivale a 1,01 (Equação 4). Assim, como o valor do tempo ótimo de reverberação é igual a 0,94, o tempo de reverberação real é superior, estando em desacordo com a norma.

Equação 4- Tempo de Reverberação Real (CENÁRIO 01)

$$TR = 0,161 \times \frac{V}{\sum S_\alpha}$$

$$TR = 0,161 \times \frac{439,95}{70,47}$$

$$TR = 1,01$$

Fonte: Autora, 2022

Logo, para o **Cenário 01** o Tempo de Reverberação Real (TR_r) foi superior ao tempo ótimo (TR_o) estabelecido pela normativa, estando em desacordo com o parâmetro, o que pode acarretar ao ambiente um prolongamento e mascaramento do som, e o comprometimento da inteligibilidade do espaço. Um dos fatores responsáveis por isso é a presença de materiais predominantemente reflexivos, com baixo valor de absorção.

Assim, como há poucas superfícies de absorção em um volume de aproximadamente 500m³, o som se torna mais intenso se prolongando além do necessário, o que compromete a qualidade acústica do local, pois o som fica confuso, o que é impróprio, principalmente em uma igreja protestante, onde as palavras devem ter clareza. Em detrimento a isso, no ambiente há a possibilidade da criação de ondas estacionárias, isto é, “uma sobreposição de ondas que se deslocam em direções opostas” (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2011, p. 42). Tais ondas contribuem para as distorções do som, e

conforme o posicionamento do receptor pode ocorrer diferença na intensidade sonora (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2011).

Uma segunda situação (**CENÁRIO 02**), é considerando a igreja durante o seu uso na semana e em alguns cultos dominicais, onde aproximadamente, apenas 1/3 (um terço) dos membros comparassem as celebrações (Quadro 3, consultar apêndice). Este cenário é visto com maior percentual ao longo do ano, principalmente durante os cultos na semana. Assim, como $\sum S_{\alpha} = 34,64$ e $V = 439,95 \text{ m}^3$ o valor do tempo de reverberação real equivale a 2,04 (Equação 5). Logo, como o valor do tempo ótimo de reverberação é igual a 0,94, o tempo de reverberação real é superior, estando em desacordo com a norma durante maior parte do ano, uma vez que é o cenário mais observado na igreja.

Equação 5- Tempo de Reverberação Real (CENÁRIO 02)

$$TR = 0,161 \times \frac{V}{\sum S_{\alpha}}$$

$$TR = 0,161 \times \frac{439,95}{34,64}$$

$$TR = 2,04$$

Fonte: Autora, 2022

Outro fator que pode ser corroborado é que o cálculo do TR_r , apresentado na segunda situação, foi realizado considerando a igreja com 1/3 da sua ocupação, isso foi feito, pois durante o desenvolvimento das atividades semanais, as celebrações contêm em torno de 20-30 pessoas, no máximo. Assim, durante esses momentos, o TR_r tende a comprometer mais a inteligibilidade do local que em situações de eventos na igreja.

O terceiro cenário (**CENÁRIO 03**) a ser estudado é quando a igreja está completamente vazia e é utilizada, por exemplo, para ensaio dos corais (Quadro 4, consultar apêndice), assim, todas as cadeiras estão desocupadas, como também os instrumentos. Por conseguinte, como $\sum S_{\alpha} = 17,42$ e $V = 439,95 \text{ m}^3$ o valor do tempo de reverberação real equivale a 4,07 (Equação 6), estando como os demais em desacordo com a normativa.

Equação 6- Tempo de Reverberação Real (CENÁRIO 03)

$$TR = 0,161 \times \frac{V}{\sum S_{\alpha}}$$

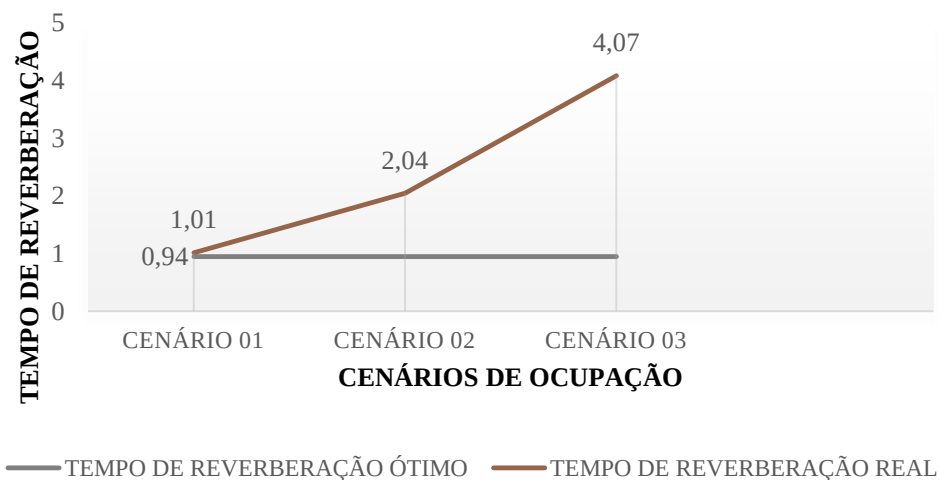
$$TR = 0,161 \times \frac{439,95}{17,42}$$

$$TR = 4,07$$

Fonte: Autora, 2022

Em vista de todas as situações mencionadas, foi possível verificar que o tempo de reverberação real nos três cenários não está de acordo com o tempo ótimo (Gráfico 1). Assim, em vista das problemáticas apontadas quanto à desconformidade no tempo de reverberação, é necessária uma reforma no salão.

Gráfico 1- Gráfico comparativo do tempo de reverberação real nos distintos cenários



Fonte: Autora, 2022

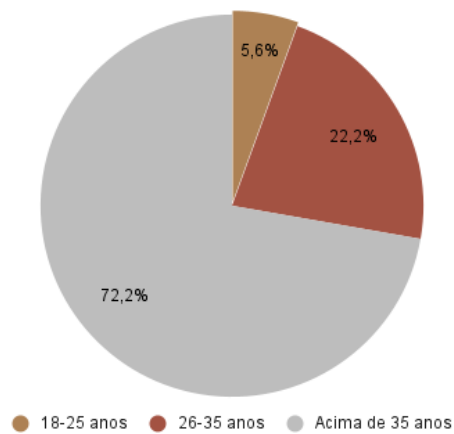
Em detrimento dos aspectos explanados, dentre as estratégias que podem ser adotadas é a utilização de superfícies inclinadas, como espelhos acústicos, aplicações de materiais absorventes acústicos sobre as superfícies e até mesmo uma revisão da geometria do espaço. O estudo dessas geometrias possibilita uma alternativa de direcionamento do som ao receptor, contribuindo para o aumento da intensidade e homogeneidade do som, um exemplo disso, são os tipos de superfícies, côncavas ou convexas, que muitas vezes são aplicadas como medidas de tratamento acústicos. Dentre as possibilidades que serão aplicadas na proposta de adequação do salão do templo, está a mudança dos materiais internos do salão, aplicação de forro, mudança dos mobiliários e criação de volumes. Verificar proposta no item 5.4.

5.2. Resultado dos Questionários

Os questionários foram aplicados em um total de 36 pessoas dos 38 membros da igreja que apresentam faixa etária superior a 18 anos (Gráfico 2), na data pré-estabelecida e em horários alternados. Como perfil dos entrevistados, foi verificado a prevalência de usuários com

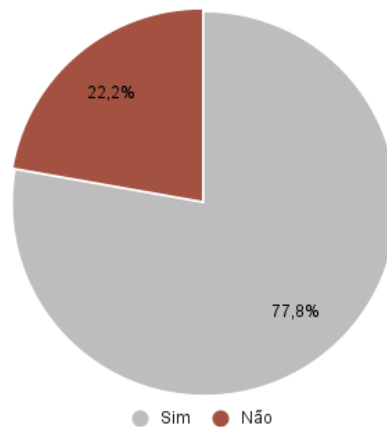
idade acima de 35 anos equivalente a 72,2% (26 pessoas), 22,2% (8 pessoas) apresentam idade entre 26 e 35 anos, e com idade entre 18 e 25 anos 5,6% (2 pessoas). Os integrantes do templo são em sua maioria residentes da comunidade do Sítio Quixaba (Gráfico 3) dos quais 77,8% (28 pessoas) moram na localidade e outras 22,2% (8 pessoas) não residem no local. Além disso, com relação ao tempo como membros da igreja (Gráfico 4), 75% (27 pessoas) são participantes a mais de dez anos, 16,7% (6 pessoas) até cinco anos e 8,3% (3 pessoas) entre cinco e dez anos.

Gráfico 2- Faixa etária dos entrevistados

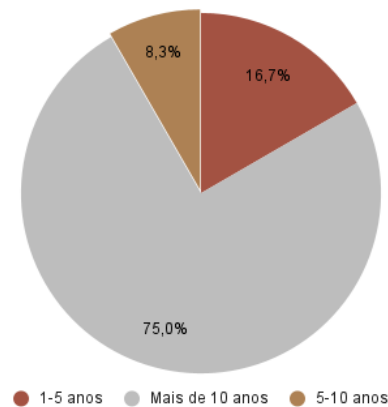


Fonte: Autora, 2022

Gráfico 3- Residentes da comunidade do Sítio Quixaba



Fonte: Autora, 2022

Gráfico 4- Tempo em anos como membro da igreja

Fonte: Autora, 2022

A fim de corroborar a percepção da igreja como agente de importância social na comunidade (Gráfico 5), foi inserido no questionário uma pergunta referente a esta indagação, pois dentre os membros, uma parcela significativa são os moradores mais antigos da comunidade e estão presentes na igreja desde a sua fundação, presenciando assim, o desenvolvimento do templo e da localidade. Logo, com base na história da casa de oração, segundo os participantes, 100% (36 pessoas) confirmaram que a igreja ajudou no crescimento da comunidade e é simbólica para os moradores. Enfatizando assim, a relevância de uma proposta de intervenção para a edificação.

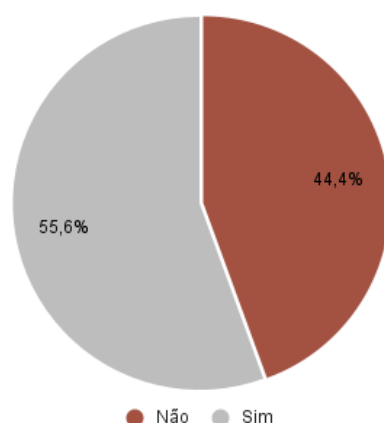
Gráfico 5- Opinião dos usuários acerca da relevância da igreja para a comunidade

Fonte: Autora, 2022

Em relação a qualidade acústica do local, como a percepção desse parâmetro varia para cada usuário, dependendo de idade, condições físicas e psicológicas, para analisar a inteligibilidade sonora, foi perguntado aos entrevistados se eles conseguem escutar com nitidez

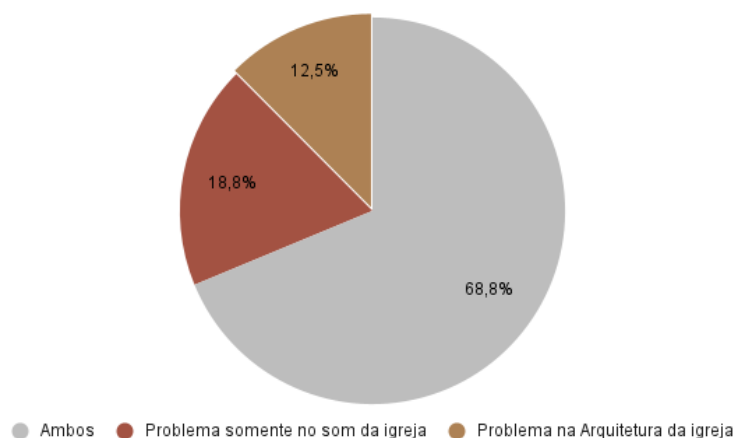
a pregação, sons de louvores e danças (Gráfico 6). Como respostas, o questionário apresentou que 55,6% (20 pessoas) escutam com nitidez e outras 44,4% (16 pessoas), não. Dos que responderam não, 68,8% (11 pessoas) acreditam que a problemática em relação a nitidez sonora se deve a questões dos equipamentos de som e a arquitetura do espaço, já para 18,8% (3 pessoas) o problema estaria ligado somente ao equipamento de som da igreja, e para 12,5% (2 pessoas) a arquitetura da igreja (Gráfico 7).

Gráfico 6- Percepção dos usuários em relação a inteligibilidade do som



Fonte: Autora, 2022

Gráfico 7- Motivos que comprometem a inteligibilidade do som de acordo com os usuários



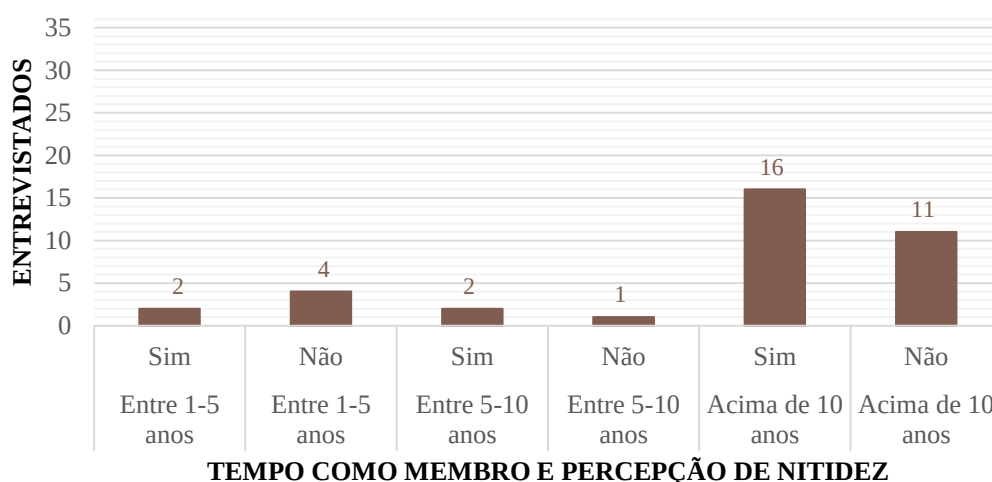
Fonte: Autora, 2022

Como forma de compreender os dados apresentados no Gráfico 6, a investigação se associa aos resultados obtidos no tempo de reverberação calculado no cenário 01, o cenário menos recorrente, que engloba todos os membros no local, até aqueles que não vão constantemente (cenário 02 e 03) e que estão presentes principalmente, em cultos de celebração, como santa ceia, datas comemorativas e cultos dominicais. Assim, nesse cenário o tempo de

reverberação mesmo não estando de acordo com o tempo ótimo, a diferença é mínima se comparado aos demais. Dessa forma, se torna justificável as porcentagens apresentadas com os valores aproximados.

Além disso, a delimitação dos perfis dos usuários citados a cima juntamente a análise da percepção desses, colaborou na formulação de algumas indagações: se o tempo de participação dos membros na igreja durante muitos anos influencia, na percepção de nitidez do som, devido o costume com o estilo das ministrações (uso do som), e reafirmando se há um sentimento de pertencimento. Prova disso é que dentre os entrevistados, os mais recentes na igreja (até cinco anos) a percepção de nitidez durante as liturgias do culto (Pergunta 06) apresenta maior nível de rejeição, onde dos seis participantes quatro afirmaram não escutar com nitidez as liturgias durante os cultos (Gráfico 8). Porém, para os demais períodos de participação na igreja, a predominância das respostas foram sim, que há nitidez do som no espaço. Dos membros entre cinco e dez anos, dois responderam sim, e um, não. Já dos acima de dez anos, 16 responderam sim e outros 11 não. Afirmando assim, a influência da vivência nas decisões.

Gráfico 8-Relação entre tempo como membro e nitidez do som

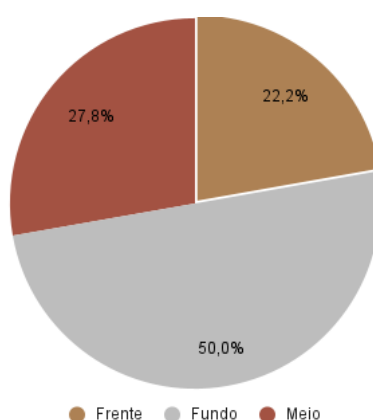


Fonte: Autora, 2022

Outro fator relevante que pode influenciar na percepção é a posição em que se localiza o receptor da onda sonora em relação a fonte de transmissão (Gráfico 9). Para a análise desse fator, dois outros gráficos foram tratados em conjunto, o que considera os motivos definidos por cada membro para a decisão da posição na plateia do ambiente (Gráfico 10) e o da percepção desses em relação ao quesito de se sentir confortável ou não (Gráfico 11). Quanto a posição, 50% (18 pessoas) dos entrevistados sentam ao fundo do ambiente, outros 22,2% (8 pessoas) na

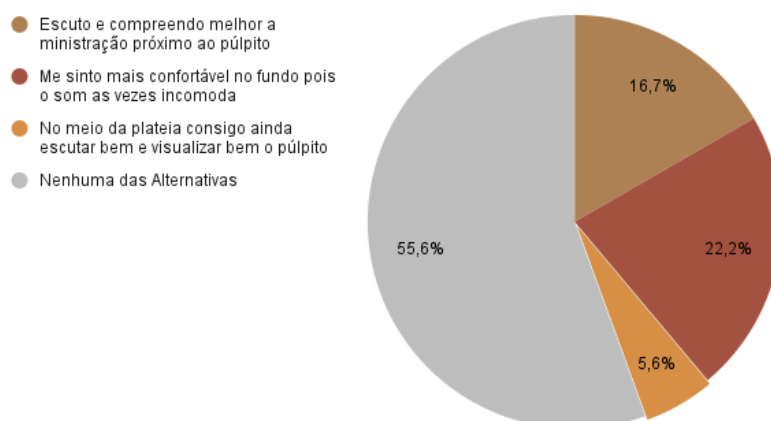
frente e 27,8% (10 pessoas) no meio. Com base nessa resposta, um percentual de 55,6% (20 pessoas) afirmou ter outros motivos para a escolha do assento no ambiente, não estando ligado a sensibilidade quanto ao som do local. Das que sentam ao fundo do ambiente, 22,2% (8 pessoas) constataram que a escolha do local está ligada ao conforto, pois o som às vezes incomoda. Dos usuários que se assentam no meio da plateia, 5,6% (2 pessoas) reconhece que decisão está atrelada ao fato que na posição é possível escutar e visualizar bem o púlpito. Por fim, dos integrantes que preferem a frente, 16,7% (6 pessoas) afirmam que escutam e compreendem melhor a ministração próximo ao púlpito/palco.

Gráfico 9- Posição dos membros na plateia da igreja



Fonte: Autora, 2022

Gráfico 10- Motivos para decisão do local de assento

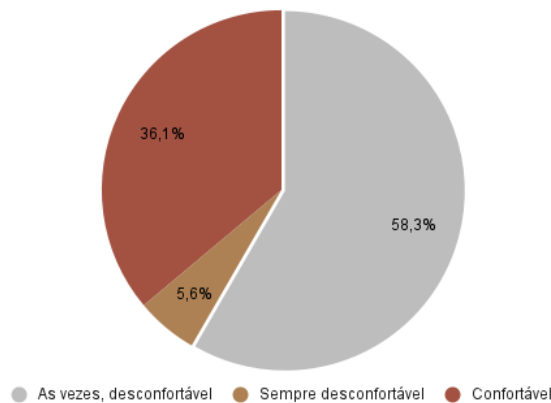


Fonte: Autora, 2022

Dentre os entrevistados, em relação a percepção do som (Gráfico 11) nos momentos de celebrações do culto 58,3% (21 pessoas) sentem que as vezes o som é desconfortável, 36,1% (13 pessoas) acham confortável, e 5,6% (2 pessoas) acham sempre desconfortável. Confirmando assim, um maior percentual de desconforto em detrimento do som durante as

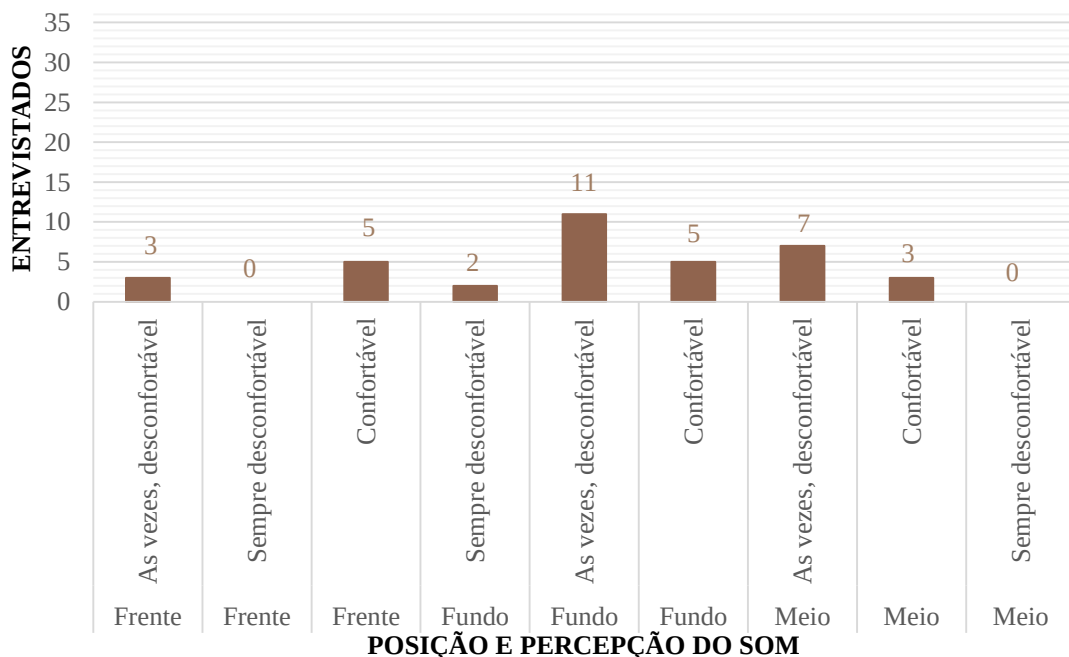
ministrações pelos usuários. Outra análise alternativa a essa abordagem, é estabelecer uma relação entre a sensação de desconforto e a posição do assento no ambiente, ver Gráfico 12. Dentre essas pessoas que sentam ao fundo 11 consideram que às vezes o som é desconfortável, duas sempre desconfortável e somente cinco pessoas consideram como confortável. Outra predominância para a noção de desconforto é os membros que sentam no meio do ambiente, dos quais sete defendem que as vezes é desconfortável, apenas três consideram como confortável o som nessa posição. Das pessoas que sentam na frente da plateia, cinco pessoas consideraram o som como confortável, porém três, às vezes acham desconfortável.

Gráfico 11- Sentimento de conforto em relação ao Som



Fonte: Autora, 2022

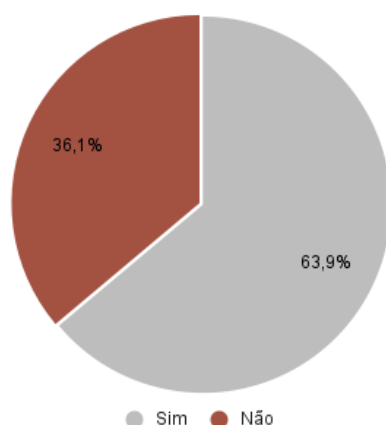
Gráfico 12- Relação entre a posição da plateia e a percepção de conforto dos usuários



Fonte: Autora, 2022

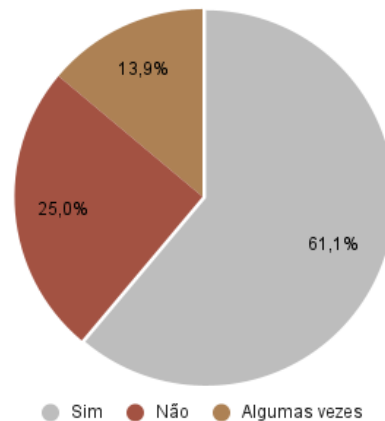
Com base nesses gráficos posteriores (Gráfico 11 e Gráfico 12) é possível corroborar que independentemente da posição há predominância da sensação de desconforto entre os usuários, mesmo aqueles que sentam em uma distância maior em relação a fonte sonora. Além da inteligibilidade, outros ruídos podem afetar na compreensão do que é falado, ao questionar se o cidadão consegue compreender tudo que é falado e cantado durante os cultos, dos 36 entrevistados, 63,9% (23 pessoas) responderam que sim, 36,1% (13 pessoas) que não. Muitos relataram durante a aplicação dos questionários que ouviam os ruídos provenientes do equipamento de amplificação do som.

Gráfico 13- Nível de compreensão sem ruídos dentro do ambiente

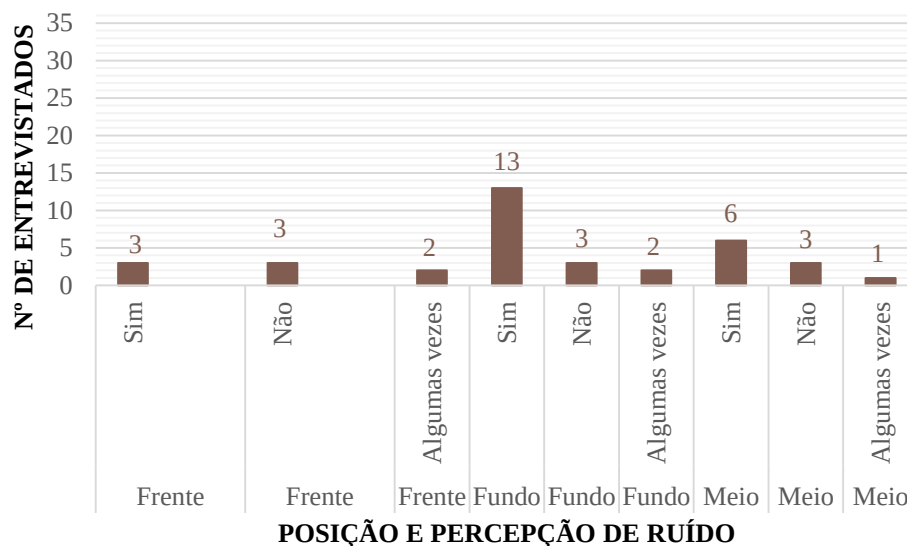


Fonte: Autora, 2022

No tocante ao isolamento acústico interno, para os entrevistados foi perguntado se é perceptível escutar durante o uso do templo, ruídos oriundos de atividades externas, ver Gráfico 14. Assim, foi constatado que 61,1% (22 pessoas) percebem ruídos externos, 25,0% (9 pessoas) não percebem e outros 13,9% (5 pessoas) verificam isso algumas vezes. Um dos fatores que pode ter influenciado nas respostas é a relação entre a posição da plateia e a arquitetura do espaço (Gráfico 15), por exemplo, dentre as pessoas que sentam ao fundo do ambiente 13 responderam que escutam ruídos externos, dois algumas vezes e três nenhuma vez. Dentre as posições estudadas que é onde há maior quantitativo de usuários (fundo do recinto), apenas 3 pessoas responderam nenhuma percepção de ruído. Um fator que pode ter ajudado nisso é a predominância de portas, janelas e cobogós locados no fim do ambiente, os quais permanecem abertos durante as ministrações.

Gráfico 14- Percepção dos usuários quanto aos ruídos externos

Fonte: Autora, 2022

Gráfico 15- Relação entre percepção do ruído externo e a posição do usuário na plateia

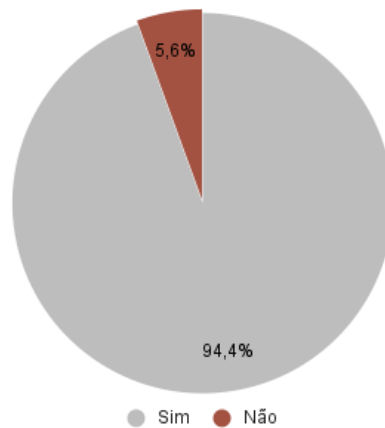
Fonte: Autora, 2022

Ainda sobre o Gráfico 15, na posição do meio há também predominância da percepção de ruídos externos durante os cultos, das quais seis pessoas concordam que dar para ouvir sons provenientes de fora da edificação, três pessoas afirmam que não, e uma pessoa que as vezes. Na frente, próximo ao palco, todavia, três pessoas disseram sim, três não e duas algumas vezes, para esse ponto um dos fatores que podem ter causado essa sensação, é a proximidade do palco e, por conseguinte, da fonte sonora, o que pode ocasionar o mascaramento do som externo, devido a maior intensidade do interno.

Contudo, para corroborar a relevância de um projeto de reforma para o ambiente da igreja (Gráfico 16), dentre os 36 entrevistados, 94,4% (34 pessoas) afirmaram ser necessário,

já 5,6% (2 pessoas) opinaram que não. Logo, com o apoio apresentado pelos usuários do espaço, essa pesquisa mostra sua importância como transformadora do meio social.

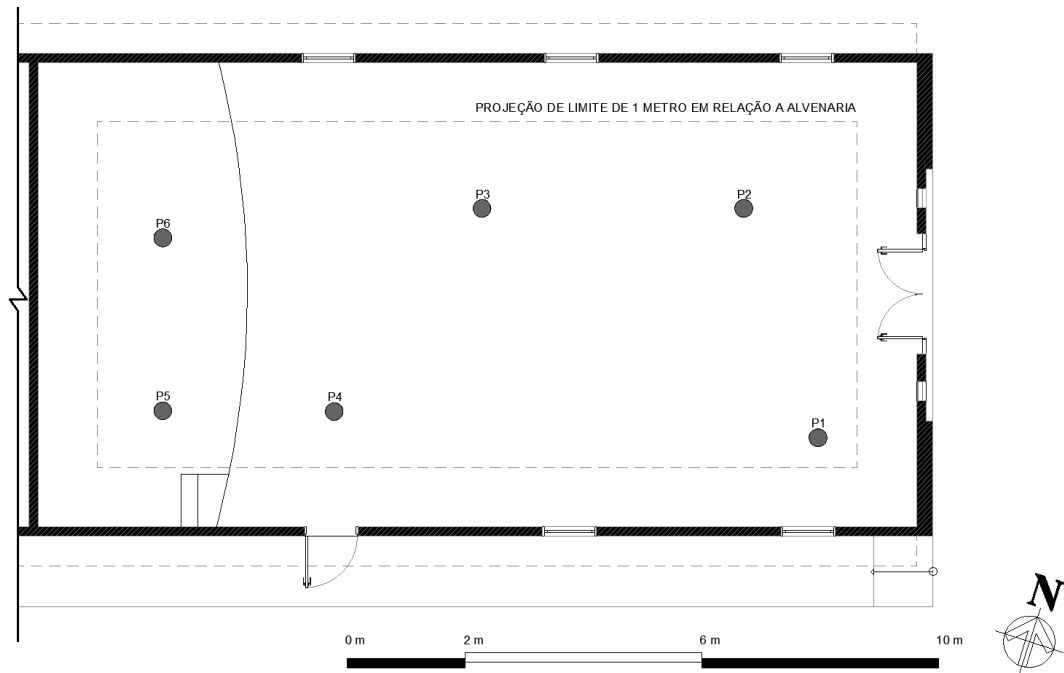
Gráfico 16- Opinião dos membros em relação ao projeto de intervenção



Fonte: Autora, 2022

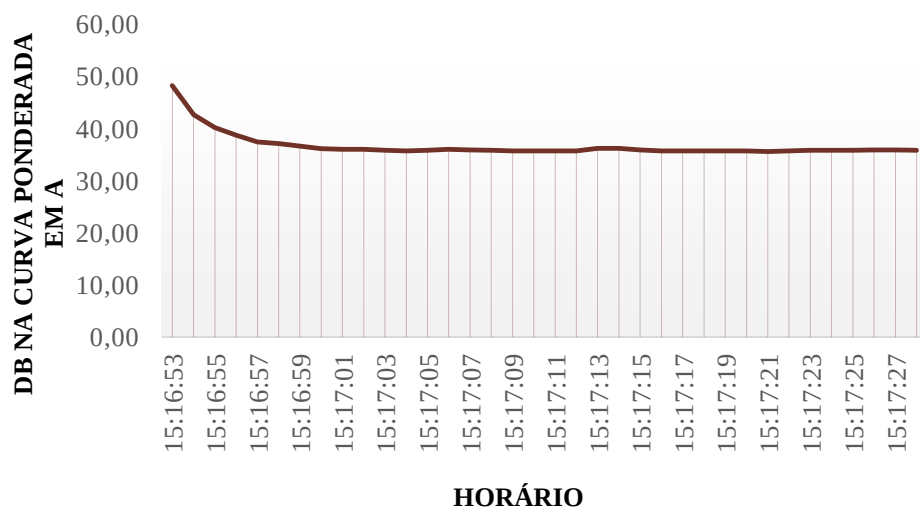
5.3. Nível de Ruído Interno

Como a área total do salão da igreja equivale a 116,34 m², foram computados um total de seis pontos de medição (Figura 50). Seguindo as recomendações descritas, são distribuídos os pontos e realizadas as medições para obter o RL_{Aeq} (Referência do nível de pressão sonora equivalente ponderada em A, representativo de um ambiente) e o RL_{ASmax} (Referência do nível máximo de pressão sonora representativo de um ambiente). E com isso foram gerados os gráficos de variação de pressão sonora em cada posição estabelecida. Vale ressaltar, que as medições foram realizadas com o recinto fechado e sem influência de ondas sonoras intermitentes.

Figura 50- Planta baixa: pontos de medição

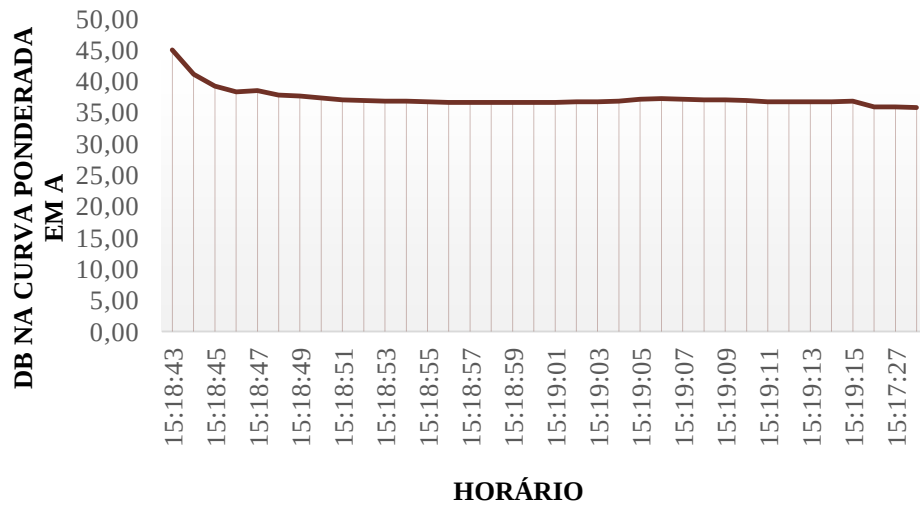
Fonte: Autora, 2022

No Ponto 01 (P1), as medições tiveram início às 15h16min53s e término às 15h17min28s do dia 19 de abril de 2022. O valor máximo obtido da medição equivale a 48,20 dB(A), enquanto o valor médio referente ao ponto 36,70 dB(A), (Gráfico 17).

Gráfico 17- dBA em tempo real- Ponto 01

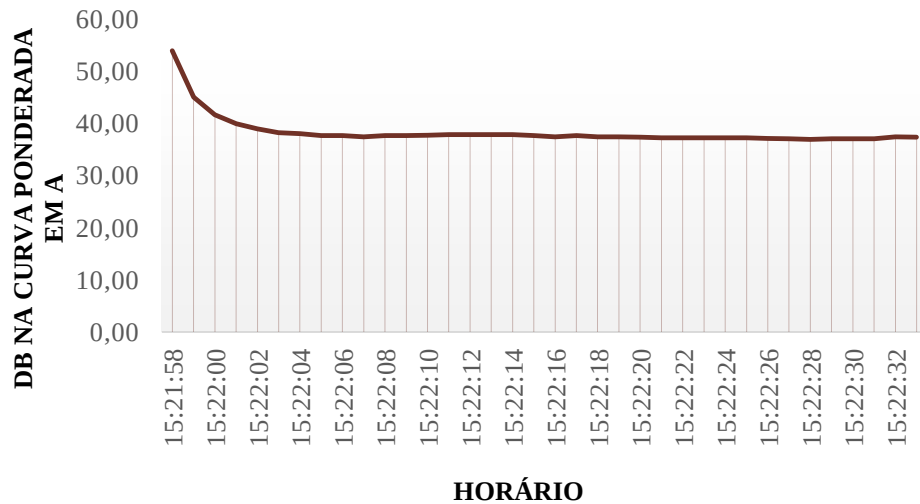
Fonte: Autora, 2022

No ponto 02 (P2), as medições tiveram início às 15h18min43s e término às 15h19min15s do dia 19 de abril de 2022. O valor máximo durante a medição foi igual a 45,00 dB(A), já o valor médio obtido foi 37,42 dB(A), (Gráfico 18).

Gráfico 18- dBA em tempo real- Ponto 02

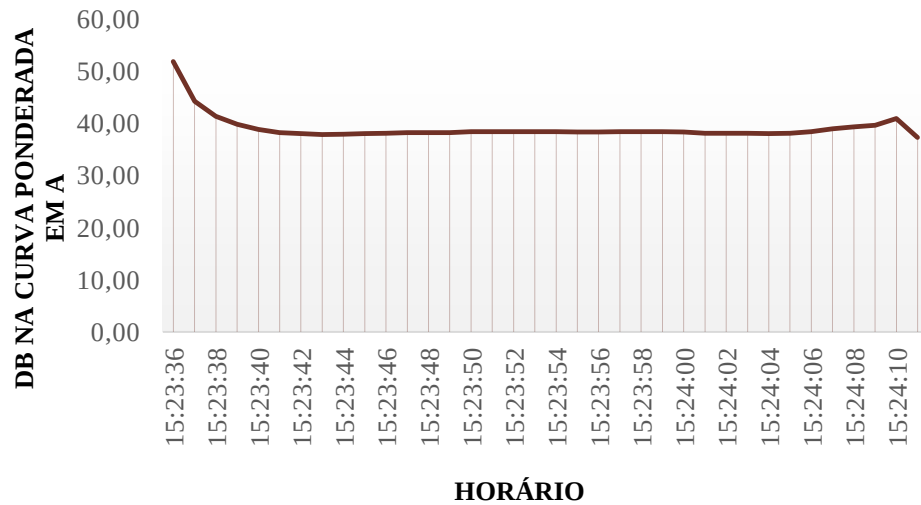
Fonte: Autora, 2022

No ponto 03 (P3), as medições tiveram início às 15h21min58s e término às 15h22min33s do dia 19 de abril de 2022. O valor máximo obtido ao longo da mediação correspondeu a 53,90 dB(A), enquanto o valor médio foi 38,32 dB(A), (Gráfico 19).

Gráfico 19- dBA em tempo real- Ponto 03

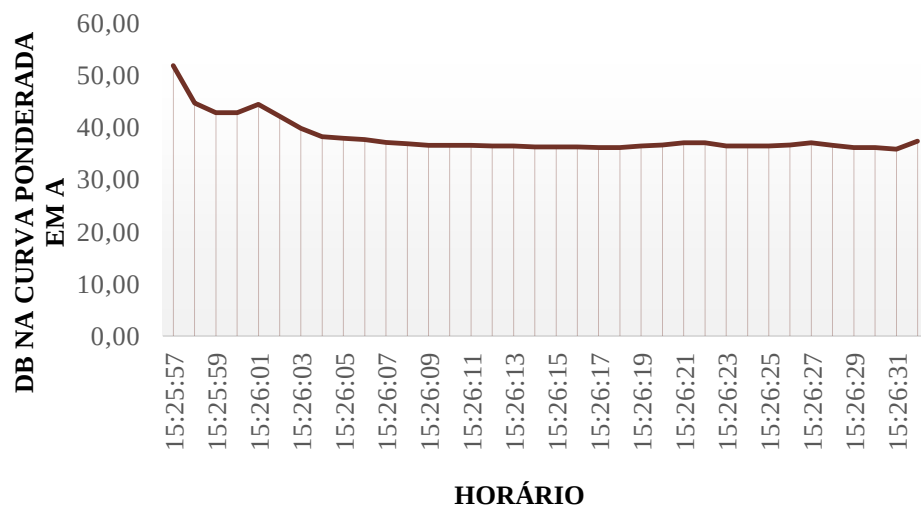
Fonte: Autora, 2022

No ponto 04 (P4), as medições tiveram início às 15h23min36s e término às 15h24min10s do dia 19 de abril de 2022. O valor máximo equivalente a medição foi igual a 51,80 dB(A), ora que o valor médio obtido foi 39,09 dB(A), (Gráfico 20).

Gráfico 20- dBA em tempo real- Ponto 04

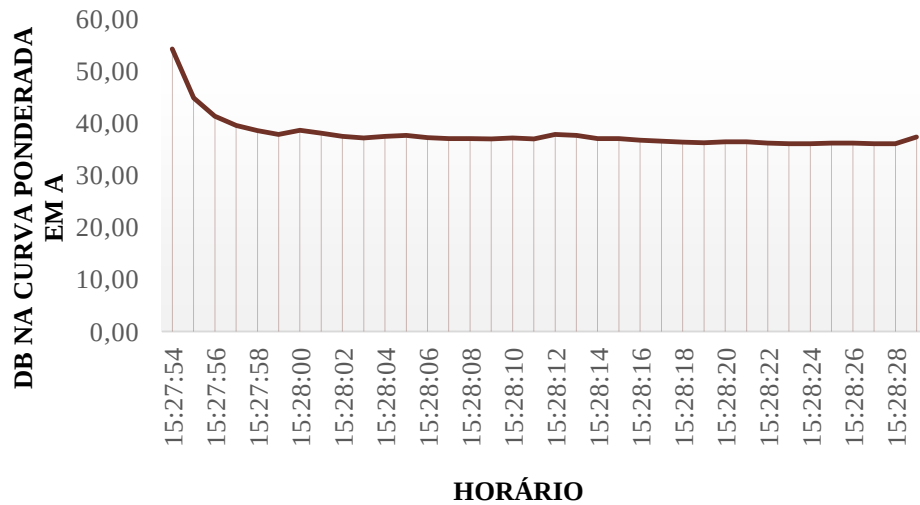
Fonte: Autora, 2022

No ponto 05 (P5), as medições tiveram início às 15h25min57s e término às 15h26min31s do dia 19 de abril de 2022. O valor máximo durante a medição foi igual a 51,80 dB(A), já o valor médio obtido foi 38,09 dB(A), (Gráfico 21).

Gráfico 21- dBA em tempo real- Ponto 05

Fonte: Autora, 2022

No ponto 06 (P6), as medições tiveram início às 15h27min54s e término às 15h28min28s do dia 19 de abril de 2022. O valor máximo durante a medição foi igual a 54,20 dB(A), já o valor médio obtido foi 37,84 dB(A), (Gráfico 22).

Gráfico 22- dBA em tempo real- Ponto 06

Fonte: Autora, 2022

Para realizar a análise do ambiente e verificar se está dentro dos parâmetros pedidos na normativa, na Tabela 3 são apresentados de forma resumida os valores máximos e médios dos pontos de medições, para serem aplicados nos cálculos de determinação do RL_{Aeq} o RL_{ASmax} .

Tabela 3-Valores máximos e médios dos pontos de medições

Ponto de Medição	Valor máximo (dB(A))	Valor médio (dB(A))
P1	48,20	36,70
P2	45,00	37,42
P3	53,90	38,32
P4	51,80	39,09
P5	51,80	38,09
P6	54,20	37,84

Fonte: Autora, 2022

Assim, como definido pela NBR 10152 (2017) na Tabela 03 p.13 (Figura 51) como o salão da igreja em estudo possui volume inferior a 600,00 m³ ($V = 439,95 \text{ m}^3$), o templo se classifica como “Templo religiosos pequenos ($\leq 600 \text{ m}^3$)”, tendo o seu valor de referência $RL_{Aeq} = 40 \text{ dB}$ e $RL_{ASmax} = 40 \text{ dB}$, de acordo com a normativa citada anteriormente.

Figura 51- Classificação do templo religioso de acordo com a NBR 10152

Tabela 3 (continuação)

Finalidade de uso	Valores de referência		
	RL_{Aeq} (dB)	RL_{ASmax} (dB)	RL_{NC}
Enfermarias	40	45	35
Laboratórios	45	50	40
Quartos coletivos	40	45	35
Quartos individuais	35	40	30
Salas de espera	45	50	40
Culturais e lazer			
Salões de festa	40	45	35
Restaurantes	45	50	40
Cinemas	35	40	30
Salas de concertos	30	35	25
Teatros	30	35	25
Templos religiosos pequenos ($\leq 600 \text{ m}^3$)	40	45	35
Templos religiosos grandes ($> 600 \text{ m}^3$)	35	40	30
Bibliotecas	40	45	35
Museus (exposições)	40	45	35
Estúdios de gravação audiovisual	25	30	20
Educacionais			

Fonte: ABNT, 2017, adaptado pela Autora, 2022

Logo, para calcular o RL_{Aeq} foram substituídos os valores encontrados das medições na equação para a obtenção do valor de referência equivalente do ambiente (Equação 7), o qual correspondeu a 37,97 dB(A). Para o RL_{ASmax} dentre os valores máximos verificados entre os pontos (Tabela 3, apresentada acima), o 06 apresentou o de maior valor, 54,20 dB(A), sendo este usado como parâmetro comparativo para os valores que estão estabelecidos pela NBR 10152 (2017).

Equação 7- Cálculo do RL_{Aeq} do ambiente

$$L_{Aeq} = 10 \times \log_{10} \left[\frac{1}{n} \times \left(10^{\frac{L_{Aeq,30s,p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,30s,p2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{Aeq,30s,pn}}{10}} \right) \right]$$

$$L_{Aeq} = 10 \times \log_{10} \left[\frac{1}{6} \times \left(10^{\frac{36,70}{10}} + 10^{\frac{37,42}{10}} + 10^{\frac{38,32}{10}} + 10^{\frac{39,09}{10}} + 10^{\frac{38,09}{10}} + 10^{\frac{37,84}{10}} \right) \right]$$

$$L_{Aeq} = 37,97 \text{ dB}$$

Fonte: Autora, 2022

Dessa forma, foi verificado que para o RL_{Aeq} o ambiente está em conformidade com o estabelecido pela normativa estudada, já o RL_{ASmax} ultrapassou o limite máximo definido pela NBR 10152, ver Tabela 4. **Assim, como principal parâmetro comparativo para a análise do isolamento interno do salão foi utilizado o RL_{Aeq} uma vez que ele representa uma média ponderada do ambiente, estando abaixo do valor máximo admitido pela NBR 10152. Um dos fatores que pode ter colaborado para o isolamento do espaço é o material da sua**

envoltória ser em tijolo maciço, pois como aponta a NBR 12179 (ABNT, 1992) para alvenaria de tijolo maciço com espessura de 20 cm o isolamento acústico em decibéis (500 Hz) equivale a 50 dB, demonstrando assim seu potencial para isolar um ambiente.

Tabela 4-Comparativo do RL_{Aeq} e RL_{ASmax} dá normativa com o calculado

Parâmetro	Valor pela NBR 10152 (dB(A))	Valor real do ambiente (dB(A))
RL_{Aeq}	40,00	37,97
RL_{ASmax}	45,00	54,20

Fonte: Autora (2022)

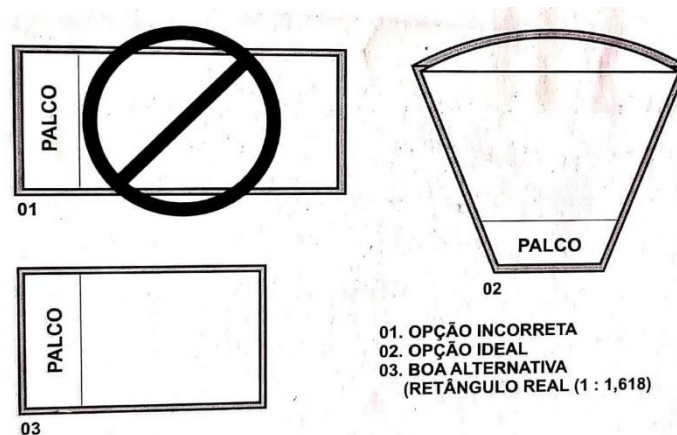
5.4. A Proposta

Com base nos resultados obtidos e discutidos anteriormente, foi verificado, em resumo, a necessidade de propor estratégias no salão da igreja que tenham como objetivo principal assegurar um tempo de reverberação real (TR_r) próximo ao ótimo (TR_o) a 500 Hz, bem como uma distribuição do som adequada, por meio de propostas de baixo custo. Para o isolamento, todavia, não serão apontadas novas diretrizes, uma vez que o RL_{Aeq} está em conformidade com o valor estabelecido pela NBR 10152.

Assim, restringindo a proposta para o condicionamento acústico, além dos cálculos do TR_r que serão demonstrados a seguir, algumas pontuações baseadas em considerações de Carvalho (2010) e Souza, Almeida e Bragança (2011), autores já apresentados no trabalho, foram destacadas para a elaboração projetual. Dentre os tópicos ponderados:

- **Foi verificado o formato entre o palco e plateia, se o espaço apresentado era proporcional, pois a forma interna interfere na boa audibilidade do ambiente.** Ao verificar o espaço estudado, salão da igreja, a proporção pouco se difere do retângulo real (1:1,618) definido por Carvalho (2011) como uma boa opção de formato, o ambiente em questão apresenta 1:1,89, não sendo feitas assim grandes modificações na sua geometria (Figura 52).

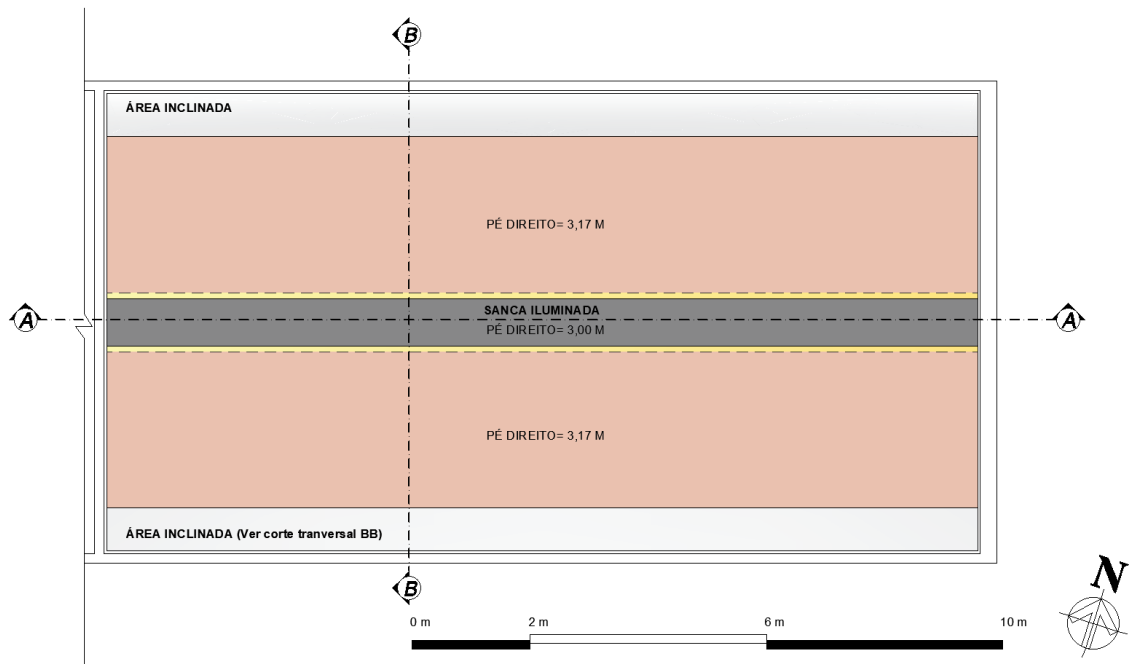
Figura 52- Forma proporcional para boa audibilidade



Fonte: Carvalho, 2011, p. 97

- **Priorizou-se a atividade da palavra falada (500 Hz), pois para espaços multiuso, como o salão da igreja, em que há o exercício de atividades como pregação e louvor, a finalidade do espaço muda.** Logo, para a análise em questão, priorizar a palavra falada foi determinante para o projeto de intervenção, pois “enquanto para a palavra falada a propagação e o decaimento sonoros são importantes, para a música, o crescimento e a sequência das reflexões sonora também são essenciais” (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2011, p.111).
- **O projeto de adequação foi proposto levando em consideração a lotação na plateia, pois esta serve como absorvedora sonora,** como afirma Souza, Almeida e Bragança (2011, p.137): “como a audiência é um elemento de grande absorção e a quantidade de público faz com que se altere o tempo de reverberação, aconselha-se que sejam feitos estudos tanto para a sala com audiência total como para uma lotação de 60% a 70%”.
- **Quanto as reflexões sonoras para a plateia e os músicos, foram adotadas superfícies inclinadas no forro de gesso.** O material utilizado para o forro, foi o gesso convencional, sendo previstas inclinações nas laterais para contribuir nas reflexões sonoras, e um rebaixo central (sanca iluminada), que possibilitou um desnivelamento no forro (Figura 53).

Figura 53- Planta de Esquemática: Forro de Gesso

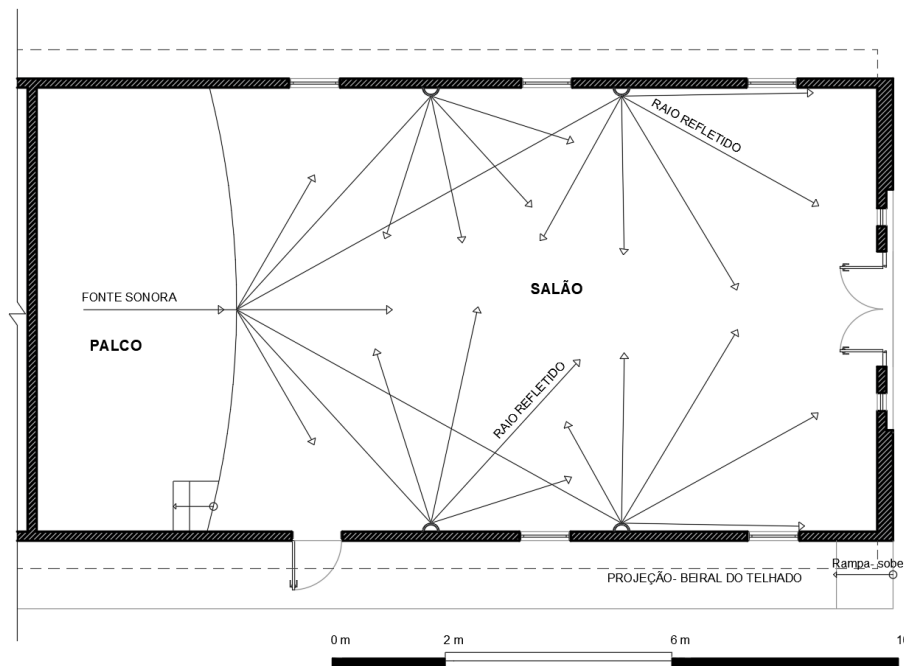


Fonte: Autora, 2022

- Foram evitadas superfícies paralelas, a fim de dificultar a criação de ondas estacionárias, sendo assim inseridas nas paredes paralelas (direita e esquerda) colunas em gesso com superfície convexa (meio círculo) para refletir os raios sonoros. Pois como aponta Souza, Almeida e Bragança (2011, p.115) acerca de soluções para as ondas estacionárias: “elementos difusores e a diferenciação das paredes por pequenas inclinações podem solucionar o problema”. Dessa forma, foram inseridas duas colunas em semicírculo de gesso pintadas (Figura 54), que por serem componentes convexas contribuem para reflexão dos raios sonoros em distintas direções¹¹.

¹¹ Para uma correta análise da distribuição dos raios sonoros no ambiente, é sugerido a utilização de softwares adequados para isso, ou cálculos manuais. Entretanto, para a proposta apresentada, tais técnicas não foram utilizadas, sendo demonstradas algumas estratégias de acordo com as pesquisas bibliográficas da autora.

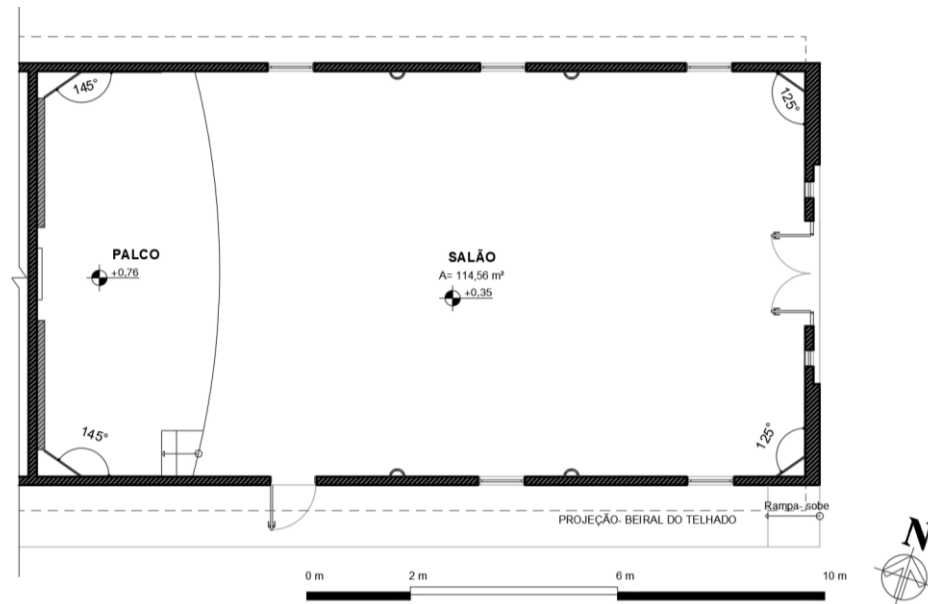
Figura 54- Reflexão sonora nas colunas



Fonte: Autora, 2022

- Para as paredes que formavam ângulo retos (90°) optou-se por criar elementos que possibilitassem a mudança desses, por ângulos obtusos ($>90^\circ$), a fim de evitar que as reflexões retornassem para a fonte sonora. Pois, “arestas que formam ângulos retos e agudos também apresentam pontos de grande superposição sonora” (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2011, p.116). Para isso, instalou-se painéis inclinados com ângulos superiores à 90° (Figura 55), sendo no palco o painel em madeira maciça e no fundo em gesso revestido em carpete.

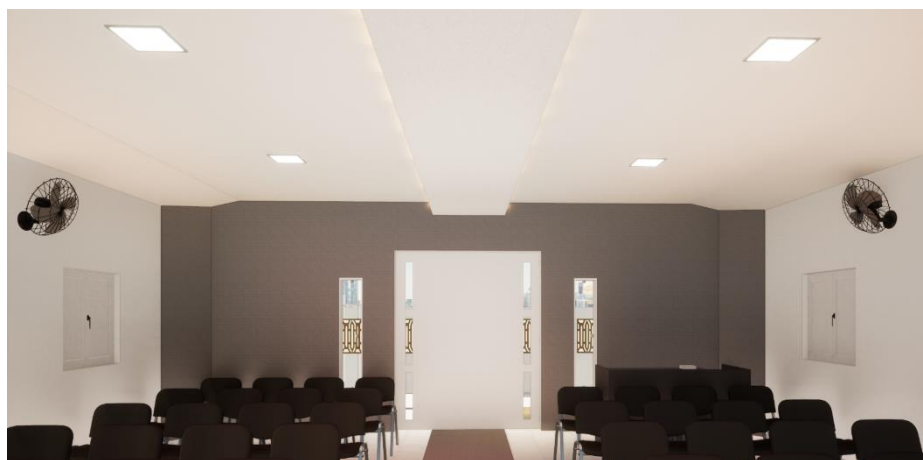
Figura 55- Ângulo de inclinação dos painéis



Fonte: Autora, 2022

- **Verificou-se a distância da fonte sonora até a última fileira da plateia, pois quando há uma distância superior a 11 metros há a possibilidade da geração de eco.** Como destaca Souza, Almeida e Bragança (2011, p.116): “lugares muito afastados da fonte sonora, para os quais a diferença entre as distâncias percorridas pelos raios refletidos é o raio direto é maior que 11 m (Figura 128), estão sujeitos ao eco”. **Assim, como estratégia foi aplicado um material com maior índice de absorção (carpete) na parede posterior, a fim de impedir a propagação de eco no fundo do salão (Figura 56).**

Figura 56- Imagem renderizada: Parede posterior

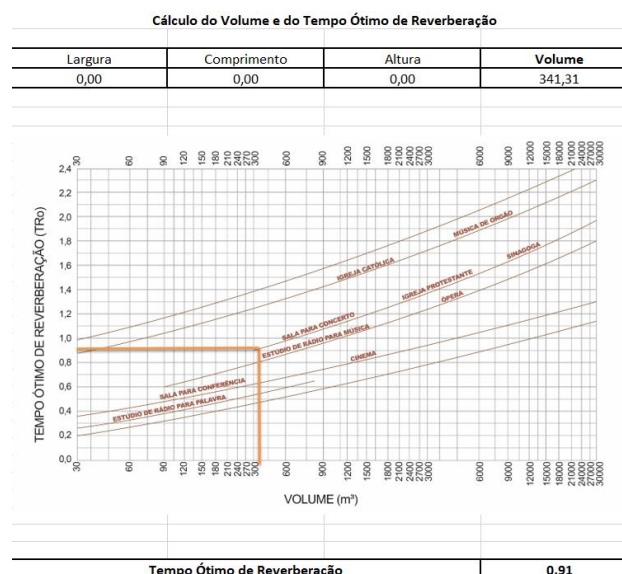


Fonte: Autora, 2022

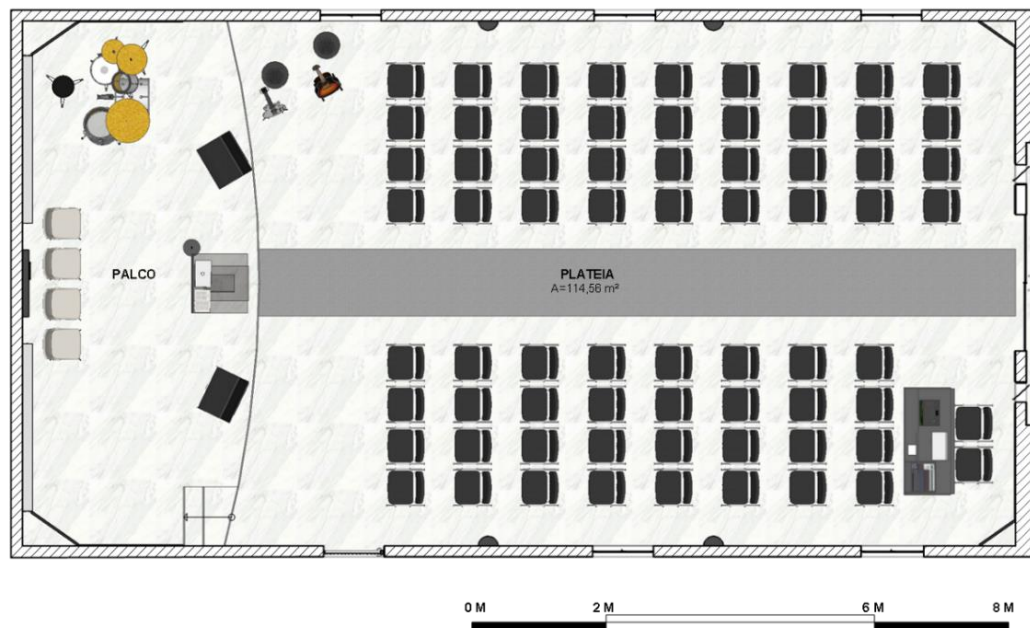
- **Aproveitou-se o piso/palco onde acontece as apresentações de música para manter a ressonância, assim, na área do palco, tanto no piso quanto nos elementos das paredes foram utilizados materiais com menor coeficiente de absorção, com o intuito de garantir maiores reflexões.** Isso é defendido por Souza, Almeida e Bragança (2011, p.122): “seu piso pode ser aproveitado para promover a ressonância, ou seja, piso de madeira sobre camada de ar é uma característica apropriada para palcos de orquestras”. Entretanto, devido aos custos mais elevados o piso de madeira não foi adotado, porém, foi utilizado porcelanato que também tem um coeficiente de absorção inferior.

Com o embasamento nestas considerações, e tendo como objetivo propor um projeto de condicionamento acústico que tenha como base o uso de materiais de baixo custo e de fácil acesso no mercado, em primeira instância foi elaborado o forro de gesso e os novos elementos internos (colunas e painéis inclinados), pois como modificava o pé direito e volume interno do salão, um novo TR_o foi calculado para o espaço. Assim, a nova volumetria interna correspondeu a 341,31 m³ e a área do piso 114,56 m², sendo novo o TR_o equivalente a 0,91 (Figura 57). **Com base nisso, a proposta (Figura 58) foi planejada seguindo tal parâmetro e priorizando um padrão de ocupação de 65%, como recomendado pelas literaturas a fim de evitar grandes diferenciações quando houver maior ou menor lotação, e tendo em vista também, os cenários de ocupação já discutidos anteriormente.**

Figura 57- Gráfico com Tempo ótimo (PROPOSTA)



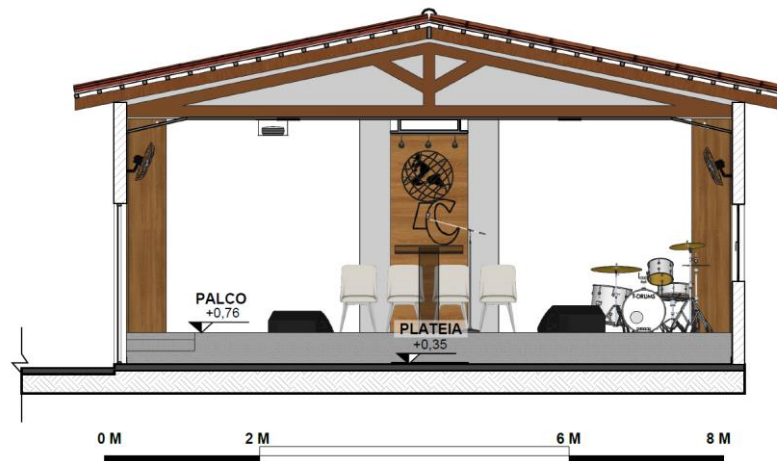
Fonte: Autora, 2022, Adaptado da ABNT, 1992, p.9

Figura 58- Planta de Layout: PROPOSTA

Fonte: Autora, 2022

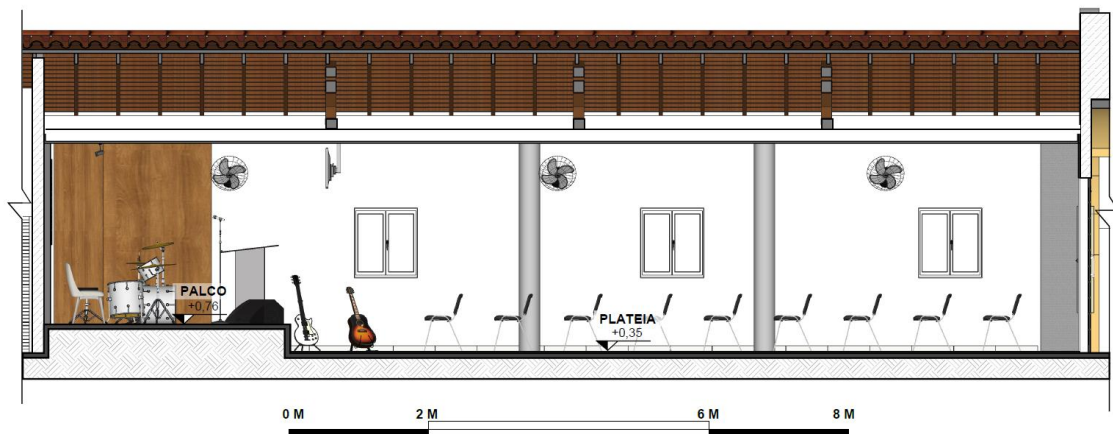
Para o palco, além das superfícies inclinadas especificadas, priorizou-se a aplicação de materiais com baixo coeficiente de absorção com o objetivo de favorecer as reflexões no altar, dentre eles se tem: porcelanato no piso, painéis de madeira maciça envernizada nas paredes, púlpito de vidro, forro de gesso e volumes em alvenaria comum pintada (Figura 59). Além disso, substituiu-se as cadeiras de plástico existentes por acolchoadas, tanto na área da plateia quanto no palco. Ainda, adicionou-se um detalhe no piso em tapete e a parede da elevação do palco foi revestida em carpete semelhante ao da parede posterior. Por último, todas as esquadrias de madeira foram substituídas por de giros em alumínio branco (Figura 60). O cobogó existente também foi trocado por uma janela pivotante em alumínio branco e vidro.

Figura 59- Corte transversal (BB)- PROPOSTA



Fonte: Autora, 2022

Figura 60- Corte longitudinal (AA)- PROPOSTA



Fonte: Autora, 2022

Ao aplicar tais estratégias, foram feitos simultaneamente os cálculos considerando as áreas das superfícies e os materiais utilizados (Quadro 5, Ver apêndice). **Dessa forma, visto que foi priorizada a palavra fala a 500 Hz e uma ocupação de 65%, tem-se o $\sum S_{\alpha} = 60,11$ e o $V = 341,31 \text{ m}^3$, logo o valor do tempo de reverberação real (TR_r) da nova proposta equivale a 0,91(Equação 8). Dessa forma, como o tempo de reverberação ótimo (TR_o) correspondeu a 0,91, a recomendação para esse cenário de ocupação está acordo com a NBR 12179 (ABNT, 1992).**

Equação 8- Tempo de Reverberação Real (PROPOSTA)

$$TR = 0,161 \times \frac{V}{\sum S_{\alpha}}$$

$$TR = 0,161 \times \frac{341,31}{60,11}$$

$$TR = 0,91$$

Fonte: Autora, 2022

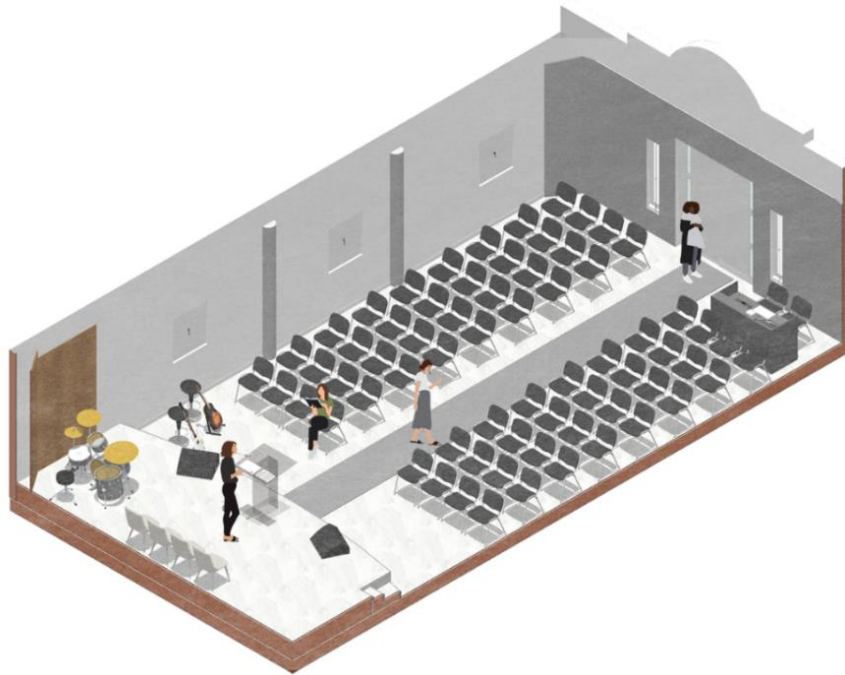
Ainda, um detalhe nos elementos inseridos no palco foi a logomarca da igreja que foi instalada no painel de madeira, como é verificado nas imagens seguintes. Assim, como proposta final e para verificar uma leitura geral do projeto, segue as perspectivas do ambiente em diferentes ângulos (Figura 61 e Figura 62), nas quais é possível analisar os elementos citados acima que colaboraram para as soluções apresentadas.

Figura 61- Perspectiva 01: vista para o palco



Fonte: Autora, 2022

Figura 62- Perspectiva 02: vista para a porta de entrada



Fonte: Autora, 2022

Concluídas as apresentações, e visto que com tais estratégias o ambiente está tratado acusticamente, segue abaixo as imagens renderizadas para complementação visual e entendimento da proposta defendida (Figura 63, Figura 64, Figura 65 e Figura 66). Assim, a proposta demonstra que é possível elaborar um projeto de condicionamento acústico para uma igreja de pequeno porte com materiais de baixo custo e atendendo os usos do local.

Figura 63- Imagem renderizada: Palco e plateia



Fonte: Autora, 2022

Figura 64- Imagem Renderizada: Palco



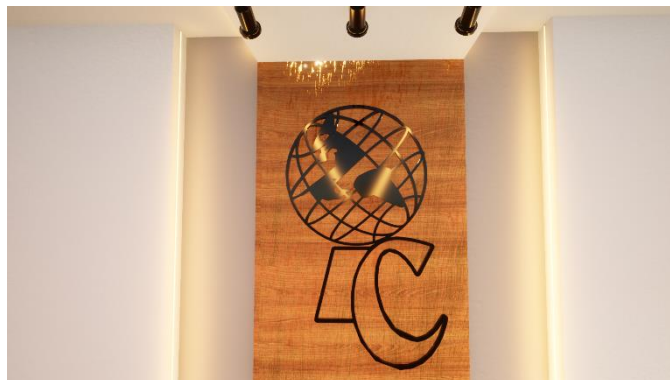
Fonte: Autora, 2022

Figura 65- Imagem Renderizada: Vista do palco para a plateia



Fonte: Autora, 2022

Figura 66- Imagem Renderizada: Detalhe da logo da igreja



Fonte: Autora, 2022

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com bases nos argumentos expostos, foi corroborado que ao pesquisar sobre tratamento acústico, distintos parâmetros devem ser analisados. Para a pesquisa em questão, foi investigado o tempo de reverberação (TR) e o nível de pressão sonora (NPS), determinantes no condicionamento acústico e isolamento acústico, respectivamente. Para as igrejas, todavia, por serem consideradas como espaço multiuso há uma complexidade na elaboração de propostas acústicas que se adequem a estes ambientes. Em vista dos pontos denotados no trabalho e pelas referências utilizadas, há a necessidade de uma investigação aprofundada na área a fim de alcançar estratégias de melhorias na qualidade acústica desses locais.

O objetivo geral deste trabalho visava propor um projeto de tratamento acústico para o salão da igreja evangélica em estudo, de acordo com o tempo de reverberação e o nível de pressão sonora adequado ao local, sendo esse executado. Porém, as propostas de intervenções se restringiram a obtenção o tempo de reverberação e distribuição do som adequados, pois o RL_{Aeq} analisado obteve valor abaixo do máximo estabelecido pela NBR 10152, estando em acordo com a normativa.

Como base nos resultados, os materiais e volume atuais do salão do templo comprometem o tempo de reverberação real por apresentarem a predominância de materiais pouco absorventes. Foi comprovado (além da percepção da autora) a desconformidade do espaço em relação ao tempo de reverberação ótimo (TR_o) estabelecido pela NBR 12179, o que pode acarretar no ambiente um prolongamento e mascaramento do som, dificultando a inteligibilidade do espaço.

A proposta de intervenção elaborada apresentou estratégias de baixo custo econômico, viáveis para a igreja, priorizando a palavra falada a 500 Hz e a distribuição uniforme do som. Contudo, para a concepção de um projeto de tratamento acústico completo, mais parâmetros devem ser analisados, como tempo de decaimento, ruído de fundo, dentro outros, sendo possível, assim, obter novas preposições, e a partir disso, direcionamentos futuros. Se espera, portanto, que esta pesquisa seja utilizada como base teórica e prática para o desenvolvimento e aplicação da área em outros estudos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica- medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas- aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019, 25 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017, 22 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992. 9 p. Disponível em: <<https://querosossego.files.wordpress.com/2008/08/abnt-nbr-12179.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais- Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021, 98 p.

ARCHDAILY. **Oasis** – Pastoral Care Voestalpine/ x architekten. 2011. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/190472/oasis-pastoral-care-voestalpine-x-architekten/5016f87528ba0d235b000729-oasis-pastoral-care-voestalpine-x-architekten-photo>>. Acesso em: 06 mar. 2022.

AMORIM, Adriana; LICARÃO, Carolina. **Introdução ao Conforto Acústico**. 2005. – E-Labora: Laboratório de e-Leaning. Disponível em: http://www.fec.unicamp.br/~luharris/galeria/ic042_05/TIDIA-ae_TopicoA_mat-apoio_S03_C-Acustico.pdf. Acesso em: 05 mar. 2022

BISTAFA, SYLVIO R. **Acústica Aplicada ao controle do ruído**. – 3 ed. – São Paulo: Blucher, 2018. 436 p.: il.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica**. 2 ed. –Brasília: Theasaurus, 2010. 238 p.; il.

COSTA, ENNIO CRUZ DA. **Acústica Técnica**. São Paulo: Blucher, 2003.

DAGA, Clarice Cavalcante. **Avaliação do conforto acústico em Ambientes de Ensino e Aprendizagem: Estudo de caso de Salas de Aula do Instituto central de Ciência- ICC**. 2019. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF 106 p.

HIRASHIMA, SIMONE QUEIROZ DA SILVEIRA; ASSIS, ELEONORA SAD DA. **Percepção sonora e conforto acústico em espaços urbanos do município de Belo Horizonte, MG**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.17, n.1, p. 7-22, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/QDd7FS44CDJHMJ66BtJnpBJ/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 06 nov. 2021

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9749&t=destaques>>. Acesso em: 04 nov. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**: número de católicos cai e aumenta o de evangélicos, espíritas e sem religião. Agência IBGE. 2012. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14244-asi-censo-2010-numero-de-catolicos-cai-e-aumenta-o-de-evangelicos-espíritas-e-sem-religiao>. Acesso em: 04 nov. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados:** Limoeiro do Norte. 2020, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/limoeiro-do-norte.html>> . Acesso em: 04 nov. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse de Limoeiro do Norte.** Estante dos escritores limoerenses. Limoeiro do Norte: 2005.

MARTINS JUNIOR, JOAQUIM. **Como escrever trabalhos de conclusão de curso:** instruções para planejar e montar, desenvolver, concluir, redigir e apresentar trabalhos monográficos e artigos. 9.ed.- Petrópolis, RJ: Vozes, 2015.

MÄHLMANN, F. G.; SCOPEL, V. G.; MARIANO, G.F.; CASTAGNA, A. C.; MOURA, P. M. **Conforto Ambiental.** [revisão técnica: Sabrina Assmann Lücke].-Porto Alegre: SAGAH, 2018.

MORAIS JUNIOR, JOSÉ EUGENIO SILVA DE. **Acústica de caso da qualidade acústica em templos evangélicos com diferentes usos sonos.** 2020, 142 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/30246>> . Acesso em: 24 out. 2021.

MOSCATI, SANDRA RACHEL. **Desempenho acústico de templos e igrejas:** subsídios à normalização. 2013. 153 p. Dissertação (Mestrado) - Tecnologia da Arquitetura, FAUUSP, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-06062013-143321/publico/dissertacao_sandrarachel_revisada.pdf>. Acesso em: 24 out. 2021.

NEVES, JOSÉ LUÍS. **Pesquisa Qualitativa-** Características, usos e possibilidades. São Paulo: Caderno de Pesquisas em Administração, v. 1, n 3, 1996. Disponível em: <https://www.hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/NEVES-Pesquisa_Qualitativa.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2021.

OLIVEIRA, NÁDIA FREIRE. **Avaliação acústica de salas de aula de dimensões reduzidas através da técnica impulsiva.** Dissertação (Mestrado) - Universidades Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP: [s.n], 2006. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258527/1/Oliveira_NadiaFreire_M.pdf>. Acesso em: 24 out. 2021.

PHYSIKALISCH- TECHNISCHE BUNDESANSTALT NATIONALES METROLOGIEINSTITUT (PTB). **The Room Acoustics Absorption Coeficiente Database.** Disponível em: <<https://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt1/fb-16/ag-163/absorption-coefficient-database.html>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

PREFEITURA DE LIMOEOIRO DO NORTE. **O município:** Dados do município. 2022. Disponível em: <<https://www.limoeirodonorte.ce.gov.br/omunicipio.php>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

REMORINI, Silvana Laiz, et al. **Conforto Ambiental:** Ventilação e acústica. 2021. Revisão técnica: Ana Cristina Castagna.- Porto Alegre: SAGAH, 2021.

SANTOS, Paula Constante. Banco de Dados de Características Acústicas. FAUSP, 2003.

SILVA, KLEYTON DE SENA SILVA. **Conforto acústico na concepção do projeto de arquitetura.** Estudo de Caso: Igrejas Evangélicas A Pioneira no Município de Macapá. 2010. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Amapá- UNIFAP, 2010. Disponível em: <<https://www2.unifap.br/arquitetura/files/2020/07/Silva-2011-Conforto-acustico-na-concepcao-do-projeto-de-arqui.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2021.

SOUZA, Ingrid Knochenhauer de. **Performance acústica de uma igreja protestante de médias dimensões**. 2016. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/164590>>. Acesso em: 24 out. 2021.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA; Luís. **Bê-á-Bá da acústica arquitetônica**: ouvindo a Arquitetura. –São Carlos: EdUFSCAR, 2011. 149 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). Planilha Absorção Sonora AUT0278. 2018. Disponível em: < <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2445472&forceview=1>>. Acesso em: 23 maio 2022.

WEBER, Fernando Pinheiro. **Ergonomia e conforto ambiental**. Revisão Técnica: Henrique Martins Rocha- Porto Alegre: SAGAH, 2018.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO- TCLE

Convidamos o(a) Senhor(a) a participar de forma voluntária da pesquisa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado como VERIFICAÇÃO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO (TR) E DO ISOLAMENTO ACÚSTICO DE UMA IGREJA EVANGÉLICA EM LIMOEIRO DO NORTE-CE, sob a responsabilidade da graduanda Wiriany Kátia Ferreira Silva e orientação do Prof. Dr. Eduardo Raimundo Dias Nunes. **A aplicação do questionário objetiva investigar a percepção dos membros da Igreja de Cristo do Sítio Quixaba de Limoeiro do Norte-CE, quanto os problemas inerentes a acústica do local, tendo como foco a relação indivíduo e a arquitetura.**

Antes da aplicação do formulário, o(a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários para a resolução do questionário. Lhe asseguramos que os seus dados fornecidos não aparecerão e serão mantidos em sigilo, garantindo omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo.

A sua participação no estudo se dará mediante as respostas **ao questionário que será aplicado de forma presencial com o auxílio da pesquisadora, na data e hora determinada. Em caso de aceite, a sua participação irá contribuir para a elaboração de um projeto de tratamento acústico para o recinto, e com isso, promover melhorias futuras no local de estudo.**

Em vista de qualquer questão de lhe traga constrangimento ou algum prejuízo, em qualquer momento o(a) senhor pode se recusar a responder ou desistir da participação na pesquisa. Por ser uma participação voluntária, não haverá nenhuma forma de pagamento pela sua colaboração.

Os resultados dessa pesquisa estarão disponíveis no repositório da Universidade Federal Rural do Semi-Árido podendo ser publicados posteriormente. O dado colhido dessa parte da pesquisa ficará sobre responsabilidade da pesquisadora em um período de tempo de cinco anos, sendo destruídos após isso.

Em caso de dúvidas, o Senhor(a) pode entrar em contato com a pesquisadora por meio do telefone **(88) 99480-2001** e pelo e-mail: **wirianykatia16@gmail.com**.

Em concordância de todos os pontos apresentados, pedimos que assine este documento, elaborado em duas vias, uma ficará com a responsável pela pesquisa e a outra com o participante.

Assinatura do entrevistado

Pesquisadora Responsável- Wiriany Kátia Ferreira Silva

Limoeiro do Norte-CE, ____ de _____ de 20 ____.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS MEMBROS DA IGREJA DE CRISTO DO SÍTIO QUIXABA, LIMOEIRO DO NORTE- CE

Este questionário é parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da Graduanda Wiriany Kátia Ferreira Silva da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Pau dos Ferros no Rio Grande do Norte. O Objeto de pesquisa do estudo é a Igreja de Cristo do Sítio Quixaba em Limoeiro do Norte- CE, queremos sua opinião acerca do conforto acústico do salão do recinto.

1.Nome completo: _____

() Estou de acordo com o TCLE apresentado pela pesquisadora.

2. Idade

() 18-25 anos () 26- 35 anos () acima de 35 anos

3.Reside na comunidade do Sítio Quixaba?

() sim () não

4.Acredita que a Igreja de Cristo faz parte da história da comunidade?

() Sim, ajudou no crescimento da comunidade e é simbólica para os moradores

() Não, é somente um local que a população frequenta, sendo importante somente para os membros que congrega.

() Não sei responder

5.É membro da Igreja de Cristo a quanto tempo?

() 1-5 anos

() 5-10 anos

() Mais de 10 anos

6.Como usuário do local, você consegue ouvir com nitidez a pregação, sons de louvores e danças?

() Sim () Não

7. Se não, você acredita que isso estaria ligado a (o):

() Problema somente no som da igreja

() Problema na arquitetura da igreja

() Ambos

8.Onde habitualmente você se senta na congregação?

() Frente () Meio () Fundo

9.A posição em que você se sente na igreja se dá, porque:

() Escuto e compreendo melhor a ministração próximo ao púlpito

() No meio da plateia consigo ainda escutar bem e visualizar bem o púlpito

() Me sinto mais confortável no fundo pois o som as vezes incomoda

☐ Nenhuma das alternativas

10.Com relação ao som, você se sente:

() Confortável () As vezes, desconfortável () Sempre desconfortável

11.Você consegue compreender tudo que é falado e cantado durante os cultos?

() Sim () Não

12.Você acha necessária uma reforma no salão da igreja que proporcione mais bem-estar e melhor compreensão do som no local?

() Sim () Não

13.Durante os cultos, é possível perceber ruídos de outras atividades fora da igreja, como o trânsito de automóveis, pedestres?

() Sim () Não () Algumas vezes

**APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO A AGENTE DE SAÚDE DA
COMUNIDADE DO SÍTIO QUIXABA, LIMOEIRO DO NORTE- CE**

Este questionário é parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da Graduanda Wiriany Kátia Ferreira Silva da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Pau dos Ferros no Rio Grande do Norte. O Objeto de pesquisa do estudo é a Igreja de Cristo do Sítio Quixaba em Limoeiro do Norte- CE, queremos sua opinião acerca do conforto acústico do salão do recinto.

1.Nome completo: _____

() Estou de acordo com o TCLE apresentado pela pesquisadora.

2.Idade

() 18-25 anos () 26- 35 anos () acima de 35 anos

3.Quantos habitantes residem na comunidade? _____

**APÊNDICE D- QUESTIONÁRIO APLICADO AO PASTOR DA IGREJA DE CRISTO
DO SÍTIO QUIXABA, LIMOEIRO DO NORTE- CE**

Este questionário é parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da Graduanda Wiriany Kátia Ferreira Silva da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Pau dos Ferros no Rio Grande do Norte. O Objeto de pesquisa do estudo é a Igreja de Cristo do Sítio Quixaba em Limoeiro do Norte- CE, queremos sua opinião acerca do conforto acústico do salão do recinto.

1.Nome completo: _____

() Estou de acordo com o TCLE apresentado pela pesquisadora.

2. Idade

() 18-25 anos () 26- 35 anos () acima de 35 anos

3. Quantos membros são efetivos na igreja? _____

APÊNDICE E- QUADRO DO SOMATÓRIO DAS ABSORÇÕES (CENÁRIO 01)

Quadro 2-Absorção sonora dos materiais (Somatório)-CENÁRIO 01

Superfície	Descrição	Quantidade	Área (m²)	Coef. de Absorção	Absorção do Material
Piso	Cimento	-	116,34	0,01	1,16
Teto	Telha cerâmica com superfície lisa	-	125,94	0,01	1,26
Parede 01 (Direita)	Parede com alvenaria pintada	-	47,58	0,02	0,95
Parede 02 (Frontal)	Parede com alvenaria pintada	-	26,50	0,02	0,54
Elevação (Palco)	cimento		3,87	0,01	0,04
Parede 03 (Esquerda)	Parede com alvenaria pintada	-	46,61	0,02	0,93
Parede 04 (Posterior)	Parede com alvenaria pintada	-	24,27	0,02	0,49
Tesoura de madeira	Madeira maciça	3,00	9,76	0,05	1,46
Cobogó (C2)	Cimento	2,00	0,5	0,01	0,01
Porta (P1)	Madeira maciça	1,00	5,10	0,05	0,26
Portas (P2)	Metal	1,00	1,87	0,00	0,00
Janelas (J2)	Madeira maciça	3,00	0,91	0,05	0,14
Janelas (J4)	Madeira maciça	1,00	0,91	0,05	0,05
Janelas (J5)	Madeira maciça	1,00	0,92	0,05	0,05
Cadeiras de plásticos	Pessoas sentadas cadeira de plástico	68,00	-	0,80	54,40
Mesa de plástico	Mesa de plástico	2,00	-	0,10	0,20
Cadeira de madeira	Público em cadeira de	4,00	-	0,56	2,24

	madeira 1 p/m ²				
Ventiladores	Ventiladores de parede	6,00	-	0,50	3,00
Pulpito de vidro	Vidro comum	1,00	3,23	0,03	0,10
Músicos com instrumentos	Músicos de orquestra	3,00	-	1,07	3,21
				Somatório das absorções ($\sum S_{\alpha}$)	70,47

Fonte: Autora, 2022

APÊNDICE F- QUADRO DO SOMATÓRIO DAS ABSORÇÕES (CENÁRIO 02)

Quadro 3- Absorção sonora dos materiais (Somatório)- CENÁRIO 02

Superfície	Descrição	Quantidade	Área (m²)	Coef. de Absorção	Absorção do Material
Piso	Cimento	-	116,34	0,01	0,91
Teto	Telha cerâmica com superfície lisa	-	125,94	0,01	1,76
Parede 01 (Direita)	Parede com alvenaria pintada	-	47,58	0,02	0,95
Parede 02 (Frontal)	Parede com alvenaria pintada	-	26,50	0,02	0,54
Elevação (Palco)	cimento		3,87	0,01	0,04
Parede 03 (Esquerda)	Parede com alvenaria pintada	-	46,61	0,02	0,93
Parede 04 (Posterior)	Parede com alvenaria pintada	-	24,27	0,02	0,49
Tesoura de madeira	Madeira maciça	3,00	9,76	0,05	1,46
Cobogó (C2)	Cimento	2,00	0,5	0,01	0,01
Porta (P1)	Madeira maciça	1,00	5,10	0,05	0,26
Portas (P2)	Metal	1,00	1,87	0,00	0,00
Janelas (J2)	Madeira maciça	3,00	0,91	0,05	0,14
Janelas (J4)	Madeira maciça	1,00	0,91	0,05	0,05
Janelas (J5)	Madeira maciça	1,00	0,92	0,05	0,05
Cadeiras de plásticos	Cadeira de plástico vazia	45,00	-	0,10	4,10
Cadeiras de plásticos	Pessoas sentadas cadeira de plástico	23,00	-	0,80	16,00

Mesa de plástico	Mesa de plástico	2,00	-	0,10	0,20
Cadeira de madeira	Cadeira de madeira vazia	2,00	-	0,00	0,00
Cadeira de madeira	Público em cadeira de madeira 1 p/m ²	2,00	-	0,56	2,24
Ventiladores	Ventiladores de parede	6,00	-	0,50	3,00
Pulpito de vidro	Vidro comum	1,00	3,23	0,03	0,10
Músicos com instrumentos	Músicos de orquestra	0,00	-	1,07	0,00
				Somatório das absorções (ΣS_{α})	34,64

Fonte: Autora, 2022

APÊNDICE G- QUADRO DO SOMATÓRIO DAS ABSORÇÕES (CENÁRIO 03)

Quadro 4- Absorção sonora dos materiais (Somatório)- CENÁRIO 03

Superfície	Descrição	Quantidade	Área (m²)	Coef. de Absorção	Absorção do Material
Piso	Cimento	-	116,34	0,01	0,91
Teto	Telha cerâmica com superfície lisa	-	125,94	0,01	1,76
Parede 01 (Direita)	Parede com alvenaria pintada	-	47,58	0,02	0,95
Parede 02 (Frontal)	Parede com alvenaria pintada	-	26,50	0,02	0,54
Elevação (Palco)	cimento		3,87	0,01	0,04
Parede 03 (Esquerda)	Parede com alvenaria pintada	-	46,61	0,02	0,93
Parede 04 (Posterior)	Parede com alvenaria pintada	-	24,27	0,02	0,49
Tesoura de madeira	Madeira maciça	3,00	9,76	0,05	1,46
Cobogó (C2)	Cimento	2,00	0,5	0,01	0,01
Porta (P1)	Madeira maciça	1,00	5,10	0,05	0,26
Portas (P2)	Metal	1,00	1,87	0,00	0,00
Janelas (J2)	Madeira maciça	3,00	0,91	0,05	0,14
Janelas (J4)	Madeira maciça	1,00	0,91	0,05	0,05
Janelas (J5)	Madeira maciça	1,00	0,92	0,05	0,05
Cadeiras de plásticos	cadeira de plástico	68,00	-	0,10	6,80
Mesa de plástico	Mesa de plástico	2,00	-	0,10	0,20
Cadeira de madeira	Cadeira de madeira vazia	4,00	-	0,00	0,00

Ventiladores	Ventiladores de parede	6,00	-	0,50	3,00
Pulpito de vidro	Vidro comum	1,00	3,23	0,03	0,10
Músicos com instrumentos	Músicos de orquestra	0,00	-	1,07	0,00
				Somatório das absorções (ΣS_{∞})	17,42

Fonte: Autora (2022)

APÊNDICE H- QUADRO DO SOMATÓRIO DAS ABSORÇÕES (PROPOSTA)

Quadro 5- Absorção sonora dos materiais (Somatório)- PROPOSTA

Superfície	Descrição	Quantidade	Área (m²)	Coef. de Absorção	Absorção do Material
Piso	Porcelanato	-	103,25	0,00	0,00
Piso (detalhe)	Tapete 6 mm		11,31	0,06	0,68
Rodapé	Porcelanato	-	1,52	0,00	0,00
Forro	Gesso comum	-	1123,53	0,02	2,47
Parede 01 (Direita)	Parede com alvenaria pintada	-	29,97	0,02	0,60
Parede 03 (Esquerda)	Parede com alvenaria pintada	-	28,99	0,02	0,58
Parede 02 (Frontal)	Parede com alvenaria pintada	-	16,22	0,02	0,32
Elevação (Palco)	Carpete forrado		3,87	0,30	1,16
Parede 04 (Posterior)	Carpete forrado	-	24,27	0,30	4,94
Paineis inclinados do fundo	Gesso com superfície em Carpete Forrado	2,00	2,03	0,30	1,22
Paineis inclinados (palco)	Madeira maciça envernizada	2,00	2,28	0,05	0,24
Caixote de madeira (Palco)	Madeira maciça envernizada	1,00	3,11	0,05	0,16
Painel retilíneo (paredes laterais)	Madeira maciça envernizada	2,00	4,06	0,05	0,20
Colunas semicirculares	Gesso pintado	4,00	0,91	0,02	0,07
Janela pivotante	Vidro	2,00	0,5	0,03	0,03

Porta (P1)	Alumínio Branco ¹²	1,00	5,10	0,00	0,00
Portas (P2)	Alumínio Branco	1,00	1,87	0,00	0,00
Janelas (J2)	Alumínio Branco	3,00	0,91	0,00	0,00
Janelas (J4)	Alumínio Branco	1,00	0,91	0,00	0,00
Janelas (J5)	Alumínio Branco	1,00	0,92	0,00	0,00
Cadeiras (plateia)	Assento, levemente estofado, ocupado	44,00	-	0,74	32,56
Cadeiras (plateia)	Assento, ligeiramente estofado, desocupado	24,00	-	0,26	6,24
Cadeiras (palco)	Assento, levemente estofado, ocupado	2,00	-	0,74	1,48
Cadeiras (palco)	Assento, ligeiramente estofado, desocupado	2,00	-	0,26	0,52
Mesa de som	Escritivaninha (mdf)	1,00	2,90	0,04	0,12
Ventiladores	Ventiladores de parede	6,00	-	0,50	3,00
Pulpito de vidro	Vidro comum	1,00	3,93	0,03	0,12
Músicos com instrumentos	Músicos de orquestra	3,00	-	1,07	3,21
				Somatório das absorções ($\sum S_{\alpha}$)	60,11

Fonte: Autora (2022)

¹² O índice considerado para o Alumínio Branco foi o de metal, pois durante as pesquisas não foram encontradas tal coeficiente, mas por semelhança de material foi adotado esse valor.

ANEXO 01- HISTÓRICO DA IGREJA DE CRISTO EM SITIO QUIXABA- ASSINADO

Em meados da década de 80, com grandes acúmulos de águas das chuvas na região do vale do Jaguaribe, aconteceu a tão conhecida “cheia de 85”. Inundando assim as cidades que compunham essa região. Atraiu os olhares para o nosso povo, que além de serem carentes passavam por situações difíceis nessa época. Mas quando pessoas de bom coração chegaram aqui viram uma necessidade maior que a física. A necessidade de um povo que também eram carentes de Deus. Daí, no dia 04 de fevereiro de 1986, nasceu à Igreja de Cristo em Sítio Quixaba, com características típicas da Igreja de Cristo no Brasil, se desenvolvendo na zona rural de Limoeiro do Norte, com ajuda e auxílio do saudoso Pastor João Vicente de Queiroz, Pastor João de Sousa, Pastor Carlos Queiroz, dentre outros. Esses homens de Deus encontraram aqui algumas pessoas dispostas a abraçar a causa do evangelho de Jesus Cristo, dentre elas podemos destacar: Francisco Palhares e sua esposa Aureliana e filhos, Cicero Martins Gomes e sua esposa Maria Lima Palhares juntamente com seus filhos.

Como vemos na Santa palavra de Deus em *Apocalipse 3:8* “*A porta que Ele abre ninguém pode fechar*”. Daí em diante várias pessoas decidiram contribuir para o crescimento desse trabalho, foram pastores, presbíteros, diáconos e evangelistas. Alguns deles sem grau de instruções, ou até mesmo, sem experiência para coordenar uma congregação, mas crendo no chamado feito pelo dono da seara. Como diz em *1 Coríntios 15:58* “*Portanto, meus amados irmãos, sede firmes e constantes, sempre abundantes na obra do Senhor, sabendo que o vosso trabalho não é vão no Senhor*”. Dentre as pessoas que lideraram esse trabalho podemos citar: Ev. Francisco Augusto, Igreja de Cristo em Morada Nova nas pessoas do Pastor Cimar e Pastor José Gerônimo da Silva, logo após vindo a pastorear essa obra por 10 anos o Pastor Lucério Gomes dos Santos, após a Igreja de Cristo em Morada Nova voltou a dirigir a referida congregação na pessoa do Pastor Assis Nazário, que pastoreou essa obra por aproximadamente 8 anos, com o auxílio dos ministros da igreja, vindo a se destacar o diácono José Wilker, que em seguida foi consagrado a presbítero. Logo depois a Igreja em Morada Nova se desligou novamente do trabalho em Sítio Quixaba, vindo a assumir o presbítero José Wilker ligado ao ministério da Região Leste e Oeste Ceará, que após foi consagrado a pastor e atualmente pastoreia a presente igreja. Hoje, completando 33 anos, a Igreja de Cristo em Sítio Quixaba tem sido militante em desenvolver a obra de Deus, apesar de tantas dificuldades encontradas em toda sua trajetória, isso não foi suficiente para que a obra viesse parar. Ao longo do tempo temos contado com pessoas que abraçaram a causa e que vestiram a camisa do Evangelho, dentre outros, podemos destacar o diácono Rejânio Gomes Palhares, que tem auxiliado todos os dirigentes e pastores que aqui estiveram. Hoje além da igreja aqui presente contamos também com a congregação do Córrego de Areia totalizando assim 70 irmãos.

E prosseguimos fazendo a obra de Deus, como diz em *Mateus 28:19,20* “*Portanto ide, fazei discípulos de todas as nações, batizando-os em nome do Pai, e do Filho, e do Espírito Santo; Ensinando-os a guardar todas as coisas que eu vos tenho mandado; e eis que eu estou convosco todos os dias, até a consumação dos séculos*”. A obra de Deus neste lugar tem sido feita mesmo que alguns irmãos tenham se dirigido a outras congregações, mas os que aqui permaneceram não mediram forças para se dedicar ao trabalho a labuta, contribuindo para que esta obra seja feita a tempo e a fora de tempo. Dessa forma, as almas aflitas têm vindo ao encontro do Senhor Jesus Cristo e têm conhecido no meio desse povo o evangelho de Jesus que salva. Queremos continuar fazendo a obra do Senhor até que Ele volte.

Esta casa tem sido, verdadeiramente “Casa de oração da Igreja de Cristo, um lugar de encontro com Deus”.

Agradecemos ao Senhor nosso Deus por fazer parte dessa história e juntos vamos lutar nessa pequena comunidade contra as forças do inimigo. Com orgulho em nossa alma temos alegria e o prazer de dizer: *“Até aqui nos ajudou o Senhor”*. (1 Sm 7:12b).

Assinatura do responsável que disponibilizou a divulgação do documento

Pastor- José Wilker

Pesquisadora Responsável- Wiriany Kátia Ferreira Silva

Limoeiro do Norte-CE, ____ de _____ de 20____.

O modelo apresentado é um documento já existente nos arquivos da instituição que foi assinado pelo atual pastor da igreja, a fim de provar veracidade das informações informadas no TCC.