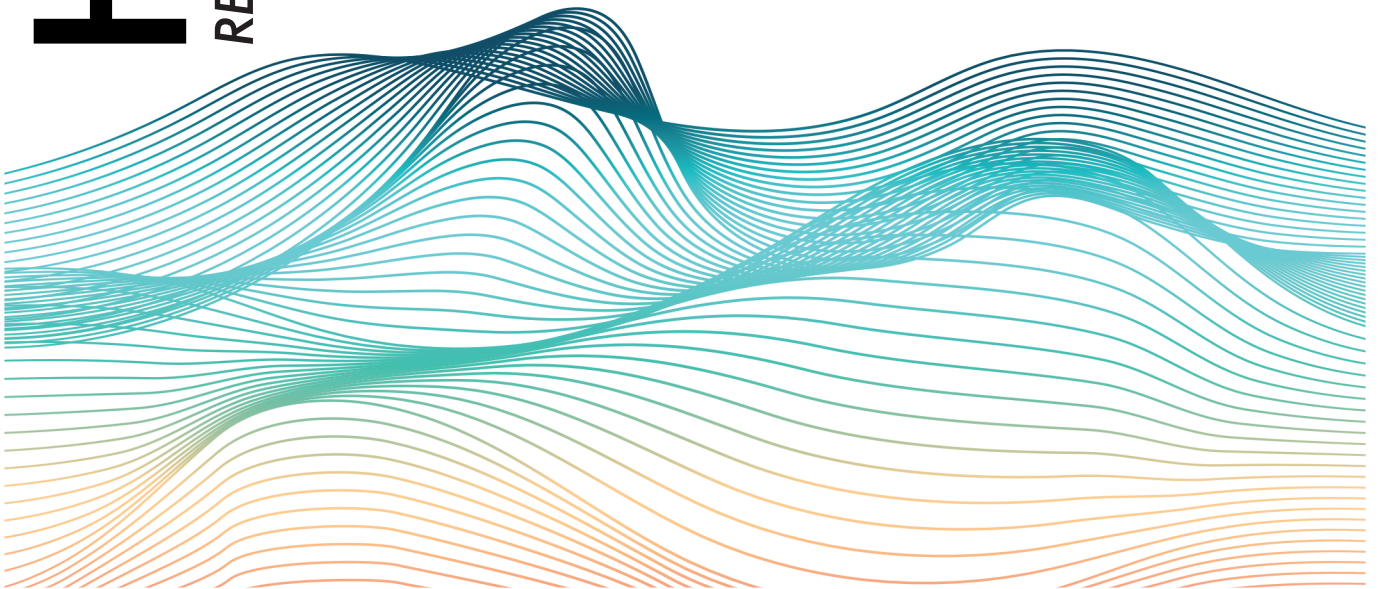


HOME STUDIO

REUTILIZAÇÃO E ADAPTAÇÃO DE CÔMODOS RESIDENCIAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

OLIVER CHRISTIAN BONFIM SANTOS





UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – FAU

Curso de Arquitetura e Urbanismo

Oliver Christian Bonfim Santos

HOME STUDIO: REUTILIZAÇÃO E ADAPTAÇÃO DE CÔMODOS RESIDENCIAIS

Maceió
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – FAU

Curso de Arquitetura e Urbanismo

Oliver Christian Bonfim Santos

HOME STUDIO: REUTILIZAÇÃO E ADAPTAÇÃO DE CÔMODOS RESIDENCIAIS

Trabalho final de graduação apresentado ao curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus A.C. Simões, como requisito para obtenção do título de bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica.

Maceió
2022

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S237h Santos, Oliver Christian Bonfim.
Home Studio : reutilização e adaptação de cômodos residenciais / Oliver Christian Bonfim Santos. - 2022.
[183] f. : il. color.

Orientadora: Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Arquitetura e Urbanismo) –
Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Maceió,
2022.

Bibliografia: f. 165-169.
Anexos: f. [171]-[183].

1. *Home studio*. 2. Tratamento acústico. 3. Projeto acústico. 4. Adaptação de
cômodo. I. Título

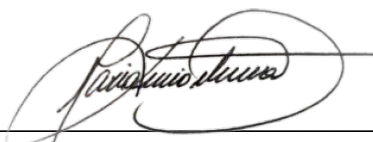
CDU: 725.81

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – FAU

HOME STUDIO: REUTILIZAÇÃO E ADAPTAÇÃO DE CÔMODOS RESIDENCIAIS

Oliver Christian Bonfim Santos

Trabalho final de graduação apresentado ao curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus A.C. Simões, como requisito para obtenção do título de bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

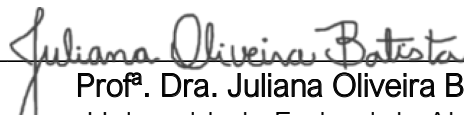


Prof. Dra. Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica
Orientadora - Universidade Federal de Alagoas

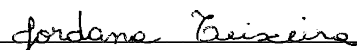
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Alexandre Márcio Toledo
Examinador Interno - Universidade Federal de Alagoas



Prof.ª. Dra. Juliana Oliveira Batista
Examinador Interno - Universidade Federal de Alagoas



Prof.ª. Ma. Jordana Teixeira da Silva
Examinador Externo - Instituto Federal de Alagoas

Maceió, 16 de Fevereiro de 2022

RESUMO

Com o constante avanço da tecnologia e popularização de equipamentos especializados em gravação musical, qualquer pessoa pode participar dos processos de produção fonográfica dentro da própria residência por meio de um *home studio*. Contudo, devido a ineficiência ou falta de planejamento em sua implementação, a maior parte desses ambientes são inadequados, sendo muito comum a ocorrência de diversos problemas que impactam diretamente no objeto de tal atividade: o áudio. A qualidade de um estúdio sempre está relacionada às condições do seu espaço físico, uma vez que, na acústica, os comportamentos das ondas sonoras dependem do tamanho, formato e superfícies do local no qual o som é reproduzido. Dentro desse contexto, o presente trabalho utiliza de uma metodologia própria desenvolvida para abranger todo o processo de adaptação de cômodos residenciais em um *home studio*, demonstrando: como identificar e escolher os melhores cômodos para tal finalidade através da classificação proposta baseada no diagrama de Bolt Beranek & Newman; as tipologias de home studio que podem ser utilizadas de acordo com o tipo de apartamento; como solucionar os possíveis problemas decorrentes das dimensões e geometrias encontradas; e processos de execução do tratamento acústico, com orientações para evitar ou amenizar interferências e transmissão de ruídos, como também modificar e potencializar as características e comportamentos sonoros para obter os melhores resultados de desempenho acústico. Ao final, para uma melhor compreensão dos conceitos abordados, é realizado um projeto arquitetônico com amplo detalhamento das etapas de isolamento e condicionamento acústico, além da explicação de layout utilizado, que comprovam a eficácia da metodologia proposta e a melhora no desempenho acústico do ambiente selecionado.

Palavras chave: *home studio*; tratamento acústico; projeto acústico; adaptação de cômodo.

ABSTRACT

Due to the constant technology advancements and the popularization of music recording equipment becoming more popular, anyone can take part in the phonographic production inside their own residences through a home studio. However, the most part of these rooms are inadequate because of a weak execution or a lack of building planning, occurring several acoustic problems that make huge impacts on its main activity object: the audio. When it comes to a studio, its quality is always related to the room's conditions, since in the acoustics, the sound behavior depends on size, shape and its surfaces of the room where audio is being reproduced. Letting it be known, this assignment developed a unique method to cover the whole process of adapting a common residential room into a home studio showing: how to identify and choose the best rooms for this purpose through the Bolt Beranek & Newman diagram classification; the home studio typologies that can be used according to the type of apartment; how to solve potential dimensions and geometries problems; and acoustic treatment execution processes, with guidelines on how to avoid or attenuate noise transmission, as well as modifying and enhancing sound characteristics and behaviors to obtain the best acoustic performance results. At the end, to a better comprehension of all these concepts, it is presented an acoustic architectural project containing details and further explanation of insulation, conditioning and its layout, that proves the proposed methodology is effective.

Key words: home studio; acoustic treatment; acoustic design; room adaptation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de propagação das ondas sonoras	24
Figura 2 - Representação gráfica da faixa de som audível (áudio)	25
Figura 3 - Representação gráfica de uma onda.	25
Figura 4 - Comparação da velocidade de propagação sonora de acordo com o meio	26
Figura 5 - Exemplo figurativo do comprimento de onda (λ)	27
Figura 6 - Representação gráfica da amplitude (y).....	27
Figura 7 - Correspondência entre o círculo e o ciclo	28
Figura 8 - Ângulos de fase de 90° a 360°	28
Figura 9 - O espectro do áudio dividido e subdividido	30
Figura 10 - Escala logarítmica: representa bem melhor o que ouvimos.....	30
Figura 11 - Janela da audição humana	31
Figura 12 - Curvas de Fletcher e Munson	32
Figura 13 - Exemplos de reflexão e absorção	33
Figura 14 - Exemplos de difusão e transmissão	33
Figura 15 - Reverberação difusa x falsa reverberação	36
Figura 16 - Initial Time Delay x Pre-delay	36
Figura 17 - Tempo ótimo de reverberação para diferentes ambientes	38
Figura 18 - Tempos de reverberação corretos para diferentes tipos de estúdios	38
Figura 19 - Coloração: variação do RT_{60} de acordo com a frequência.	39
Figura 20 - Variações de pressão sonora dentro de uma sala.....	42
Figura 21 - Exemplificação gráfica dos modos axiais	43
Figura 22 - Trajetória de uma onda estacionária tangencial e pressões de uma onda estacionária tangencial	44
Figura 23 - Trajetória de uma onda estacionária oblíqua e efeito de um modo oblíquo em uma sala	45

Figura 24 - Comparativo entre densidades modais de uma acústica boa uma acústica ruim ...	46
Figura 25 - Exemplificação gráfica dos tipos de interferências entre ondas sonoras	47
Figura 26 - Resposta de um filtro pente	48
Figura 27 - Diferença de fase de 180° produz cancelamento total	49
Figura 28 - Amplitudes diferentes produzem cancelamento parcial	49
Figura 29 - Comportamento das ondas sonoras em flutter echo, difusão, dispersão e absorção	50
Figura 30 - Exemplificação gráfica de um estúdio de gravação profissional	52
Figura 31 - Exemplificação gráfica de home studio de quarto	53
Figura 32 - Exemplificação gráfica de Home Studio dedicado.....	54
Figura 33 - Exemplo gráfico de Estúdio Semiprofissional	56
Figura 34 - Diagrama de equipamentos do Home Studio de quarto.....	59
Figura 35 - Diagrama de equipamentos do Home Studio dedicado	60
Figura 36 - Diagrama de equipamentos do Home Studio semiprofissional.....	61
Figura 37 - Ordem da adequação de espaços residenciais	63
Figura 38 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman.....	64
Figura 39 - Comparativo entre diferentes geometrias	65
Figura 40 - Quebra do paralelismo com inclinação de paredes e uso de difusores	66
Figura 41 - Reflexão do som em ângulos reto, agudo e obtuso.....	66
Figura 42 - Teto simples e com direcionamento do som	67
Figura 43 - Adaptação do sistema box-in-a-box.....	70
Figura 44 - Comparação de desempenho acústico do sistema massa-mola-massa	70
Figura 45 - Sistema de fixação do teto flutuante	71
Figura 46 - Encontro do piso flutuante com a parede flutuante	73
Figura 47 - Suporte elástico para a parede flutuante.....	74
Figura 48 - Construção de porta acústica. Fixação do caibro na chapa de madeira.....	76

Figura 49 - Construção de porta acústica. Preenchimento da cavidade com lã mineral	76
Figura 50 - Construção de porta acústica. Fixação do compensado no caibro.....	77
Figura 51 - Construção de porta acústica. Aplicação das borrachas magnéticas.....	77
Figura 52 - Visores duplos: A – com vidros iguais; B – com vidros diferentes.	78
Figura 53 - Representação esquemática de um visor acústico	79
Figura 54 - Representação esquemática de um visor duplo.....	80
Figura 55 - Colorido ideal da reverberação	81
Figura 56 - Representação de um absorvedor de membrana	84
Figura 57 - Representação de um absorvedor do tipo painel perfurado	86
Figura 58 - Representação de um absorvedor de frestas.....	87
Figura 59 - Representação de um difusor policilíndrico	88
Figura 60 - Elemento difusor QRD visto de cima	90
Figura 61 - Mapa da cidade de Maceió com a indicação geográfica dos edifícios analisados ..	92
Figura 62 - Agrupamento dos edifícios de acordo com o número de quartos por apartamento	93
Figura 63 - Gráfico da distribuição de tipologias de edifícios residenciais em Maceió/AL.....	94
Figura 64 - Gráfico de análise do total dos quartos analisados das edificações	96
Figura 65 - Gráfico comparativo entre as tipologias de apartamentos	97
Figura 66 - Modelo para escolha de um ambiente segundo classificação do diagrama de Bolt Beranek & Newman	100
Figura 67 - Planilha de Excel para análise acústica.....	100
Figura 68 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman. Quarto edifício “Q”	101
Figura 69 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício “Q”	102
Figura 70 - Número de modos por banda. Quarto no edifício “Q”	103
Figura 71 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício “Q”	103
Figura 72 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman. Quarto no edifício “T”	104
Figura 73 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício “T”	105

Figura 74 - Número de modos por banda. Quarto no edifício “T”	105
Figura 75 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício “T”	106
Figura 76 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman. Quarto no edifício “T” (Redimensionado)	107
Figura 77 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício “T” (Redimensionado)	107
Figura 78 - Número de modos por banda. Quarto no edifício “T” (Redimensionado)	108
Figura 79 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício “T” (Redimensionado)	108
Figura 80 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman. Quarto no edifício “R”	109
Figura 81 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício “R”	110
Figura 82 - Número de modos por banda. Quarto no edifício “R”	110
Figura 83 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício “R”	111
Figura 84 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman. Quarto no edifício “R” (Redimensionado)	112
Figura 85 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício “R” (Redimensionado)	112
Figura 86 - Número de modos por banda. Quarto no edifício “R” (Redimensionado)	113
Figura 87 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício “R” (Redimensionado)	113
Figura 88 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício “G”	115
Figura 89 - Número de modos por banda. Quarto no edifício “G”	115
Figura 90 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício “G”	116
Figura 91 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício “G” (Redimensionado)	117
Figura 92 - Número de modos por banda. Quarto no edifício “G” (Redimensionado)	117
Figura 93 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício “G” (Redimensionado)	118
Figura 94 - Planta baixa do pavimento tipo. Edifício “S”	119
Figura 95 - Planta baixa do apartamento terminação 03. Edifício “S”	120
Figura 96 - Análise do objeto de estudo. Medidas e diagramas de Bolt Beranek & Newman ..	121
Figura 97 - Análise do objeto de estudo. Ondas estacionárias e modos	122
Figura 98 - Análise do objeto de estudo. Gráfico da densidade modal	123
Figura 99 - Análise do objeto de estudo. Número de modos por banda	123

Figura 100 - Análise do objeto de estudo. Número de modos por frequência	124
Figura 101 - Análise do objeto de estudo. Vistas e materiais	125
Figura 102 - Análise do objeto de estudo. isométrica.....	125
Figura 103 - Análise do objeto de estudo. Absorção total	126
Figura 104 - Análise do objeto de estudo. Índice médio de absorção total.....	127
Figura 105 - Análise do objeto de estudo. Tempo de reverberação	128
Figura 106 - Análise do objeto de estudo. Tempo de reverberação ideal.....	128
Figura 107 - Análise do objeto de estudo. Coloração.....	130
Figura 108 - Diagrama de perda de transmissão entre áreas	131
Figura 109 - Diagrama de perda de transmissão entre áreas (Elevação A)	132
Figura 110 - Diagrama de perda de transmissão entre áreas (Elevação B)	133
Figura 111 - Análise do objeto de estudo. Medidas e diagramas de Bolt Beranek & Newman (Reajuste)	135
Figura 112 - Planta baixa. Proposta para o Isolamento Acústico (Reajuste das dimensões) ...	136
Figura 113 - Averiguação do desempenho das elevações quanto ao isolamento acústico	138
Figura 114 - Esquema gráfico. Instalação de parede flutuante em sistema drywall.....	140
Figura 115 - Esquema gráfico. Funcionamento do painel drywall perfurado	142
Figura 116 - Aspectos técnicos. Painel drywall perfurado (padrão aleatório)	143
Figura 117 - Esquema gráfico. Instalação de teto flutuante em sistema drywall.....	143
Figura 118 - Esquema gráfico. Instalação da manta acústica.	144
Figura 119 - Esquema gráfico. Instalação de porta acústica (50 dB)	146
Figura 120 - Análise do objeto de estudo. Ondas estacionárias e modos (Reajuste)	147
Figura 121 - Análise do objeto de estudo. Gráfico da densidade modal (Reajuste).....	148
Figura 122 - Análise do objeto de estudo. Número de modos por banda (Reajuste).....	149
Figura 123 - Análise do objeto de estudo. Número de modos por frequência (Reajuste)	149
Figura 124 - Análise do objeto de estudo. Vistas e materiais (Reajuste)	151

Figura 125 - Análise do objeto de estudo. Absorção total (Reajuste)	152
Figura 126 - Análise do objeto de estudo. Índice médio de absorção total. (Reajuste)	153
Figura 127 - Análise do objeto de estudo. Tempo de reverberação. (Reajuste)	154
Figura 128 - Análise do objeto de estudo. Tempo de reverberação ideal. (Reajuste).....	155
Figura 129 - Análise do objeto de estudo. Coloração (Reajuste).....	156
Figura 130 – Planta baixa. Definição de Layout (Condicionamento Acústico).....	157
Figura 131 – Corte BB. Definição de Layout (Condicionamento Acústico).....	158
Figura 132 – Isométrica. Definição de Layout (Condicionamento Acústico).....	158
Figura 133 – Cálculo do Difusor QRD 23	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeitos do pre-delay de acordo com sua duração	37
Tabela 2 - Lista comparativa de equipamentos utilizados por modelo de Home Studio	57
Tabela 3 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)	68
Tabela 4 - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações em dB(A)	68
Tabela 5 - Índices de absorção por tipo de material.....	82
Tabela 6 - Cálculo do difusor de Schroeder	89
Tabela 7 - Análise e diagnóstico dos cômodos de uma edificação.....	95
Tabela 8 - Aplicação de home studio de acordo com a tipologia da edificação	99
Tabela 9 - Situação do isolamento acústico no ambiente (antes do tratamento)	134
Tabela 10 - Relação entre tipologia de parede e valor mínimo de exigência para isolamento .	137
Tabela 11 - Padrões de desempenho das paredes drywall mais comuns	139

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Período da onda (t).....	25
Equação 2 - Velocidade do Som	26
Equação 3 - Comprimento de onda	26
Equação 4 - Absorção total.....	40
Equação 5 - Índice médio de absorção	40
Equação 6 - Fórmula de Sabine	40
Equação 7 - Fórmula de Eyring	41
Equação 8 - Frequência de Schroeder.....	42
Equação 9 - Modos axiais	43
Equação 10 - Modos tangenciais	44
Equação 11 - Modos oblíquos.....	45
Equação 12 - Frequência de sintonia	84
Equação 13 - Fórmula de Helmholtz (Perfurado)	85
Equação 14 - Correção comprimento do duto	86
Equação 15 - Fórmula de Helmholtz (Frestas)	86
Equação 16 - Cálculo difusor QRD	89

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivo Geral	22
1.1.1 Objetivos Específicos	22
2. ACÚSTICA DE HOME STUDIOS	24
2.1 DEFINIÇÕES FUNDAMENTAIS	24
2.1.1 O que é o som?	24
2.1.2 Onda sonora	25
2.1.3 A Audição Humana	29
2.1.4 Princípios da Acústica	32
2.1.5 Tratamento Acústico (Condicionamento x Isolamento)	34
2.2 ACÚSTICA DE AMBIENTES FECHADOS E PARÂMETROS ACÚSTICOS	35
2.2.1 Parâmetros da Reverberação	35
2.2.1.1 Tempo de Reverberação (RT_{60})	37
2.2.1.2 Cálculo do Tempo de Reverberação (RT_{60})	40
2.2.2 Ondas Estacionárias	41
2.2.2.1 Modos Axiais	43
2.2.2.2 Modos Tangenciais	43
2.2.2.3 Modos Oblíquos	44
2.2.2.4 Densidade Modal	45
2.3 PROBLEMAS ACÚSTICOS	46
2.3.1 Cancelamento	47
2.3.2 <i>Comb Filter</i>	48
2.3.3 Retardos do som	48
2.3.4 <i>Flutter Echo</i> e Eco	50

3. O HOME STUDIO	52
3.1 <i>HOME STUDIO</i> DE QUARTO	53
3.2 <i>HOME STUDIO</i> DEDICADO	54
3.3 ESTÚDIO SEMIPROFISSIONAL	55
3.4 EQUIPAMENTOS DE UM HOME STUDIO	57
4. ADEQUAÇÃO DE ESPAÇOS RESIDENCIAIS	63
4.1 O ESPAÇO FÍSICO	63
4.1.1 Dimensões	64
4.1.2 Geometria	65
4.2 ISOLAMENTO ACÚSTICO	67
4.2.1 Transmissão Estrutural	69
4.2.1.1 Teto Flutuante	71
4.2.1.2 Piso Flutuante	72
4.2.1.3 Parede Flutuante	73
4.2.2 Transmissão aérea	75
4.2.2.1 Portas Acústicas	75
4.2.2.2 Janelas e Visores	78
4.3 CONDICIONAMENTO ACÚSTICO	80
4.3.1 Dispositivos Acústicos (Absorvedores)	83
4.3.1.1 Absorvedores Porosos	83
4.3.1.2 Absorvedores Ressonantes	83
4.3.1.2.1 Absorvedor de Membrana	84
4.3.1.2.2 Absorvedores de Helmholtz	85
4.3.2 Dispositivos Acústicos (Difusores)	87
4.3.2.1 Difusores Simples	88

4.3.2.2 Difusores Policilíndricos	88
4.3.2.3 Difusores de Schroeder	89
4.3.2.4 Difusores Fractais	90
4.3.2.5 Difusores Bidimensionais	90
5. MATERIAIS E MÉTODOS	92
5.1 ETAPA 01: SELEÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	92
5.1.1 Soluções por tipologia de apartamento	98
5.1.2 Soluções por classificação do Diagrama de Bolt Beranek & Newman	100
5.1.2.1 DBN Ótimo	101
5.1.2.2 DBN Regular	104
5.1.2.3 DBN Ruim	109
5.1.2.4 DBN Péssimo	114
5.2 ETAPA 02: CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	118
5.3 ETAPA 03: ISOLAMENTO ACÚSTICO	130
5.3.1 Paredes em Sistema <i>Drywall</i>	137
3.3.2 Teto de Drywall	141
5.3.3 Piso em Manta Acústica	143
3.3.4 Porta Acústica	145
5.4 ETAPA 04: CONDICIONAMENTO ACÚSTICO	146
6. CONCLUSÃO	162
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165
ANEXOS	170

1

INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

O constante avanço da tecnologia, a expansão das redes de comunicação e, conseqüentemente, a popularização dos dispositivos portáteis – como laptops, smartphones e tablets – fizeram uma mudança no formato tradicional do trabalho, permitindo que as atividades laborais pudessem ser realizadas em qualquer lugar do mundo, inclusive dentro da própria residência. É o chamado home office, no qual é possível trabalhar a partir de três tipos de arranjos: funcionário de uma empresa (teletrabalho); freelancer (trabalhando por projetos avulsos); ou como empresário de uma empresa *home based*. Esses novos modelos são uma tendência na era da informação, já sendo, segundo dados do IDC (*International Data Corporation*), uma realidade de trabalho para 58 milhões de pessoas no mundo todo (BRIK, 2013).

No Brasil, o conceito de home office chegou com as empresas multinacionais, sendo uma solução adotada, atualmente, por 31,2% das empresas brasileiras, segundo a pesquisa Hays, publicada na Revista Você RH (janeiro/2012). Contudo, dados do Censo IBGE 2010 mostram que cerca de 20 milhões de brasileiros já conciliavam trabalho e moradia no mesmo endereço, compondo quase um quarto da mão de obra ocupada do país.

Segundo o Sebrae (2014), são várias as facilidades e vantagens para aqueles que escolhem ter o trabalho na própria residência, tais como: mais qualidade de vida; maior liberdade profissional; horários flexíveis; otimização de atividades; e redução de custos (aluguel, transporte, refeição e infraestrutura básica). Entretanto, também existem algumas desvantagens, e uma delas, sob a perspectiva da análise arquitetônica, é justamente o espaço físico para a realização da atividade laboral.

A maioria das residências não são planejadas para a realização de tais atividades, ocasionando dificuldades na relação entre o espaço físico e o seu uso, ou necessidade. Ambientes ou cômodos de tamanho reduzido, locais inapropriados ou pouco privilegiados dentro de um domicílio, costumam ser a opção para quem decide trabalhar dentro da própria moradia. Porém, a ineficiência, ou até mesmo a falta, do projeto arquitetônico na reutilização e adaptação do espaço pode trazer problemas que atrapalhem a execução plena do ofício.

O *home studio* é um segmento dentro da proposta do *home office* para aqueles que trabalham com a indústria fonográfica – sejam eles músicos ou produtores musicais –, e devido ao objeto de trabalho (áudio), necessitam de um ambiente especial e diferenciado seguindo adequações específicas de acordo com a sua utilização, uma vez que a relação com o espaço físico (acústica) influencia diretamente esse tipo de atividade e o seu produto final.

Até o final da década de 1970, todas as gravações musicais eram feitas através das máquinas de fita analógica, as quais, devido ao seu alto preço e sua natureza especializada, eram possíveis apenas para os grandes estúdios profissionais e alguns artistas e bandas. A descentralização do modelo de produção fonográfica ocorreu a partir de 1979, quando a Tascam – uma empresa da indústria fonográfica estadunidense – com o propósito de atingir o mercado consumidor, inventou o *Portastudio*: um gravador de áudio multipista conjugava um pequeno mixer de 4 canais e um gravador cassete de 4 canais no mesmo console. O aparelho, pequeno e barato, permitiu aos músicos gravarem em casa projetos simples, e se tornou imensamente popular durante os anos seguintes (VALLE, 2009).

Assim surgiram os primeiros home studios; com o conceito de serem estruturados com base nas necessidades específicas de cada uso, geralmente com finalidades não-comerciais, em espaços reduzidos para gravações e ensaios pessoais. Contudo, o grande crescimento do número de *home studios* ocasionou um forte impacto nos estúdios profissionais de gravação a partir dos anos 1990, quando foram projetados os primeiros dispositivos de conversão de faixas de áudio em arquivos digitais, substituindo a gravação analógica das máquinas de fita pela gravação digital em computador através das *digital audio workstations* (DAWs), o que veio a se tornar a base da gravação moderna: um computador, uma interface de áudio de hardware, que manipula a conversão analógico-digital, e *software* de edição digital (GUARINO, 2009).

Os constantes avanços tecnológicos a partir da década de 2000 permitiram a melhoria e a redução de preços dos equipamentos de gravação, acarretando na falência de diversos estúdios comerciais. Diante disso, inúmeros profissionais do ramo migraram o seu trabalho para dentro suas próprias casas de forma a atender os seus clientes a um preço mais acessível, assim como vários artistas e bandas, que também passaram a ter

o *próprio home studio* para a gravação e produção do próprio material, evitando grandes despesas no orçamento com estúdios profissionais (OLIVAREZ-GILES, 2009).

Os equipamentos de alta qualidade de gravação, antes exclusivos dos estúdios comerciais, passaram a ser emulados por muitos softwares de computador usados em estúdios domésticos, fazendo com que o mercado total de música de computador passasse de menos de 140 milhões de dólares em vendas em 1999 para quase meio bilhão de dólares em 2008. Em contrapartida, a queda do número de vendas de álbuns nos últimos anos fez com que as grandes gravadoras cortassem custos, deixando de financiar a gravação de alta qualidade para muitos produtores e artistas (OLIVAREZ-GILES, 2009).

Antes, os métodos para a produção de uma música eram extremamente caros, sendo quase que uma exclusividade das grandes gravadoras e dos artistas ricos. Entretanto, com a tecnologia barateando os equipamentos especializados de gravação musical, qualquer pessoa pode ter acesso e participar dos processos de produção fonográfica através de um *home studio*. Diante disso, a maior dificuldade para a realização de um *home studio* não está mais no valor dos equipamentos, e sim no espaço físico a ser utilizado para a sua implantação, pois é comum que muitos desses ambientes sejam provenientes da reutilização de cômodos da própria residência, e por possuírem dimensões inadequadas e baixa flexibilidade para alterações físicas, acabam decorrendo em muitos problemas acústicos.

A acústica deverá sempre ser entendida como um fator determinante na qualidade de qualquer projeto de arquitetura, ainda mais quando se trata de espaços voltados para a execução e produções musicais. Por essa razão, o objetivo principal do presente trabalho é a elaboração de um *home studio* semiprofissional a partir da reutilização e adaptação de um cômodo residencial de uma edificação de forma a garantir ótimo desempenho e conforto no exercício da atividade. Além disso, de forma a se estabelecer como um manual para qualquer pessoa que queria realizar um processo semelhante, a metodologia desenvolvida e utilizada foi dividida em etapas progressivas, com detalhes e explicações, abordando desde os conceitos fundamentais de acústica internas para ambientes até o processo de execução do tratamento acústico.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um *home studio* semiprofissional a partir da reutilização e adaptação de um cômodo residencial através do projeto arquitetônico e acústico para garantir qualidade e conforto no exercício da atividade.

1.1.1 Objetivos Específicos

- a) Conhecer os fundamentos principais da acústica interna de ambientes;
- b) Indicar as diferentes tipologias de *home studio* e os equipamentos utilizados em cada situação;
- c) Desenvolver uma metodologia ideal para ser utilizada em processos de adaptação de um cômodo residencial em *home studio*, de modo a estabelecer-se como um manual em processos semelhantes;
- d) Analisar e classificar cômodos de apartamentos localizados em diferentes edificações presentes na cidade de Maceió, propondo soluções individuais para cada situação divergente encontrada;
- e) Elaborar projeto arquitetônico e tratamento acústico de um *home studio* em um objeto de estudo utilizando as diretrizes da metodologia proposta;
- f) Confrontar os dados apurados antes e depois ao tratamento acústico do *home studio* com o interesse de verificação da eficácia da metodologia proposta;

2

ACÚSTICA DE HOME STUDIOS



2. ACÚSTICA DE HOME STUDIOS

2.1 DEFINIÇÕES FUNDAMENTAIS

2.1.1 O que é o som?

O som é uma onda longitudinal de pressão gerada por um corpo vibratório, frente à uma compressão ou onda mecânica, a qual se propaga tridimensionalmente apenas em meios materiais, tais como: sólidos, líquidos e gasosos; uma vez que, diferente do que ocorre com a luz, o som não consegue propagar-se no vácuo (SÓ FÍSICA, 2008). Assim, as ondas sonoras podem ser denominadas de diferentes maneiras a depender do seu meio de propagação (VALLE,2009):

- Nos sólidos:** as ondas sonoras se apresentam como deformações dos corpos, sendo denominadas de vibração;
- No ar:** as ondas sonoras se apresentam como variações na pressão do ar, acima e abaixo da pressão atmosférica, conhecidas como som, propriamente dito;
- Nos circuitos elétricos:** as ondas se apresentam em formas de variações na tensão (voltagem) e/ou na corrente elétrica, nos diversos pontos do circuito, sendo chamadas de sinal de áudio;

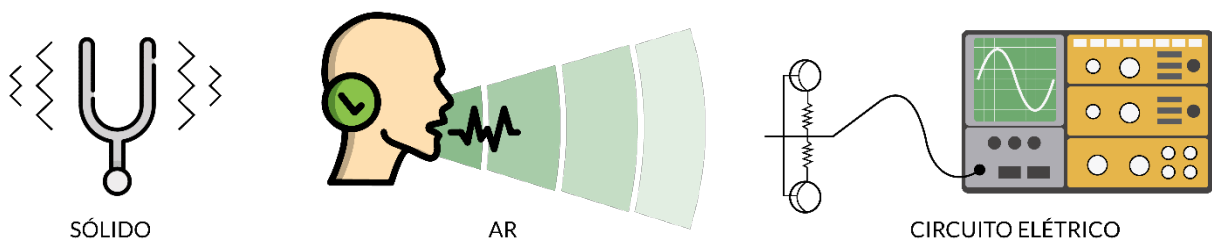


Figura 1 - Tipos de propagação das ondas sonoras
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

O som como o objeto de interesse e estudo da acústica é somente aquele que está compreendido dentro da faixa de extensão capaz de ser percebido pelo ouvido humano, ou seja, os fenômenos sonoros que ocorrem entre 20 Hz a 20 kHz, também chamado de áudio, no sentido técnico (VALLE, 2009). Quaisquer outras ondas sonoras que estejam fora dessa faixa são imperceptíveis para os seres humanos, e são denominadas de infrassom, quando abaixo de 20 Hz, ou ultrassom, quando acima dos 20 kHz (**figura 2**).



Figura 2 - Representação gráfica da faixa de som audível (áudio)

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

2.1.2 Onda sonora

Graficamente, os sons são representados por ondas periódicas, que são fenômenos de repetição cíclica; sendo, um ciclo, o movimento completo de ida e volta de uma onda a partir de um ponto de repouso, passando pelos seus valores máximos positivo e negativo (VALLE, 2009).

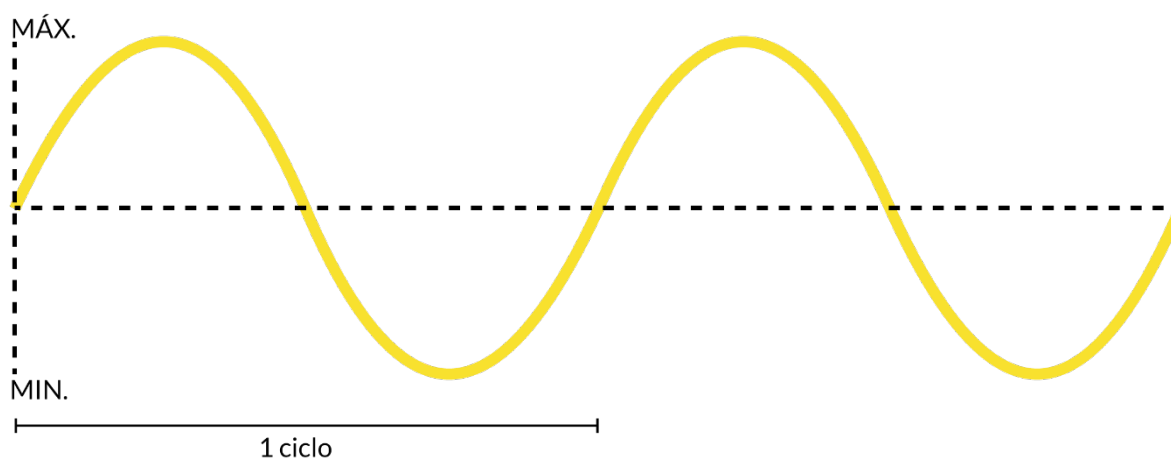


Figura 3 - Representação gráfica de uma onda.

Fonte: adaptado de VALLE (2009)

Assim, as ondas sonoras são sempre caracterizadas por uma frequência, período, amplitude, comprimento de onda e velocidade.

A **frequência (f)** refere-se ao número de ciclos que ocorrem a cada segundo de tempo, sendo o **Hertz (Hz)**, a unidade de frequência, que corresponde a um ciclo por segundo. Contudo, para certas aplicações, torna-se mais útil especificar o tempo de duração de um ciclo. Este tempo é exatamente o inverso da frequência e, chama-se **período da onda (t)**, sendo expresso em segundos (VALLE, 2009).

$$1 \text{ segundo} = \frac{1}{1 \text{ Hertz}}$$

Equação 1 – Período da onda (t)

Fonte: VALLE (2009)

A **velocidade do som** (V_{som}) é a distância que uma onda sonora percorre por unidade de tempo, variando conforme o meio de propagação e a espécie de onda. No ar, a velocidade depende da temperatura, podendo ser calculada (ao nível do mar) pela seguinte expressão:

$$V_{som} = 20,06 \cdot \sqrt{T + 273} \text{ m/s}$$

Equação 2 - Velocidade do Som

Fonte: VALLE (2009)

Do mesmo modo, nos sólidos e nos líquidos a velocidade depende da densidade do material e da temperatura, sendo sempre superior à velocidade no ar, uma vez que, em um meio mais denso, a velocidade aumenta (VALLE, 2009). Já nos circuitos elétricos, a velocidade das ondas sonoras é a mesma da eletricidade e a da luz: 300.000.000 metros por segundo.

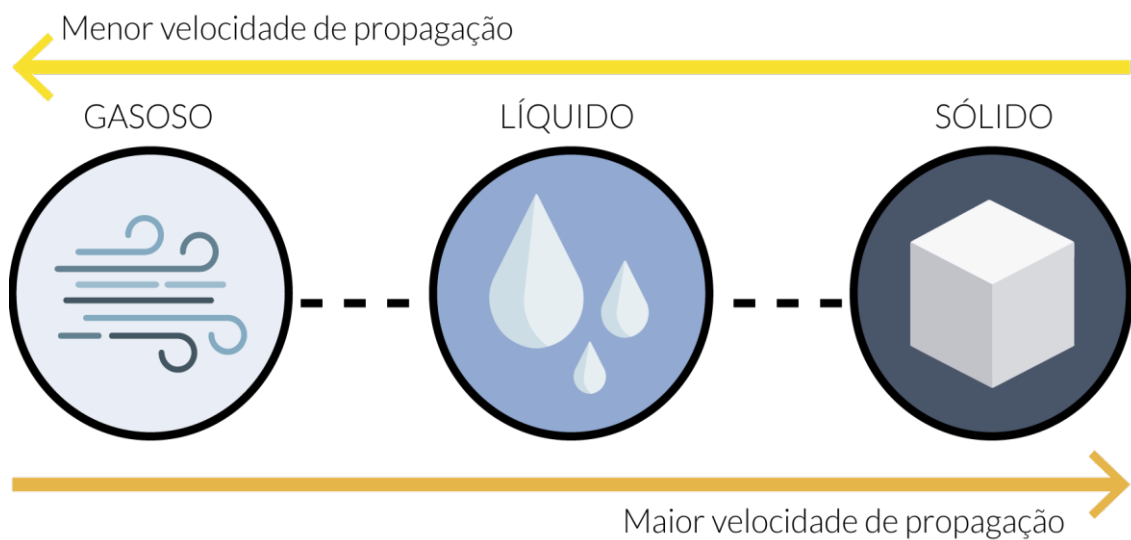


Figura 4 - Comparação da velocidade de propagação sonora de acordo com o meio

Fonte: adaptado de MICHALSKI (2017)

Segundo Valle (2009), uma vez que uma onda se desloca com certa velocidade e frequência constante, existe uma distância exata entre pontos similares de ondas consecutivas. Essa medida é o **comprimento de onda** (λ), calculada pela seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{V_{som}}{f}$$

Equação 3 - Comprimento de onda

Fonte: VALLE (2009)

Importante notar que o valor do comprimento de onda varia inversamente proporcional ao valor da frequência. Ou seja, quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda, e vice-versa. A importância desse conhecimento está diretamente ligada à compreensão do fenômeno das ondas estacionárias e das reflexões primárias.

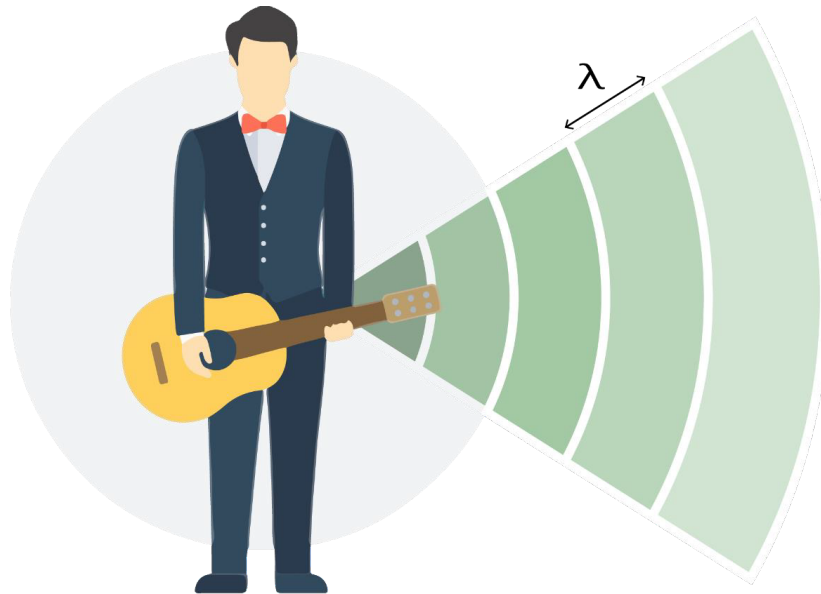


Figura 5 - Exemplo figurativo do comprimento de onda (λ)

Fonte: adaptado de VALLE (2009)

A **amplitude** (y) corresponde diretamente ao “volume” de uma onda sonora, sendo a medida da extensão de uma perturbação durante um ciclo. A amplitude de uma onda pode permanecer constante, sendo classificada como uma contínua, ou pode variar de acordo com o tempo (SOARES, 2011).

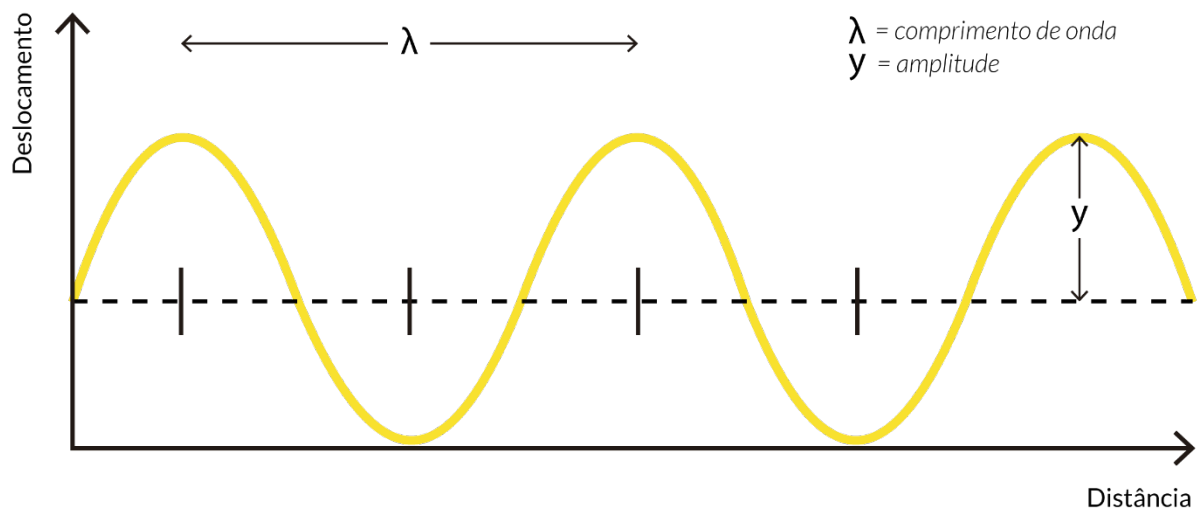


Figura 6 - Representação gráfica da amplitude (y)

Fonte: adaptado de SOARES (2011)

A **fase** é um parâmetro referente à característica de um ponto de uma onda em termos da sua amplitude local e da variação local dos valores da propriedade periódica. Para o estudo da acústica, só faz sentido trabalhar com esse conceito quando existe mais do que uma onda sonora. Assim, entre duas ondas da mesma frequência que não são coincidentes uma com a outra, existe uma diferença de ângulo. Esta diferença é o ângulo de fase entre as ondas, e, de acordo com Valle (2009), podem ser classificadas da seguinte forma: a) Fase de 0° ou 360° : ondas coincidentes; b) Fase de 90° ou 270° : ondas em quadratura; c) Fase de 180° : ondas em contra fase;

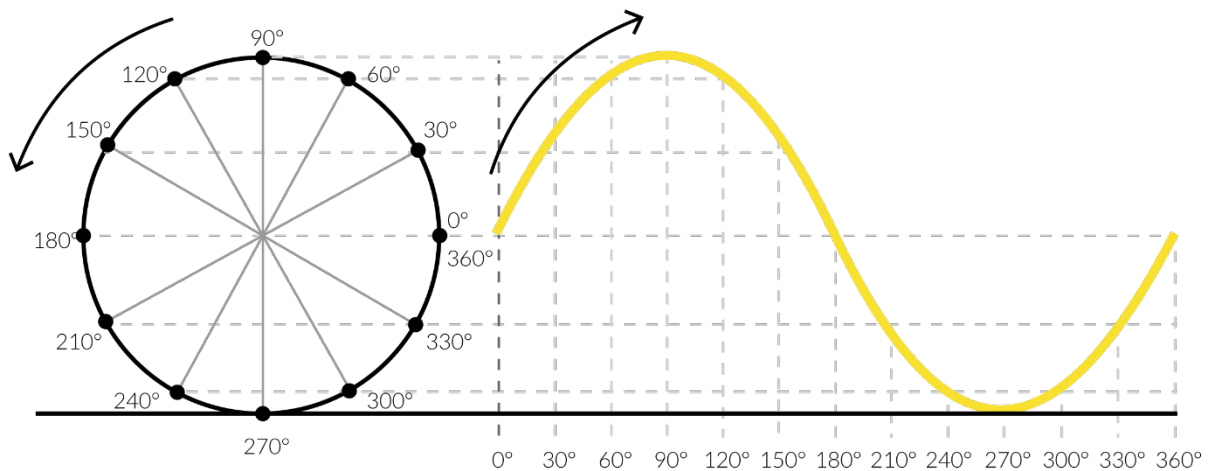


Figura 7 - Correspondência entre o círculo e o ciclo

Fonte: adaptado de VALLE (2009)

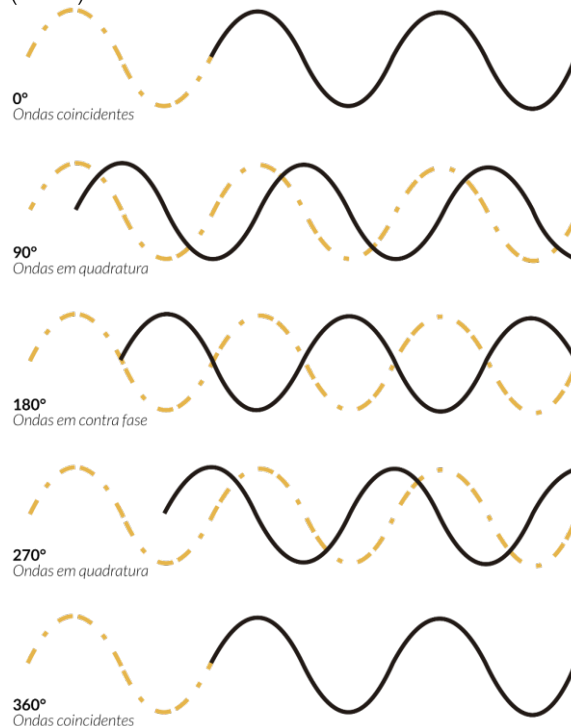


Figura 8 - Ângulos de fase de 90° a 360°

Fonte: adaptado de VALLE (2009)

2.1.3 A Audição Humana

Os processos da percepção humana são logarítmicos, o que ajuda a lidar com enormes desproporções de valores como se não fossem diferenças tão grandes assim. Logo, somas e subtrações pouco representam, multiplicações são sentidas como somas, divisões como diferenças e potências como multiplicações (VALLE, 2009).

Por isso, embora o ouvido humano seja, em média, capaz de ouvir entre 20Hz a 20kHz, nas extremidades desta faixa, principalmente acima de 6 kHz, torna-se difícil perceber as ondas sonoras como notas musicais; a sensação é de um 'silvo' nas frequências muito altas. As frequências mais baixas, menores que 200 Hz, embora sejam bem identificáveis como notas musicais, se apresentam mais como um som "de peso" mais adequado ao acompanhamento do que ao solo. Dadas estas características do ouvido humano, podemos separar as frequências de áudio em três importantes grupos (VALLE, 2009):

- a) **Graves, ou frequências baixas, de 20Hz a 200Hz;**
 - Subgraves, de 20Hz a 80Hz: São as frequências mais baixas, que fazem 'sacudir o chão';
 - De 80Hz até 200 Hz: ainda tem características de graves, mas não o 'peso' e a 'profundidade' dos subgraves;
- b) **Médios, ou frequências médias, de 200Hz até 6kHz;**
 - Médio-graves, de 200Hz a 600Hz: têm as mesmas frequências das vozes e da maioria dos instrumentos musicais;
 - Médio-médios, de 600Hz a 2kHz: região importante para caracterizar os timbres dos sons;
 - Médio-agudos, de 2kHz a 6kHz: região onde o ouvido é mais sensível; Grande responsabilidade no volume aparente do som;
- c) **Agudos, ou frequências altas, de 6kHz até 20kHz;**
 - De 6kHz a 10kHz: traz o 'brilho' e a 'transparência' do som, mas não acrescentam muito volume ao conjunto;
 - Superagudos, de 10kHz a 20kHz: responde pelos detalhes mais sutis do som; várias pessoas não percebem bem estas frequências, e muitos sistemas de reprodução não respondem fielmente a elas;

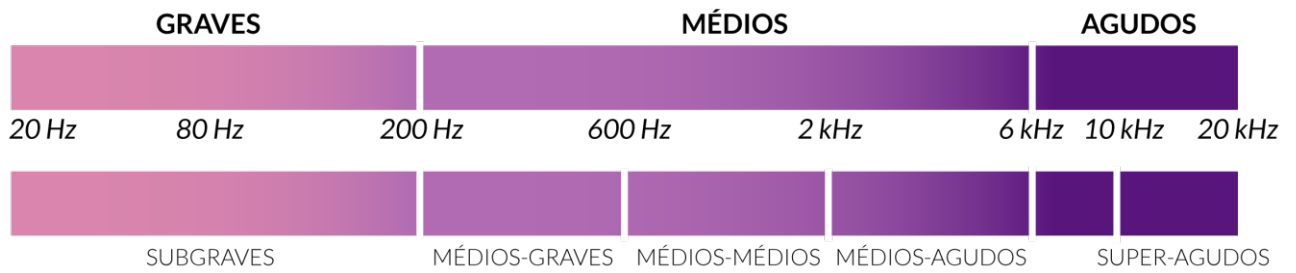


Figura 9 - O espectro do áudio dividido e subdividido

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Dessa forma, o gráfico da escala logarítmica de frequências condiz perfeitamente com a percepção da audição humana, no qual os intervalos musicais iguais ficam todos do mesmo tamanho no gráfico, a frequência de 10kHz fica quase no final do espectro, e as frequências médias ficam também no meio da escala (VALLE, 2009).

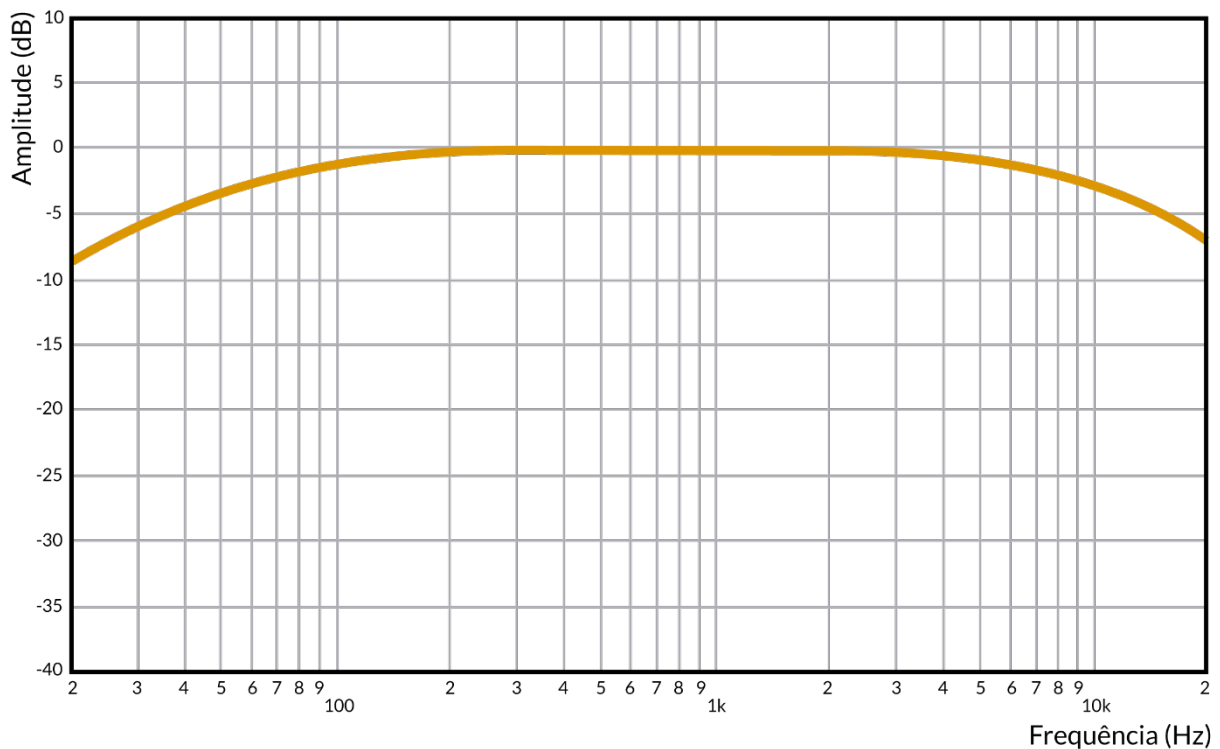


Figura 10 - Escala logarítmica: representa bem melhor o que ouvimos

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Além dos limites de frequência, há os limites de amplitude que o aparelho auditivo do homem é capaz de aguentar. A audição é limitada por um mínimo de 0dB-SPL¹ e por um máximo de 120dB-SPL, sendo que, a partir deste nível sentimos a vibração nos tímpanos o que pode causar desconforto e dor (figura 11).

¹ Sound Pressure Level – “nível de pressão sonora”:

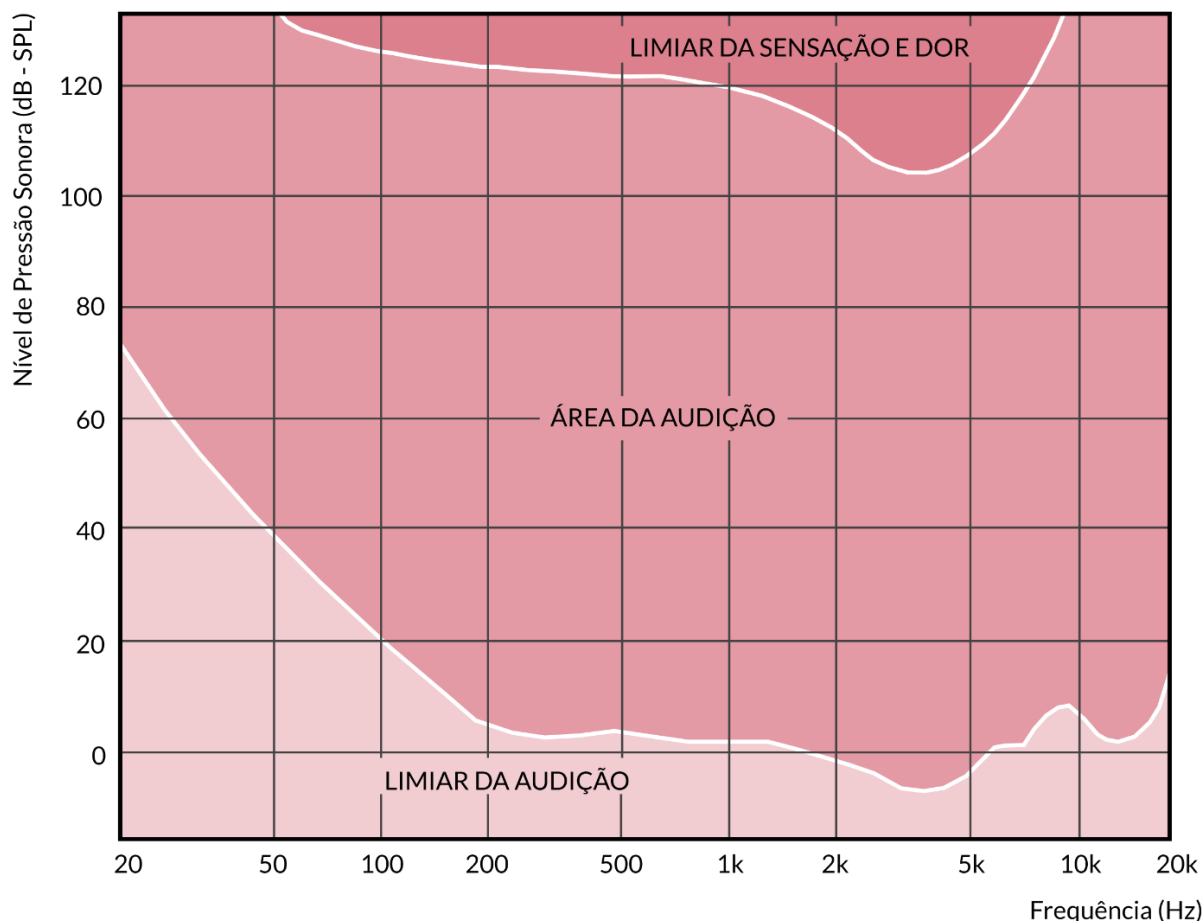


Figura 11 - Janela da audição humana
 Fonte: adaptado de VALLE (2009).

O aparelho auditivo do humano não percebe o som de forma equilibrada. De maneira geral, o ouvido é mais sensível às frequências entre 3kHz e 5kHz, piorando fortemente em direção aos graves e piorando um pouco em direção aos agudos. As curvas de *Fletcher e Munson* (**figura 12**) foram obtidas extraíndo a média da sensibilidade relativa à frequência de um grande número de pessoas de audição normal e mostram o nível de pressão sonora necessário para que, em várias frequências, se tenha a mesma sensação de volume de som que em 1kHz (VALLE, 2009).

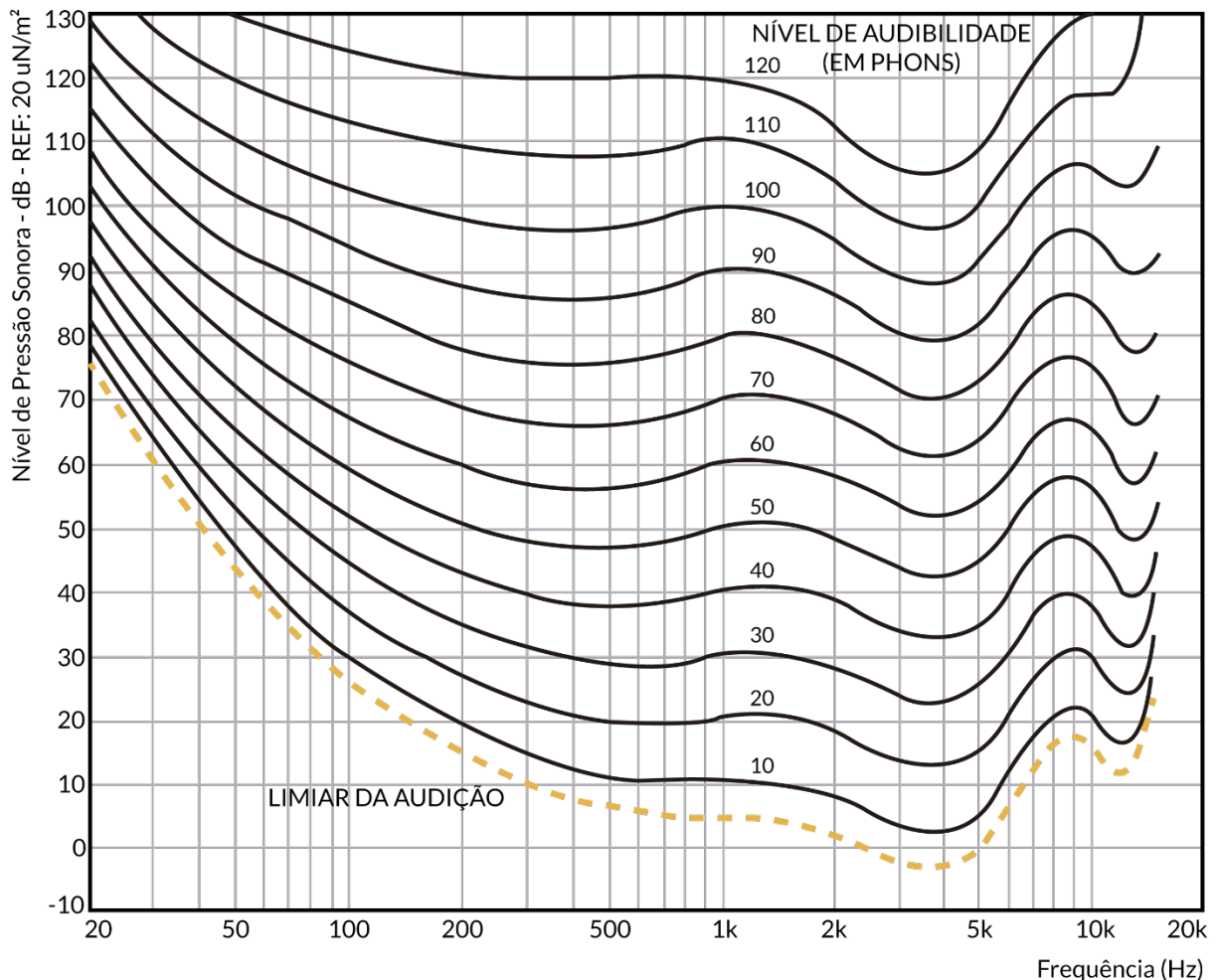


Figura 12 - Curvas de Fletcher e Munson
 Fonte: adaptado de VALLE (2009)

2.1.4 Princípios da Acústica

Acústica é o ramo da arquitetura que estuda o comportamento de um espaço diante do som produzido em seu interior e como as ondas sonoras são percebidas pelo ouvido humano, com o objetivo de controlar a emissão, a recepção, a transmissão e a reprodução de fenômenos acústicos, garantindo as condições necessárias para que o campo sonoro estabelecido dentro dos espaços seja o adequado na utilização a qual ele se destina (PATAQUIM, 2017). Para isso, é necessário, primeiramente, entender os possíveis comportamentos das ondas sonoras ao interagirem com as superfícies de um ambiente, sendo eles: reflexão, absorção, difusão e transmissão.

A **reflexão** acontece quando a onda sonora é refletida de volta para o ambiente com ângulo igual ao ângulo de incidência e som forte somente na direção da trajetória das ondas; um comportamento similar da luz que bate num espelho. Já a **absorção** é o

inverso, no qual a onda é absorvida pela superfície e não retorna para o ambiente. Para tal situação, a superfície deve ser de material relativamente espesso e poroso², ou então que possa vibrar de forma amortecida com as ondas sonoras, 'roubando' toda a sua energia (VALLE, 2009).

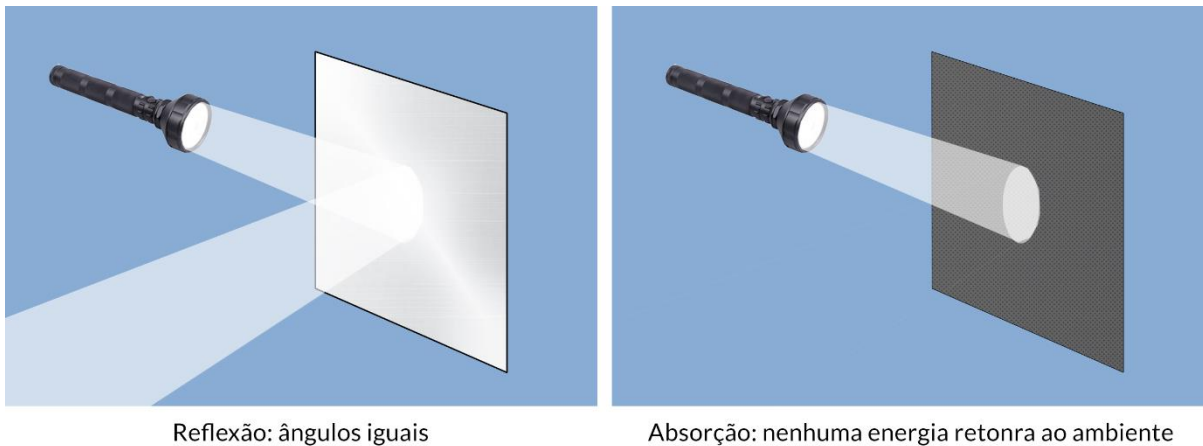


Figura 13 - Exemplos de reflexão e absorção
Fonte: adaptado de VALLE (2009)

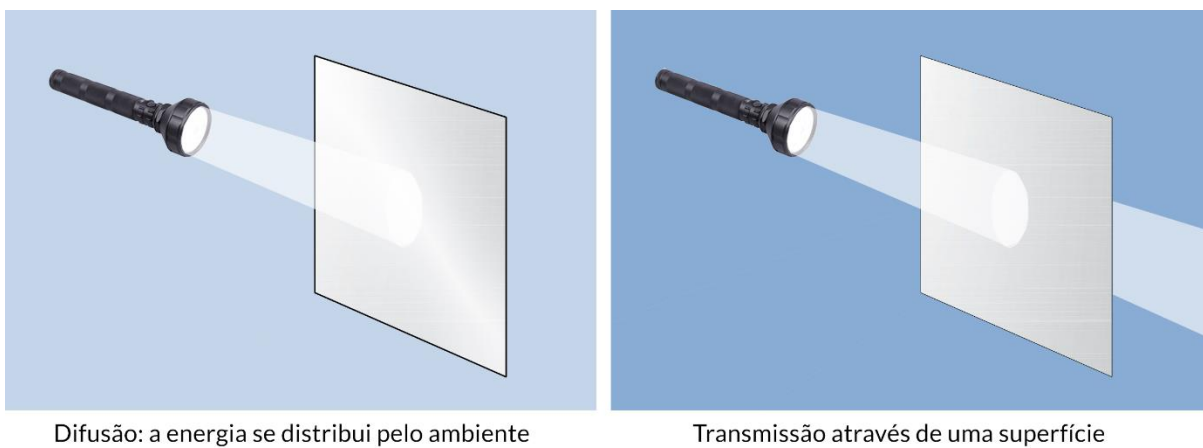


Figura 14 - Exemplos de difusão e transmissão
Fonte: adaptado de VALLE (2009)

Na **difusão**, as ondas sonoras não são absorvidas, e sim espalhadas para todas as direções; podendo acontecer no espaço, no tempo, ou em ambos. No espaço, consiste em espalhar a onda incidente para todas as direções com a mesma intensidade total. No tempo, consiste em produzir, em vez de uma só reflexão bem definida, uma sequência aleatória ou calculada de reflexões, usando para isto uma superfície com ressaltos e cavidades que produzam tempos de atraso diferentes (VALLE, 2009).

² Se o material é poroso, quanto mais espessa for a camada, mais baixa será a frequência que ele será capaz de absorver (VALLE, 2009)

Contudo, não existe um material difusor; sendo este obtido através de formas e técnicas de construção que utilizem materiais não absorvedores para a produzir a difusão³.

Por último, a **transmissão** acontece quando o som, ou parte dele, atravessa a superfície e surge, mais ou menos atenuado, do outro lado dela. Esse comportamento está diretamente ligado, no estudo da acústica, ao isolamento acústico, enquanto os outros associam-se ao condicionamento acústico.

2.1.5 Tratamento Acústico (Condicionamento x Isolamento)

O tratamento acústico consiste na criação das condições acústicas ideais para um ambiente. Entretanto, esse processo é composto de duas partes distintas, que, muitas vezes, são confundidas entre si: o isolamento acústico e o condicionamento acústico.

O **isolamento acústico** objetiva o controle dos ruídos, de forma a impedir ou atenuar a transmissão do som entre ambientes; seja do interior para o exterior ou do exterior para o interior. Já o **condicionamento acústico** é responsável por criar uma sonoridade agradável dentro do ambiente, utilizando ou eliminando os efeitos dos **fenômenos acústicos**, os quais são divididos em: a) fenômenos causados pelo comportamento das superfícies, tais como reverberações e ecos; b) fenômenos ligados às dimensões do ambiente, tais como as ondas estacionárias (VALLE,2009);

Dessa forma, a sequência lógica projetual, mais comumente adotada para tratamento acústico, consiste em:

- 1 - Escolher o local e suas dimensões;
- 2 - Isolar acusticamente a sala;
- 3 - Criar uma acústica interna ideal;
- 4 - Equipar o estúdio;

³ Quanto mais baixa a frequência que se pretende difundir, maior será a espessura necessária do difusor

2.2 ACÚSTICA DE AMBIENTES FECHADOS E PARÂMETROS ACÚSTICOS

As características de um campo sonoro estabelecido no interior de um espaço fechado são definidas pela concepção arquitetural de um ambiente. Logo, as suas propriedades acústicas - tais como geometria, volume, área e materiais adotados, além do posicionamento das fontes sonoras, equipamento e mobiliário - irão influenciar na melhor ou pior qualidade de execução e reprodução de música em uma sala (VALLE,2009).

2.2.1 Parâmetros da Reverberação

A **reverberação** consiste em inúmeras reflexões em todas as áreas de um ambiente, fechado ou semifechado, em intervalos de tempo muito curtos e quase aleatórios, formando uma difusão sonora no tempo e no espaço (VALLE, 2009). Em suma, é a forma no qual o som se propaga: de maneira difusa no ambiente, assumindo uma sonoridade semelhante a um prolongamento; sendo o fenômeno mais importante da acústica, responsável por enormes belezas, mas, também, por enormes fracassos projetuais.

Para que esse efeito ocorra, é imprescindível que o ambiente seja grande o bastante para formar o campo sonoro difuso a tempo. Do contrário, existirá apenas um conjunto de reflexões que, deixarão o local em silêncio após se extinguirem.

Assim, a reverberação ideal depende diretamente do tamanho, volume e objetivo de uso para um ambiente. Por esse motivo, em salas muito pequenas, como é o caso da maioria dos *home studios*, não existe reverberação verdadeira. Essa **falsa reverberação** é, na verdade, um padrão adequado de **early reflections**, reflexões primárias bastante numerosas e com intervalos irregulares, obtidas por meio do projeto geométrico das salas, levando sempre a formas irregulares e a superfícies não paralelas (VALLE, 2009) (figura 15).

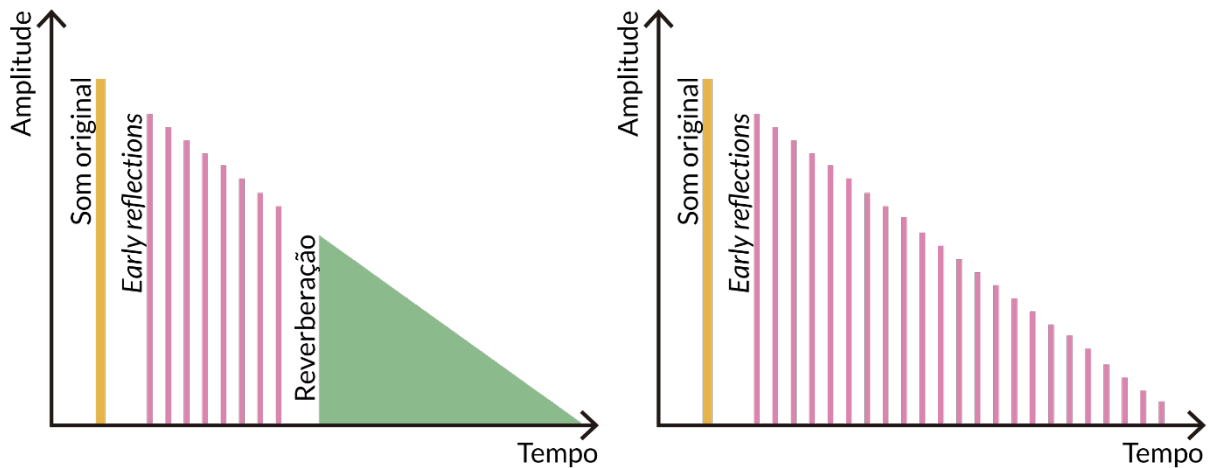


Figura 15 - Reverberação difusa x falsa reverberação
 Fonte: adaptado de VALLE (2009)

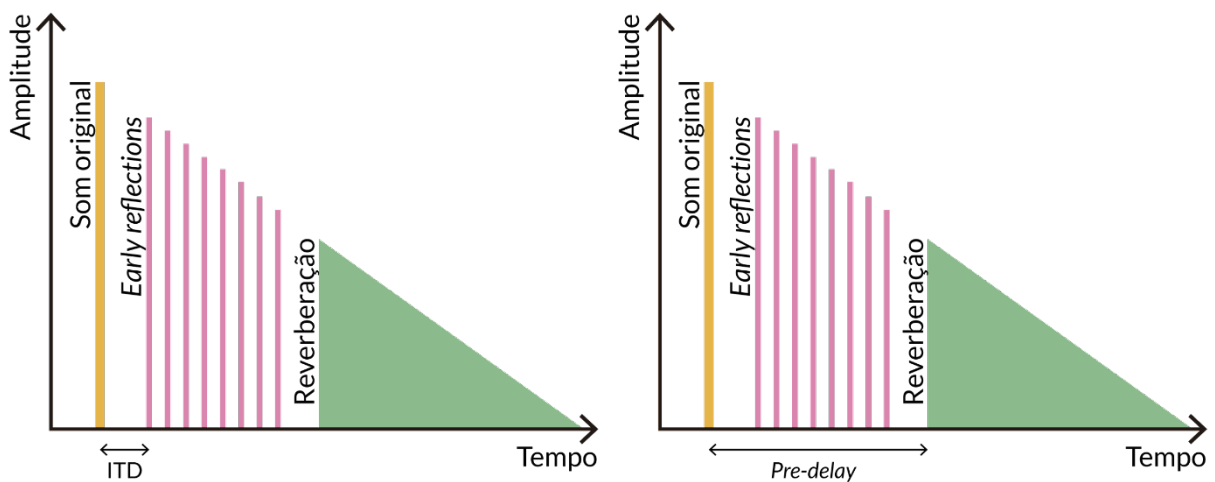


Figura 16 - *Initial Time Delay* x *Pre-delay*
 Fonte: adaptado de VALLE (2009)

Conforme o tempo de atraso, as reflexões primárias podem produzir diferentes efeitos acústicos, tais como: cancelamentos, em tempos próximos a 1ms; piora da inteligibilidade, em tempos de mais de 7ms; dobras, nos tempos acima de 20ms; e ecos discretos, quando acima de 80ms.

Além das *early reflections*, existem outros dois fenômenos que antecedem a reverberação de fato. Um deles é o *Initial Time Delay (ITD)*, que corresponde ao tempo decorrido entre o som original e a primeira de todas as reflexões. Funciona, também, como uma medida segura do tamanho da sala, pois a primeira de todas as reflexões virá da parede mais próxima ou do teto (VALLE, 2009). Em uma sala pequena, como é o caso de um *home studio*, as distâncias entre as superfícies são menores, fazendo com que o ITD seja mais curto e o nível das reflexões mais alto. Portanto, deve ser controlado para esse tipo projeto, sobretudo em salas de controle (figura 16).

O outro é o *pre-delay*, que corresponde ao tempo decorrido entre o som original e o início da reverberação propriamente dita; valor esse, apenas proporcional ao tamanho da sala, enquanto o tempo de reverberação depende do tratamento acústico (VALLE, 2009). Portanto, duas salas de mesmas dimensões podem ter tempos de reverberação e sonoridades diferentes, mas o *pre-delay* das duas será o mesmo (figura 16).

Pre-delay	Efeito	Característica da Sala
Até 10 ms	Imperceptível	Muito pequena
10 ~ 30 ms	Atraso imperceptível; mas a fonte se destaca pelo efeito Hass	Pequena
30 ~ 50 ms	Atraso perceptível; a fonte se destaca muito bem	Média
Mais de 50 ms	Grande atraso; há um período de silêncio entre o som original e a reverberação	Grande

Tabela 1 - Efeitos do pre-delay de acordo com sua duração

Fonte: VALLE (2009)

2.2.1.1 Tempo de Reverberação (RT_{60})

O **tempo de reverberação (RT_{60})** corresponde ao período de duração da reverberação propriamente dita. Ou seja, matematicamente, é o tempo, em segundos, para que o nível sonoro sofra um decréscimo de 60 dB em relação ao nível no momento inicial, desaparecendo completamente (VALLE, 2009).

Para cada tipo de ambiente existe um tempo de reverberação ideal, o qual varia de acordo com o volume e a finalidade dessa sala. Diante disso, como não existe uma norma rígida fixando os tempos de reverberação adequados para cada situação, é habitual do projeto de tratamento acústico seguir algumas convenções para atingir bons resultados, as quais são demonstradas através de um gráfico em linhas gerais (figuras 17 e 18).

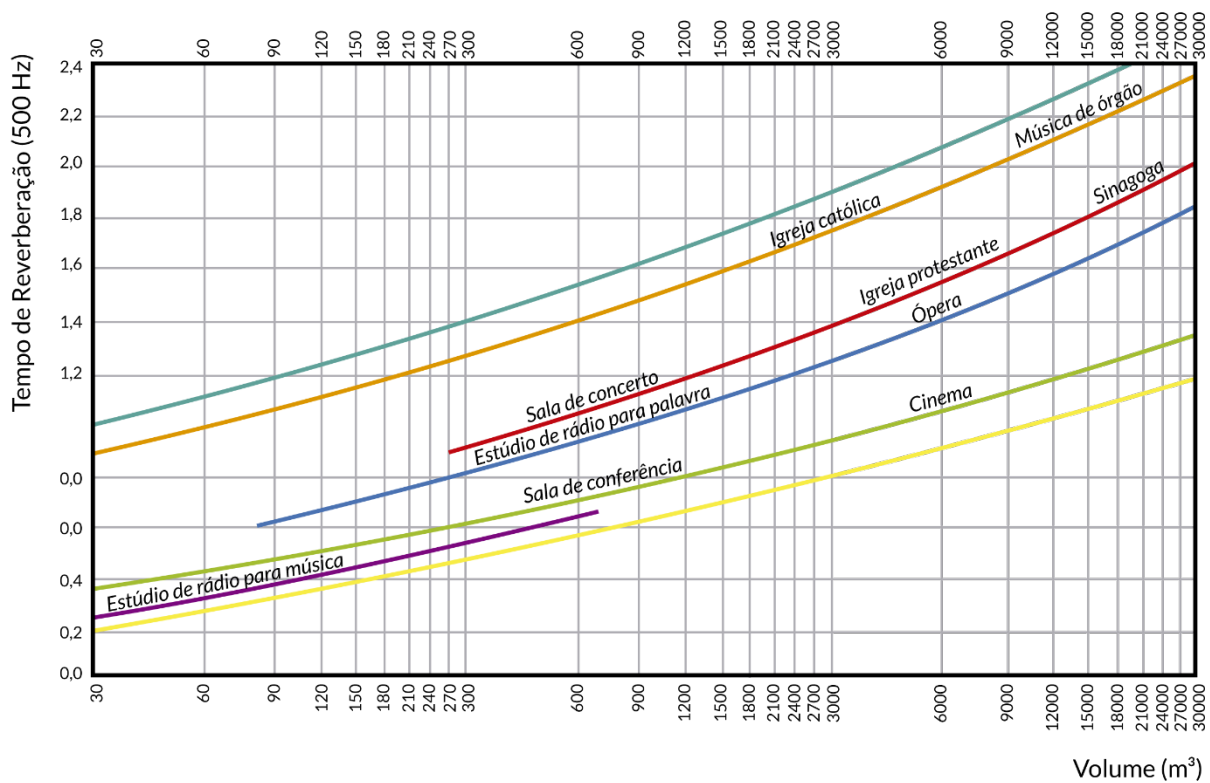


Figura 17 - Tempo ótimo de reverberação para diferentes ambientes
 Fonte: adaptado de NBR 12179

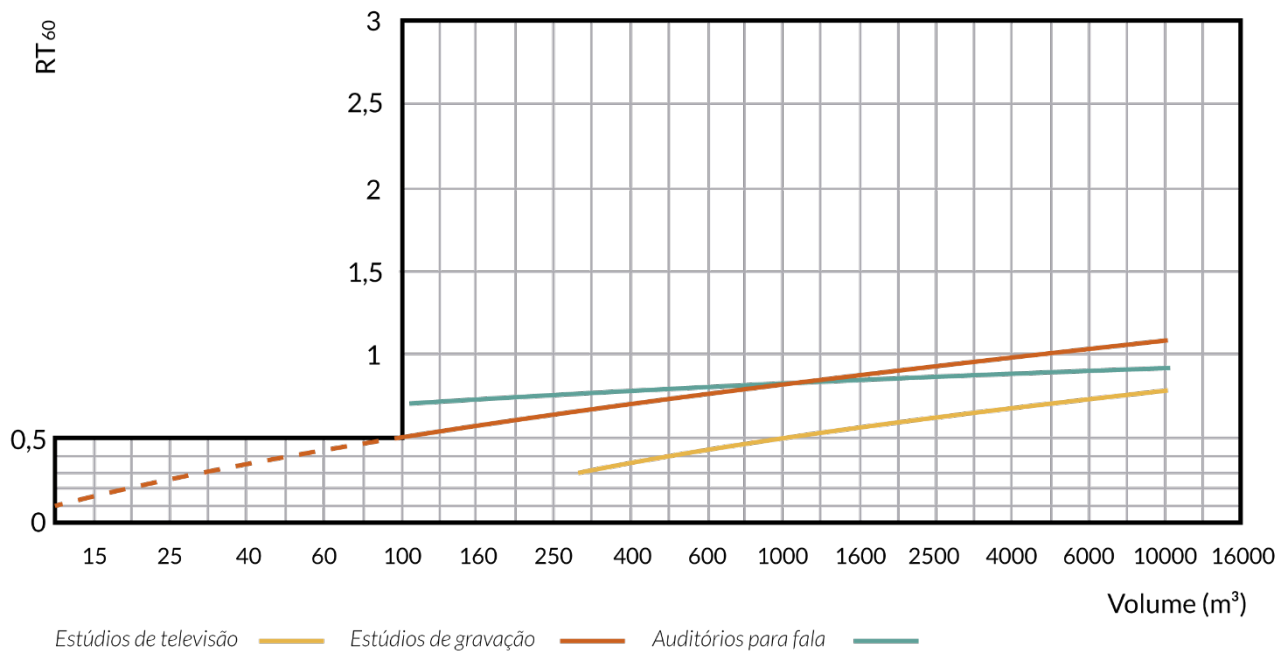


Figura 18 - Tempos de reverberação corretos para diferentes tipos de estúdios
 Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Contudo, o tempo de reverberação, sozinho, não indica se uma sala é viva (muito reverberante) ou morta (pouco reverberante). O coeficiente médio de absorção é o que determina a situação da reverberação do ambiente: índices acima de 40% significam salas mortas; de 40% a 20% salas médias; e abaixo de 20% significam salas vivas (VALLE, 2009). Em projetos de *home studio*, por serem, geralmente, locais de pequeno porte, é preferível ter uma sala pouco reverberante, visto que existe a possibilidade desses efeitos serem adicionados, posteriormente, na gravação de maneira digital.

Logo, o tempo de reverberação está diretamente relacionado com o coeficiente de absorção, o qual depende da ocupação da sala e dos materiais de revestimento. Como a absorção acústica de cada material varia conforme a frequência, o RT60 da sala varia também com a frequência, criando uma “coloração” para o ambiente.

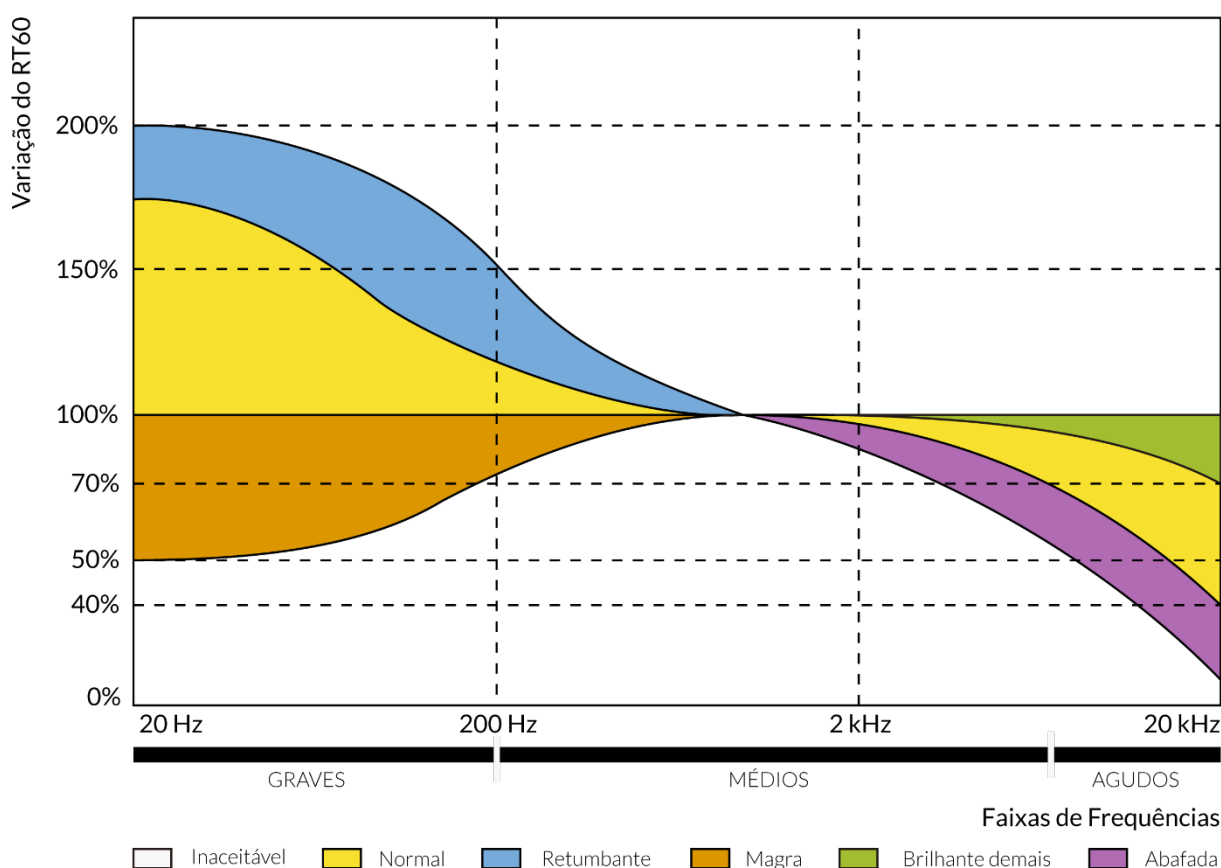


Figura 19 - Coloração: variação do RT₆₀ de acordo com a frequência.
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

O excesso de reverberação nos graves torna uma sala “retumbante” ou “cavernosa”. A falta de reverberação nas baixas frequências torna a sala “magra”, desvalorizando os sons dos instrumentos graves. O excesso nos agudos torna a sala “brilhante” ou “espelhada” demais, e a falta de reverberação nos agudos cria uma sala “abafada” ou “escura”. O excesso de reverberação em alguma faixa de médios cria uma sala “ressonante” ou “falsa”, e a falta em alguma região de médios faz com que a sala “enterre” as vozes ou instrumentos que dependem daquelas frequências (VALLE, 2009).

2.2.1.2 Cálculo do Tempo de Reverberação (RT_{60})

A **absorção total (A)**⁴ de um som em um ambiente é obtida pela soma de todas as absorções parciais providas por áreas revestidas com diferentes materiais, em que, cada qual, possui um **índice de absorção (a)**⁵ que varia com a frequência.

$$A = s_1a_1 + s_2a_2 + s_3a_3 + \dots + s_na_n$$

Equação 4 - Absorção total

Fonte: VALLE (2009)

Já o **índice médio de absorção (\tilde{a})** é a média ponderada de todos os índices, ou seja, a soma das absorções parciais, divididas pela **superfície total (S)**.

$$\tilde{a} = \frac{A}{S} = \frac{s_1a_1 + s_2a_2 + s_3a_3 + \dots + s_na_n}{s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_n}$$

Equação 5 - Índice médio de absorção

Fonte: VALLE (2009)

O tempo de reverberação de um ambiente está diretamente influenciado pela absorção desse mesmo local. A relação entre ambos fica evidente quando ilustrada pela **fórmula de Sabine**, utilizada para o cálculo do RT_{60} , na qual quanto maior a absorção do ambiente, menor o tempo de reverberação e vice-versa.

$$RT_{60} = \frac{0,16 \cdot V}{A} \text{ (segundos)}$$

Equação 6 - Fórmula de Sabine

Fonte: VALLE (2009)

⁴ A absorção total é medida em Sabines (sa), unidade que significa “metros quadrados de absorção total”.

⁵ Os valores de a para vários materiais podem ser obtidos em livros, ou então dos fabricantes desses materiais.

Contudo, essa fórmula só funciona corretamente quando o ambiente é muito vivo (pouca absorção), uma vez que, quando o RT_{60} tende para zero, aparecem grandes erros. A razão para isto é que, para RT_{60} igual a zero, o índice médio de absorção logicamente deveria ser de 100% - todo o som é absorvido, portanto não há o que reverberar. Mas, se na fórmula de Sabine usarmos $\bar{\alpha}$ igual a 1, ainda haverá reverberação (VALLE, 2009).

De forma a retificar essa imprecisão no cálculo, o matemático Eyring aplicou a seguinte correção ao valor do coeficiente de absorção, onde \ln representa o logaritmo natural (na base $e = 2,71828$):

$$\bar{\alpha}_{Eyring} = - \ln (1 - \bar{\alpha})$$

Equação 7 - Fórmula de Eyring

Fonte: VALLE (2009)

Se $\bar{\alpha}$ é muito baixo (ambiente vivo), $(1 - \bar{\alpha})$, tende para 1, cujo logaritmo é zero, e o RT_{60} resultante é alto, aproximando-se do valor não corrigido. Porém, se $\bar{\alpha}$ é igual a 1, então $(1 - \bar{\alpha})$ é zero, e seu logaritmo é infinito negativo, fazendo que RT_{60} seja efetivamente zero (VALLE, 2009).

2.2.2 Ondas Estacionárias

O comportamento acústico de onda em um ambiente aberto é diferente daquele apresentado em uma situação de propagação sonora em um ambiente fechado, principalmente aqueles cujas dimensões físicas são reduzidas, uma vez que as ondas sonoras se tornam grandes em comparação ao tamanho do espaço. As **ondas estacionárias** surgem, justamente, nessa situação e consistem na superposição de duas ondas de mesma frequência, porém que se propagam em sentidos opostos.

Valle (2009) exemplifica essa definição com uma situação hipotética na qual em uma sala de 3,44 metros de comprimento seja gerada uma onda sonora, de frequência de 50 Hz, em uma das suas extremidades em direção à outra. Sendo a velocidade de propagação do som no ar igual a 344m/s, o comprimento de onda desta frequência será de 6,88m. Dessa forma, quando a onda está na metade de seu ciclo, encontra a outra parede e é refletida de volta. As velocidades de ida e de volta, iguais, mas de direções opostas, se anulam, e as variações de pressão permanecem paradas, ou estacionárias, dentro da sala.

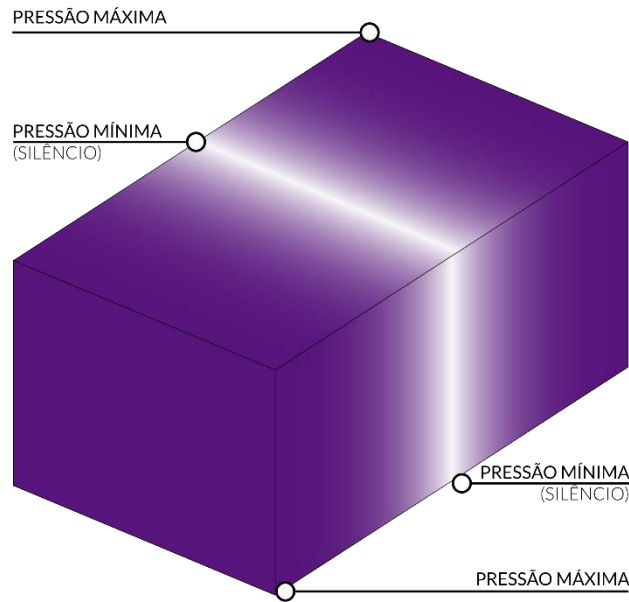


Figura 20 - Variações de pressão sonora dentro de uma sala

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

A representação esquemática acima da situação mostra que, nas extremidades da sala, temos a máxima pressão (áreas escuras), enquanto na metade da distância temos pressão mínima, isto é, silêncio (áreas claras). A análise desses fenômenos de cauda longa é feita com a ajuda da **fórmula de Schroeder**, a qual define a frequência limite a ser considerada como onda estacionária, uma vez que, acima desse valor, as ondas se tornam pequenas em relação ao tamanho da sala. Contudo, na prática, acima de 300Hz, a importância das estacionárias para a acústica da sala diminui muito, portanto geralmente basta calcular até essa frequência (VALLE, 2009):

$$f_s = \frac{3 \cdot V_{som}}{D_{min}}$$

Equação 8 - Frequência de Schroeder

Fonte: VALLE (2009)

Onde V_{som} é a velocidade do som e D_{min} é a menor dimensão da sala.

Os diferentes padrões de comportamento das ondas estacionárias nas superfícies de um espaço fechado são denominados de **modos ressonantes**. A variação de pressão sonora de algumas frequências de onda longa dentro da sala pode apresentar três tipos de padrões de reflexão: **modo axial, modo tangencial e modo oblíquo** (SILVA, 2015).

2.2.2.1 Modos Axiais

São chamados modos axiais os modos contidos entre duas paredes paralelas, já que correspondem a distâncias iguais aos eixos da sala. Para cada uma das três dimensões do ambiente – comprimento, largura e altura – existe uma correspondente “família” de modos axiais, que vão desde as frequências mais baixas, cujos comprimentos de onda são o dobro de cada dimensão da sala, até a frequência de Schroeder, onde se para de considerar os modos (VALLE, 2009).

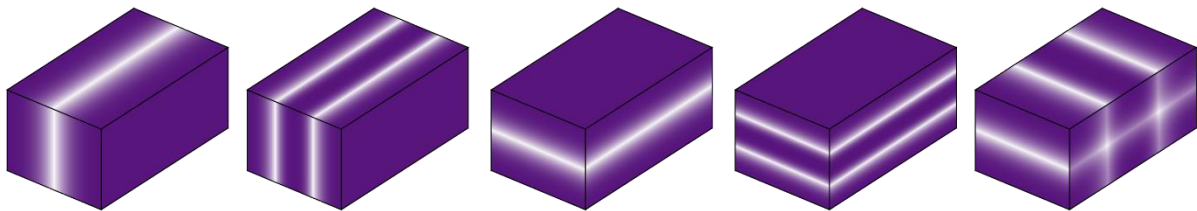


Figura 21 - Exemplificação gráfica dos modos axiais

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Para calcular as frequências dos modos axiais de uma sala, usamos as seguintes fórmulas:

$$f_x = \frac{c}{2} \cdot \frac{m}{x} ; f_y = \frac{c}{2} \cdot \frac{n}{y} ; f_z = \frac{c}{2} \cdot \frac{p}{z}$$

Equação 9 - Modos axiais

Fonte: VALLE (2009)

Onde **x**, **y** e **z** são as dimensões da sala; **m**, **n** e **p** são as ordens dos harmônicos, números inteiros positivos e **c** é a velocidade do som.

2.2.2.2 Modos Tangenciais

São ondas que se propagam e se reforçam em quatro paredes, formando um “plano”. O número de modos tangenciais, devido às muitas combinações possíveis entre dimensões e ordens de harmônicos, é muito maior que o de modos axiais. No entanto, sua influência na característica acústica de uma sala é menor. Por isso, nos cálculos modais, seu número (quantidade) é depois dividido por 2 (VALLE, 2009).

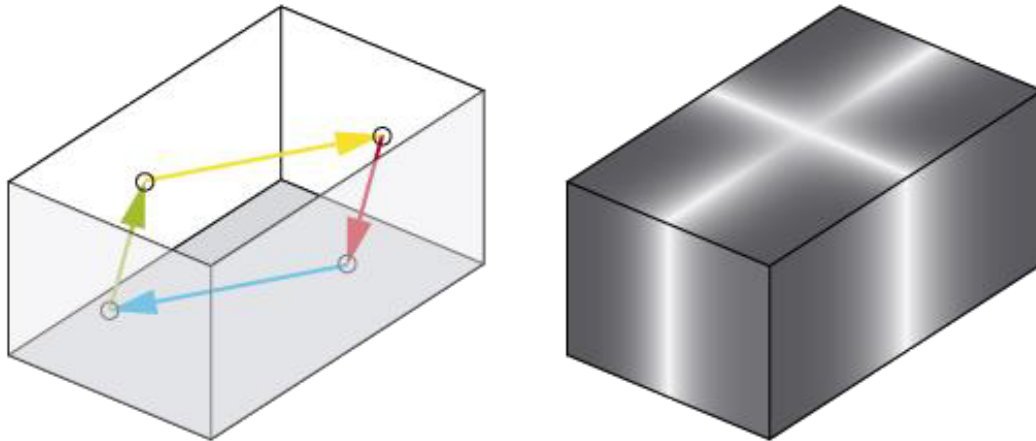


Figura 22 - Trajetória de uma onda estacionária tangencial e pressões de uma onda estacionária tangencial

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Para calcular os modos tangenciais, usam-se as seguintes fórmulas:

$$f_{xy} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{x}\right)^2 + \left(\frac{n}{y}\right)^2} ; f_{xz} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{x}\right)^2 + \left(\frac{p}{z}\right)^2} ; f_{yz} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n}{y}\right)^2 + \left(\frac{p}{z}\right)^2}$$

Equação 10 - Modos tangenciais

Fonte: VALLE (2009)

Onde **x**, **y** e **z** são as dimensões da sala; **m**, **n** e **p** são as ordens dos harmônicos, números inteiros positivos e **c** é a velocidade do som.

2.2.2.3 Modos Oblíquos

São ondas sonoras que se reforçam em todas as dimensões de uma sala, numa sequência do tipo: frente – esquerda – teto – fundo – chão – direita – frente. Da mesma maneira que nas estacionárias tangenciais, cada trecho contém um número inteiro de meios comprimentos de onda, permitindo assim a formação de estacionária entre todas as seis superfícies da sala, denominadas estacionárias oblíquas (VALLE, 2009).

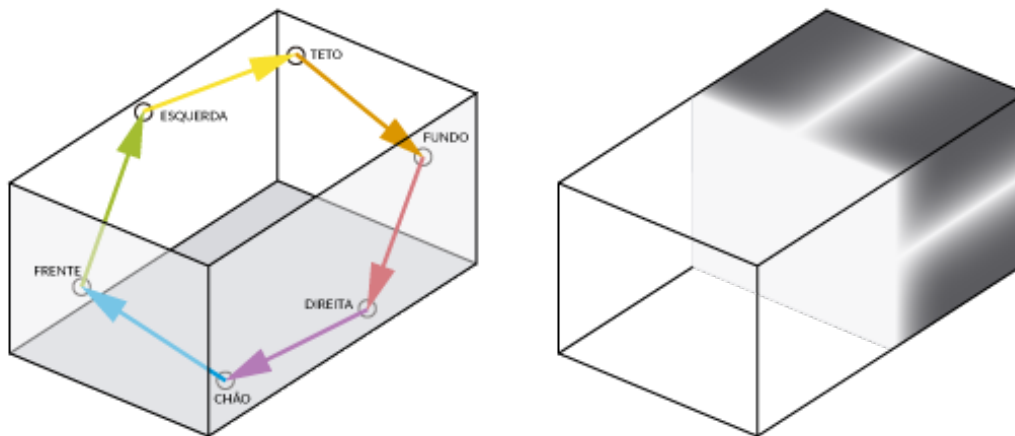


Figura 23 - Trajetória de uma onda estacionária oblíqua e efeito de um modo oblíquo em uma sala
 Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Para calcular os modos oblíquos, as três dimensões são levadas em conta, e é usada a seguinte fórmula:

$$f_{xyz} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{x}\right)^2 + \left(\frac{n}{y}\right)^2 + \left(\frac{p}{z}\right)^2}; m, n, p = 1, 2, 3, 4 \dots (\text{inteiros positivos})$$

Equação 11 - Modos oblíquos
 Fonte: VALLE (2009)

Onde **x**, **y** e **z** são as dimensões da sala; **m**, **n** e **p** são as ordens dos harmônicos, números inteiros positivos e **c** é a velocidade do som. Os modos oblíquos, embora muito numerosos, são de pouca influência na acústica das salas. Nos cálculos modais, seu número é depois dividido por 4 ao se fazer a soma (VALLE, 2009).

2.2.2.4 Densidade Modal

A densidade modal é um parâmetro que representa o número de modos por banda, dividido pela frequência central da banda, em gráfico no formato de curvas, e indica a qualidade acústica de um cômodo (VALLE, 2009).

Os cômodos com boa sonoridade possuem uma curva de densidade modal regular cujo gráfico se aproxima de uma linha suavemente ascendente; ao contrário da sonoridade ruim, que apresenta picos ou vales acentuados formando uma irregularidade na curva da densidade modal. Esse defeito, indica a necessidade de reajuste nas dimensões do local, pois significa que o cômodo acentua algumas frequências e atenua outras (VALLE, 2009).

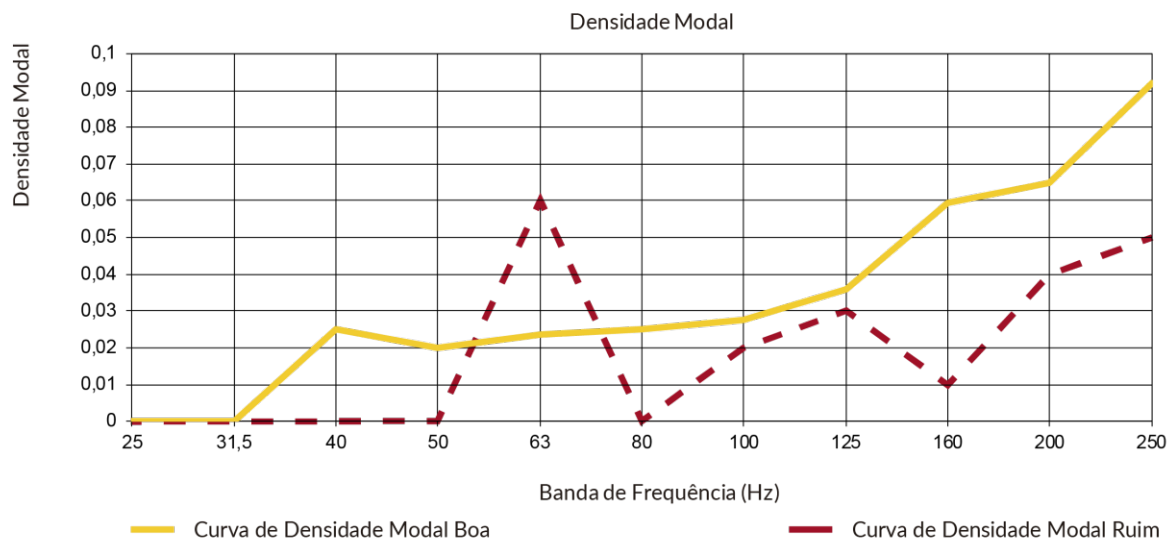


Figura 24 - Comparativo entre densidades modais de uma acústica boa uma acústica ruim
 Fonte: autoria própria (2020)

Já os critérios de Bonello são, basicamente, regras que devem ser seguidas para que os modos de uma sala contribuam para uma acústica equilibrada, tais como:

- a) O número de modos por banda deve aumentar com a frequência. Na pior hipótese, pode-se manter constante, mas nunca diminuir com a frequência.
- b) Se houver dois modos coincidentes numa banda, deve haver pelo menos mais três modos não coincidentes para que isso seja aceitável.
- c) Três ou mais modos coincidentes numa mesma banda são sempre inaceitáveis.

2.3 PROBLEMAS ACÚSTICOS

Os chamados **problemas acústicos** são os efeitos maléficos dos fenômenos acústicos que são causados pelo comportamento das superfícies ou pelas dimensões de um local. Esses defeitos influenciam de modo direto na característica sonora de um ambiente, piorando a qualidade de execução, reprodução e gravação musical. Os problemas mais comuns em home studios são: os retardos; *flutter echo* e eco; cancelamento; *comb filter*;

2.3.1 Cancelamento

Um cancelamento acústico acontece quando a onda refletida (e, portanto, atrasada) chega ao nosso ouvido com meio ciclo, ou seja, 180° fora de fase. No momento em que o som original produz uma variação positiva na pressão do ar, a onda atrasada produz uma variação negativa. As duas se anulam e, portanto, deixa de haver som naquele local, naquela frequência. Em outros pontos do ambiente, pode haver interferências destrutivas como esta, ou interferências construtivas (a onda atrasada chega em fase com a original e suas energias se somam), ou ainda simplesmente não haver interferência nenhuma (VALLE, 2009).

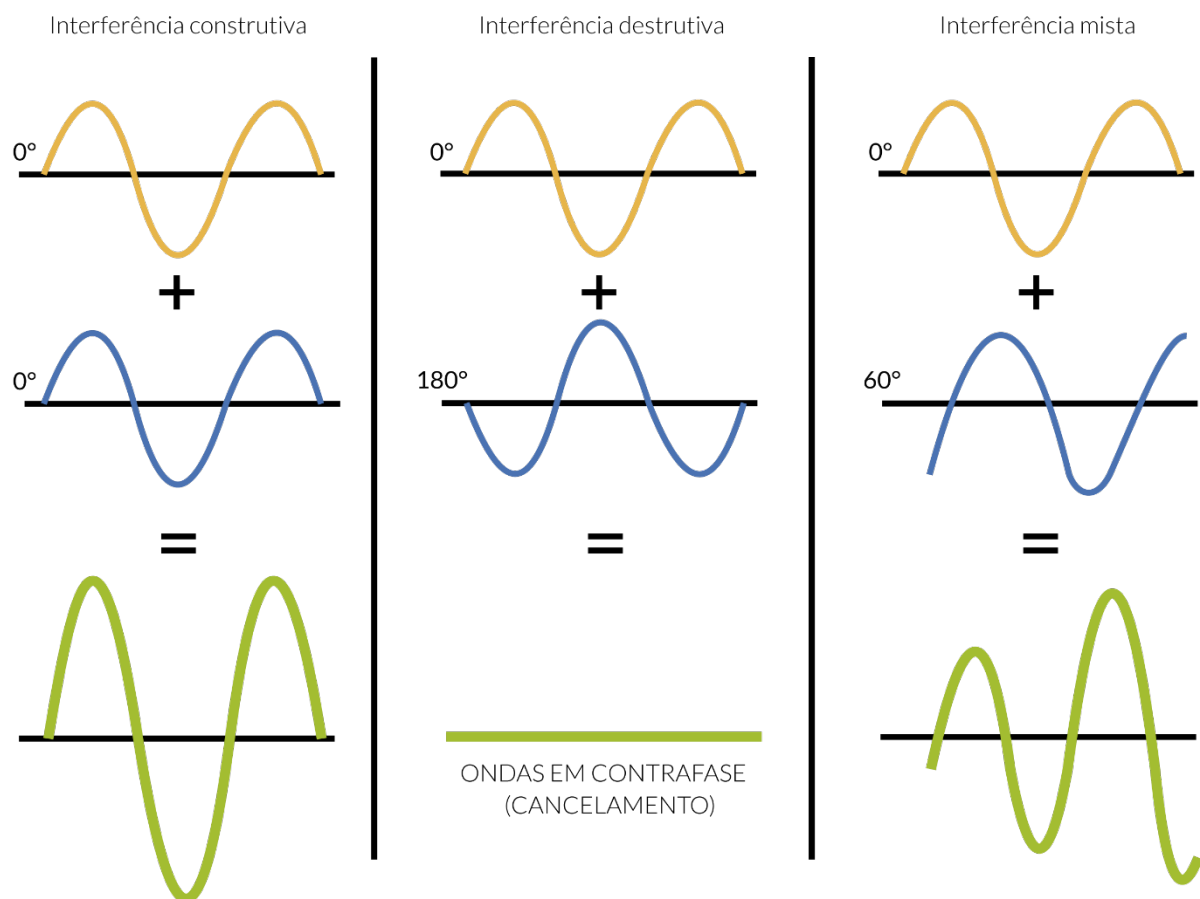


Figura 25 - Exemplificação gráfica dos tipos de interferências entre ondas sonoras

Fonte: adaptado de SILVA (2016, apud COOPER, 1996).

Logo, se a sala não tem nenhum tipo de proteção contra reflexões que possam causar interferências, em cada local teremos uma sonoridade com uma “coloração” indesejável diferente.

2.3.2 Comb Filter

O *comb filter* (filtro pente) ocorre quando há uma sucessão de cancelamentos a partir de uma frequência, fazendo com que o aspecto da resposta de frequência resultante se pareça com um pente. É um defeito acústico sério e, junto com os cancelamentos, podem produzir “colorações” desagradáveis no som (VALLE, 2009).

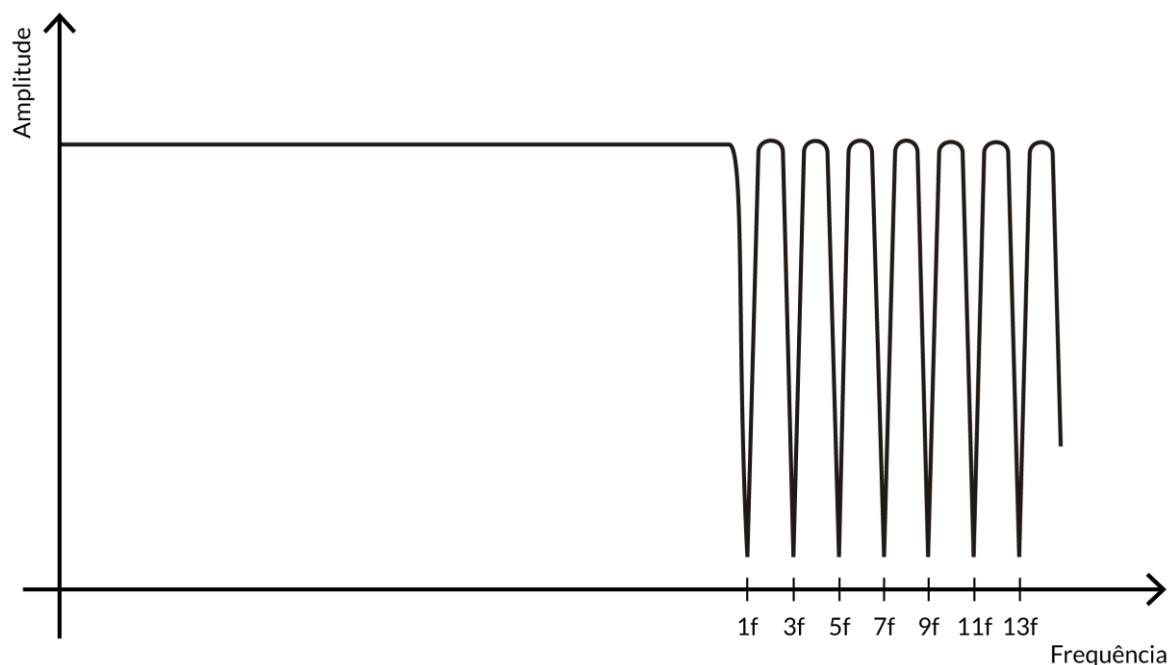


Figura 26 - Resposta de um filtro pente
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

2.3.3 Retardos do som

O retardo (*delay*) é o fenômeno que ocorre quando ouvimos um som e uma repetição atrasada dele mesmo, o que, dependendo do tempo de diferença entre os dois, resultará em efeitos bem diferentes. Abaixo de 7 milissegundos, o ouvido humano não consegue distinguir dois sons diferentes, causando a sensação de um único som. No entanto, podem ocorrer cancelamentos. Quando os caminhos são diferentes, o som que chega pelo caminho mais longo normalmente sofre uma atenuação maior, ocasionando um cancelamento parcial. No entanto, para pequenas diferenças de tempo de retardo, também temos pequenas diferenças de distância, e assim, podem ocorrer cancelamentos completos⁶ (VALLE, 2009).

⁶ Um cancelamento completo ocorre quando duas ondas chegam com amplitudes iguais, mas com diferença de fase de 180°

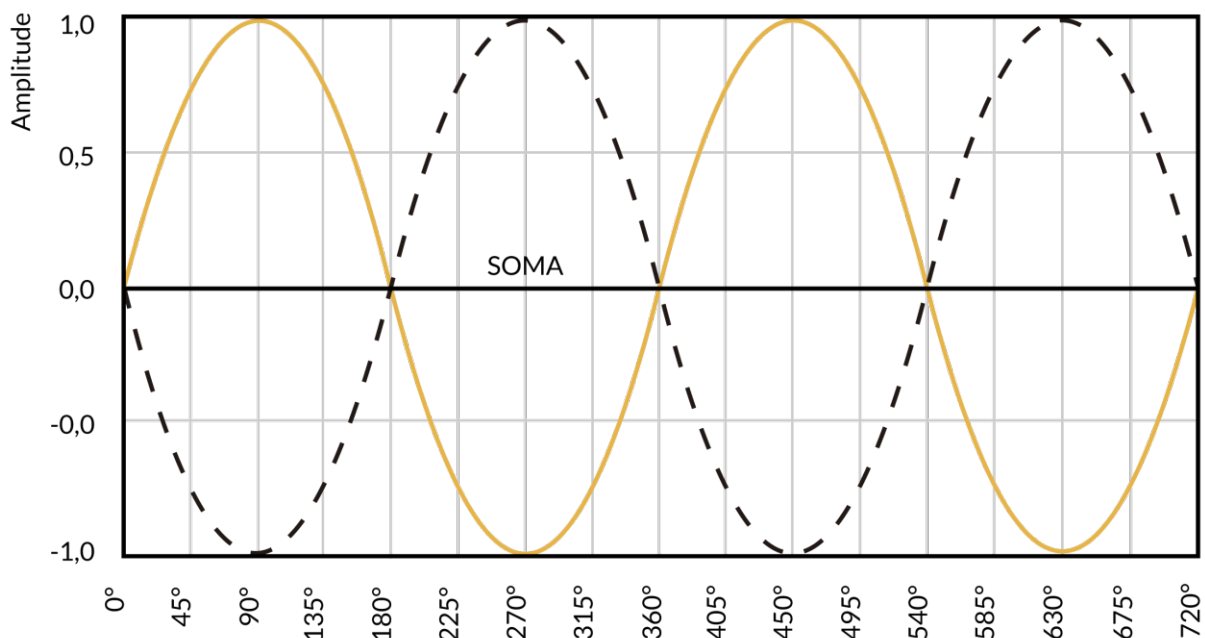


Figura 27 - Diferença de fase de 180° produz cancelamento total
 Fonte: adaptado de VALLE (2009).

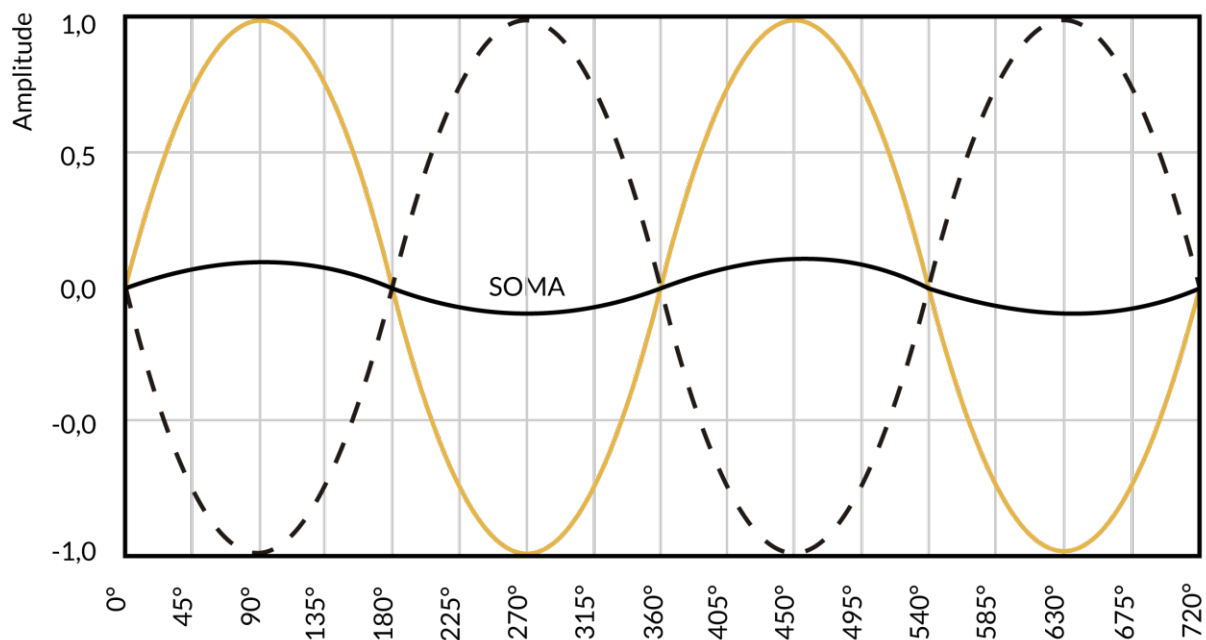


Figura 28 - Amplitudes diferentes produzem cancelamento parcial
 Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Já acima dos 20 milissegundos, o ouvido humano já distingue nitidamente dois sons separados e não se percebe os cancelamentos, uma vez que os “dentes do pente” estão muito próximos. Contudo, esses atrasos ainda são muito pequenos para que palavras ou até mesmo sílabas sejam repetidas, causando o fenômeno conhecido como

dobra de som, um defeito acústico grave que compromete a inteligibilidade do som (VALLE,2009).

2.3.4 Flutter Echo e Eco

Este é um sério defeito acústico ocasionado pelo desenho geométrico do ambiente, onde, entre duas paredes paralelas, reflexivas e próximas, o som produzido será muitas vezes rebatido em uma rápida sucessão de dobras (VALLE, 2009). O **flutter echo** causa um efeito tão feio, que não é utilizado nem artificialmente.

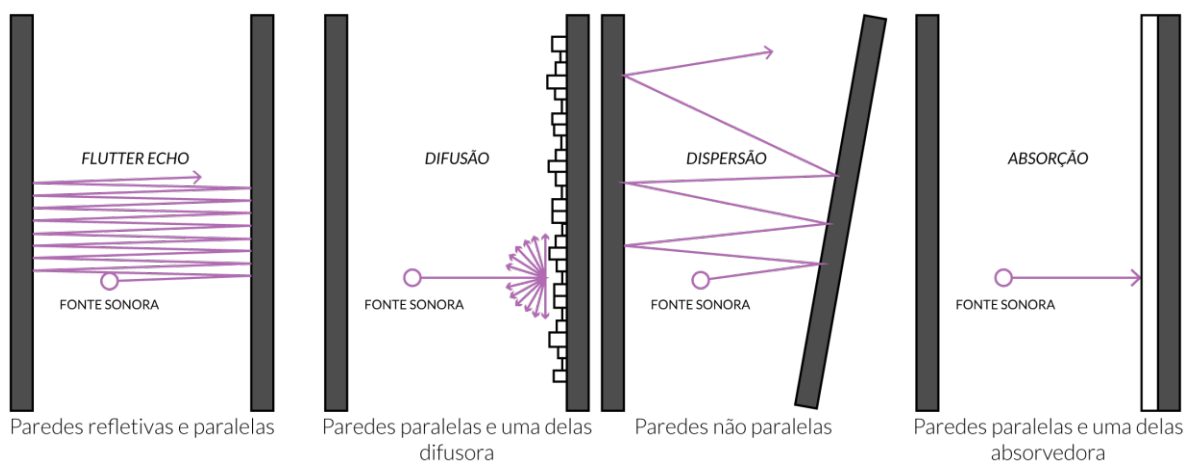


Figura 29 - Comportamento das ondas sonoras em flutter echo, difusão, dispersão e absorção
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

O **eco** se origina da mesma forma que o *flutter echo*. Contudo, como as distâncias entre as superfícies reflexivas são muito maiores, o nível das reflexões é muito mais baixo, deixando o efeito mais suave. Geralmente, o atraso ultrapassa os 80 milissegundos, o que permite ouvir a repetição de sílabas e até palavras inteiras (VALLE, 2009).

3

O HOME STUDIO



3. O HOME STUDIO

A diferença de um home studio para um estúdio de gravação profissional é o espaço físico, porque, na teoria, ambos podem utilizar dos mesmos tipos de equipamento. O estúdio de gravação tem: sala de ensaio típico, que consiste em um local uma sala onde os instrumentistas e vocalistas fazem suas execuções; sala de controle (aquário): onde estão os equipamentos de gravação e manipulação do som; e cabines de isolamento, que são salas menores que se prestam à acomodação de instrumentos altos como uma bateria ou amplificadores de guitarra, de modo a isolá-los da captação dos microfones que captam o som dos outros instrumentos ou vocalistas. (KLEIN, 2014).

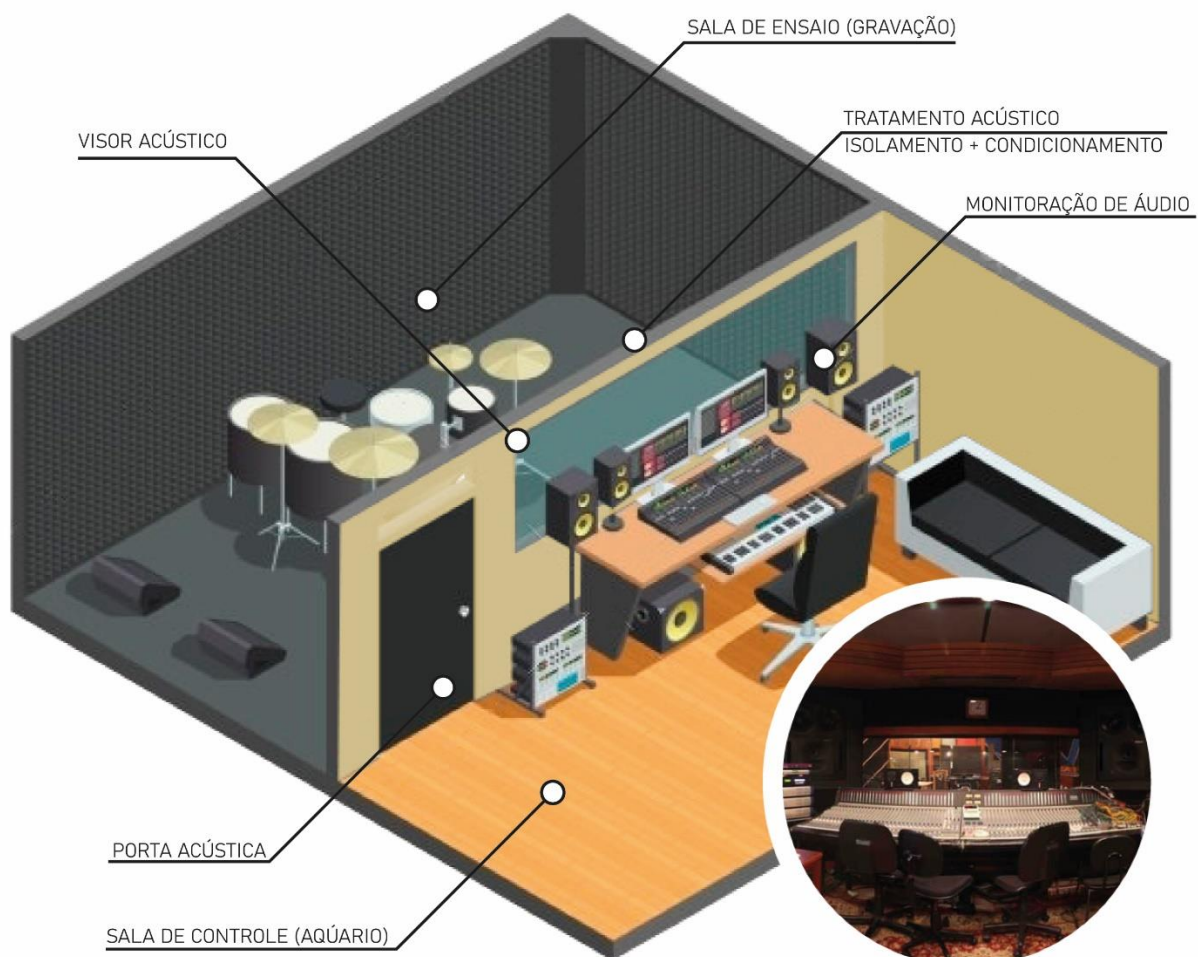


Figura 30 - Exemplificação gráfica de um estúdio de gravação profissional
Fonte: adaptado de GARCIA (2012) e TELE52 (2019);

Por sua vez, os home studios são estruturados para atender as necessidades específicas do usuário, e por serem, geralmente, ambientes com a finalidade de uso voltada para o lazer ou parcialmente comercial, têm a sua configuração espacial reduzida, onde as atividades de captação de áudio, monitoração e ensaio geralmente acontecem no mesmo local. Existem três diferentes níveis de home studio, sendo eles: o *home studio* de quarto, o *home studio* dedicado e o *home studio* semiprofissional. Cada um deles diferenciados entre si pela finalidade de uso, tamanho do espaço físico, equipamentos de áudio e a presença ou não da monitoração de áudio no ambiente, o que faz ser necessário a introdução do tratamento acústico completo.

3.1 HOME STUDIO DE QUARTO

Caracteriza-se, principalmente, pela divisão do cômodo com outro uso, geralmente o de dormitório. Possui o mínimo de equipamento necessário para realizar a gravação de músicas utilizando-se de um computador, sendo o tipo mais simples de todos. Nessa situação, o tratamento acústico do espaço não é obrigatório, uma vez que quase não são utilizados instrumentos acústicos e, geralmente, não existe a monitoração de áudio, sendo esta substituída pelos fones de ouvido.



Figura 31 - Exemplificação gráfica de home studio de quarto
Fonte: adaptado de MHR (2011) e TELE52 (2019)

3.2 HOME STUDIO DEDICADO

Caracteriza-se por estar localizado em um cômodo independente e separado, utilizado somente para as gravações e ensaios. Diferente do estágio anterior, nessa situação é imprescindível o tratamento acústico do ambiente para garantir qualidade final do material produzido. Isso porque, o espaço físico passa, nessa fase, a interferir diretamente no modo de trabalho devido à presença da monitoração do áudio (monitores de referência) junto com a incorporação de alguns instrumentos acústicos.

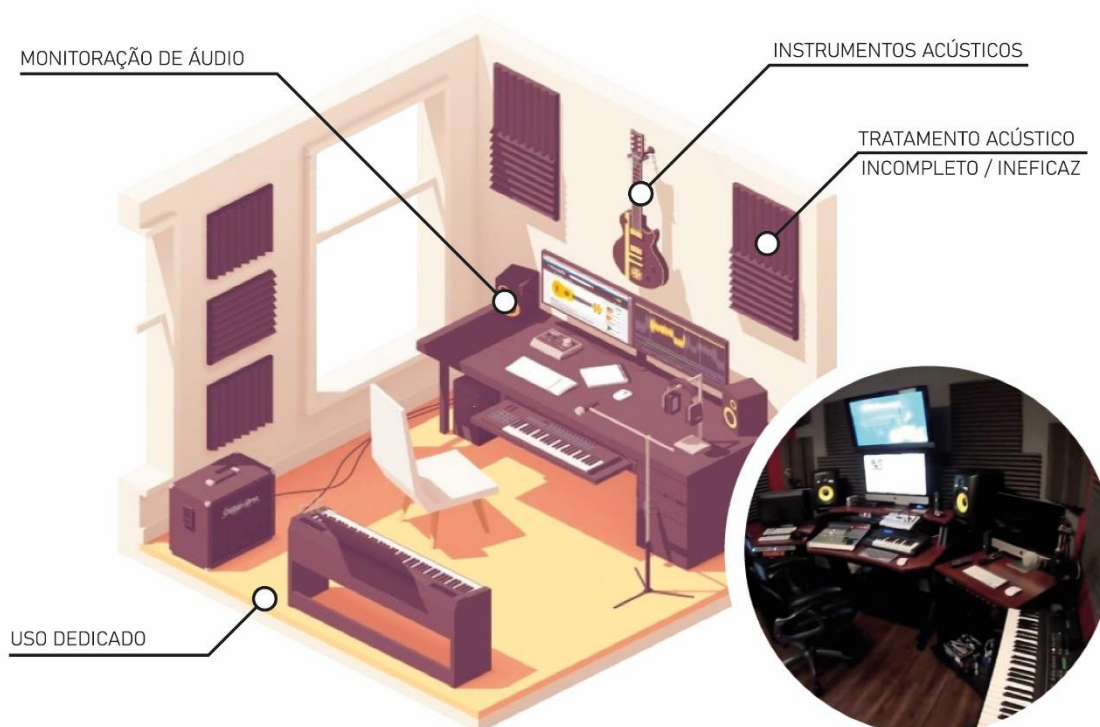


Figura 32 - Exemplificação gráfica de Home Studio dedicado

Fonte: adaptado de Beat (2017) e TELE52 (2019)

Nos casos 1 e 2, pela impossibilidade de uso de alguns instrumentos e equipamentos acústicos – ou até mesmo equipamentos mais caros –, é bastante utilizado recursos tecnológicos que façam a simulação destes através do uso de MIDI⁷, VST⁸ e VSTi⁹.

⁷ *Musical Instrument Digital Interface* (MIDI). Linguagem de dados que permite a comunicação entre computadores, instrumentos musicais e outros dispositivos de áudio (BRANDÃO, 2017).

⁸ *Virtual Studio Technology* (VST). Protocolo de software que permite a simulação de aparelhos reais, como equalizadores, compressores e outros periféricos na forma de plugins. (MEDEIROS, 2014).

⁹ *Virtual Studio Technology Instruments* (VSTi). Protocolo de software que permite a simulação de quaisquer instrumentos musicais, através do uso da linguagem MIDI. (MEDEIROS, 2014).

A grande vantagem desse sistema é o total controle de ruído, pois o som é reproduzido e processado diretamente no computador. Contudo, devido a desvantagem da perda da dinamicidade do som do instrumento, muitos músicos e profissionais da área preferem investir em estúdios de gravação de maior porte que permitam obter qualidade superior na captação do áudio de alguns instrumentos sem a necessidade de utilização desse meio, como é o caso, por exemplo, da gravação da bateria acústica (SILVA, 2016).

3.3 ESTÚDIO SEMIPROFISSIONAL

Esse é o último estágio de evolução de um home studio, ficando abaixo apenas de um estúdio profissional no quesito estrutura. Diferente dos outros dois tipos anteriores, permite a gravação de vários músicos simultaneamente por possuir um espaço físico maior e ter equipamento de gravação mais especializado. Nessa situação, a bateria acústica já pode ser introduzida e, em alguns poucos casos, a dimensão do ambiente possibilita a divisão interna de pequenas salas.

Por esse motivo, o tratamento acústico é um aspecto de extrema importância no projeto de um home studio, pois o modo como o som se comporta e reverbera na sala pode mudar dramaticamente a forma com que a música é gravada e mixada. O trabalho de criar a boa acústica de um ambiente tem duas partes bem diferentes: o isolamento acústico e o condicionamento acústico.

Embora sejam bastante confundidas entre si, estas duas ciências se diferem uma da outra, apesar de serem complementares. O isolamento é responsável por impedir o som de passar de dentro para fora, e de fora para dentro da sala, enquanto o condicionamento estabelece uma sonoridade agradável dentro do ambiente, controlando a reverberação e os ecos, consertando problemas modais e promovendo uma resposta de frequências adequada de acordo com seu tamanho e tipo de uso. Desse modo, uma sala pode ter ótimo isolamento e uma péssima acústica interna, ou vice-versa (VALLE, 2009).

Para o tratamento acústico de um home studio o objetivo é atingir as duas metas. Contudo, cada tipo de uso, num sentido geral, requer um estilo diferente de acústica de sala para execução ou gravação. Assim, ao se projetar a sala de gravação, deve-se, antes de mais nada, saber para o que ela será preparada (VALLE, 2009).

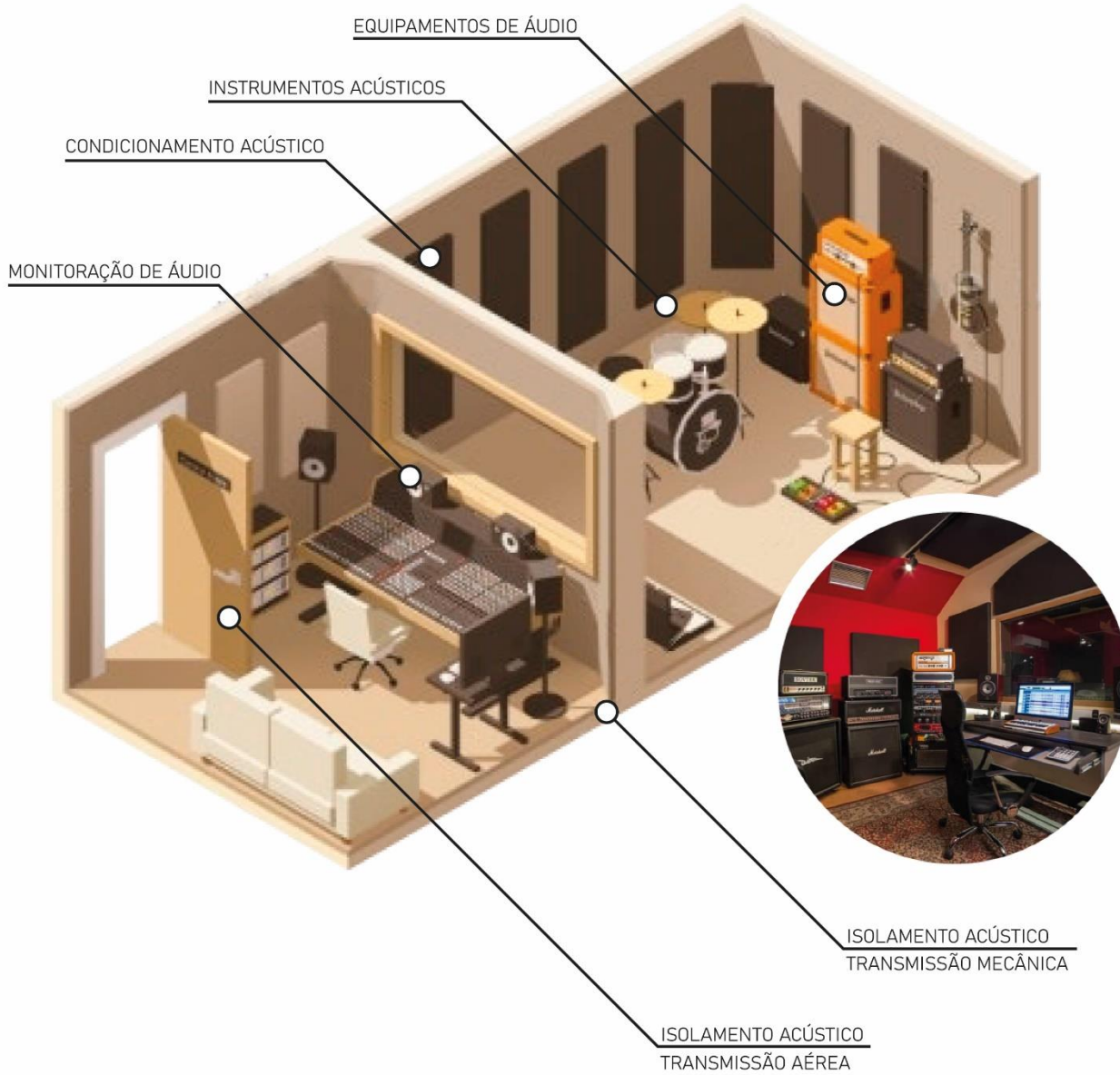


Figura 33 - Exemplo gráfico de Estúdio Semiprofissional
 Fonte: adaptado de Destiny Studios (2018) e TELE52 (2019)

3.4 EQUIPAMENTOS DE UM HOME STUDIO

Equipamentos		Tipos de Home Studio		
		Quarto	Dedicado	Semiprofissional
1	Computador	✓	✓	✓
2	<i>Digital Audio Workstation (DAW)</i>	✓	✓	✓
3	Interface de Áudio	✓	✓	✓
4	Controlador MIDI	✓	✓	✓
5	Plugins (VST / VSTi)	✓	✓	✓
6	Microfone	✓	✓	✓
7	Fones de Ouvido	✓	✓	✓
8	Instrumentos Elétricos	✓	✓	✓
9	Monitores de Áudio		✓	✓
10	Estação de Trabalho		✓	✓
11	Instrumentos Acústicos		✓	✓
12	Hardware e Equipamentos Analógicos			✓

Tabela 2 - Lista comparativa de equipamentos utilizados por modelo de Home Studio

Fonte: adaptado de SILVA (2016) e NAMBA (2017).

1. Computador: é uma máquina responsável pelo processamento de dados e armazenamento automático de informações, onde são realizadas todas as etapas da produção musical (gravação, edição, mixagem e masterização) através do uso de softwares conhecidos como Digital Audio Workstation (DAW).

2. *Digital Audio Workstation (DAW):* “estação de trabalho de áudio digital” — é um software sequenciador que tem a finalidade de gravar, editar e tocar o áudio digital, o qual é armazenado e organizado em trilhas. O programa também é responsável pela pós-produção do áudio, convertendo os dados MIDI em sons específicos, adicionando efeitos digitais e/ou simulações de instrumentos através de plugins (VST e VSTi) e finalização do produto final da música com o processo de mixagem e masterização.

3. Interface de Áudio: é um dispositivo de hardware que envia e recebe sinais sonoros entre equipamentos de som e um computador, executando um processo de conversão entre a forma digital e analógica para outros periféricos ou provendo interfaces para outros equipamentos digitais.

4. Controlador MIDI: é qualquer hardware que gera e transmite dados **MIDI**¹⁰ para outros dispositivos habilitados para MIDI, computador ou módulo de som; geralmente acionando sons e controlando parâmetros de desempenho de música digital.

5. Plugins (VST / VSTi): utilizam o processamento de sinais para simulações de equipamentos tradicionais de estúdios de gravação, efeitos sonoros (acústicos ou digitais) ou instrumentos. Funcionam geralmente dentro de uma estação de trabalho de áudio digital (DAW) e podem ser controlados através de dados MIDI.

6. Microfone: é um transdutor que converte o som em sinais elétricos, utilizados frequentemente no processo de captura do áudio em gravações.

7. Fones de Ouvido: reproduzidor de áudio cuja finalidade é proporcionar uma audição privada, **minimizar** a interferência de outros sons presentes no mesmo espaço, ou simplesmente constituir uma alternativa quando não se puder ouvir som por caixas acústicas.

8. Instrumentos Elétricos¹¹: são aqueles incapazes de gerar som por si próprios, necessitando de **um** meio elétrico ou dispositivo eletrônico para amplificá-lo através de um alto falante.

¹⁰ Os dados MIDI (por exemplo, notas tocadas e sua intensidade) são transmitidos utilizando um cabo MIDI.

¹¹ Guitarra elétrica, baixo elétrico, sintetizadores, teclados, bateria eletrônica.

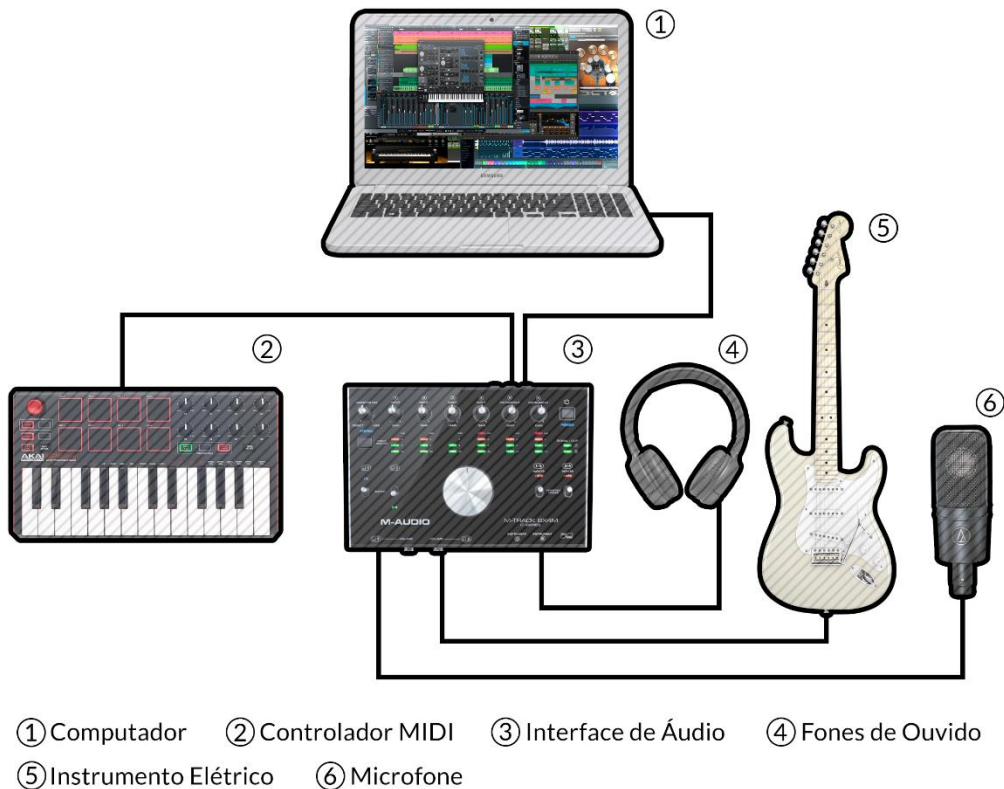


Figura 34 - Diagrama de equipamentos do Home Studio de quarto

Fonte: adaptado de WALSH (2011)

9. Monitores de Áudio: são caixas acústicas projetadas para ter uma resposta de frequência “flat”, ou seja, sem qualquer tipo de equalização e com todas as frequências equilibradas, o que garante uma reprodução do áudio o mais próximo o possível da gravação original. Além disso, proporciona um som mais “claro”; dessa forma, os detalhes aparecem, tornando mais fácil identificar e corrigir os erros.

10. Estação de Trabalho: é o espaço físico para o trabalho de gravação e produção no *home studio*, concentrando, de maneira organizada: o computador, interface de áudio, controlador MIDI, monitores de áudio e a maior parte de hardware e de equipamentos analógicos. Nos home studios semiprofissionais essa estação de trabalho na sala de controle, um ambiente separado da sala de ensaio.

11. Instrumentos Acústicos¹²: são instrumentos capazes de gerar sons de maneira independente a qualquer meio elétrico ou dispositivo eletrônico, através, somente, da conversão de energia mecânica originada pela vibração. Nos *home studios* dedicados, é comum o uso de alguns tipos de instrumentos acústicos em gravações, com exceção da bateria acústica, que, por exigir um espaço físico maior e requerer melhor tratamento acústico, é mais facilmente encontrada nos *home studios* semiprofissionais.

12. Hardware e Equipamentos Analógicos: são equipamentos físicos utilizados para diferentes propósitos, tais como equalização, timbragem, amplificação ou adição de efeitos (*delay, reverb, chorus, flanger*). Muitos plugins simulam esses tipos de equipamentos digitalmente, apesar de não conseguir oferecer a mesma qualidade sonora.

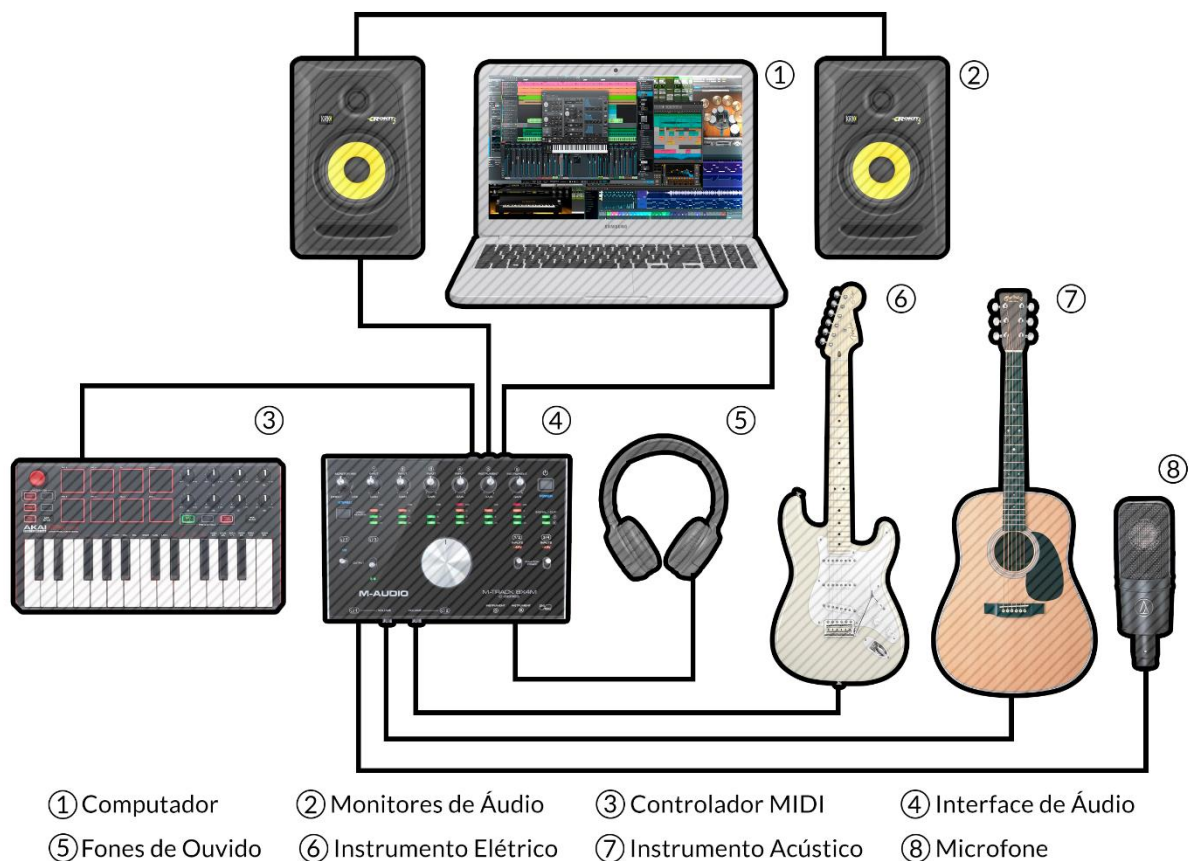
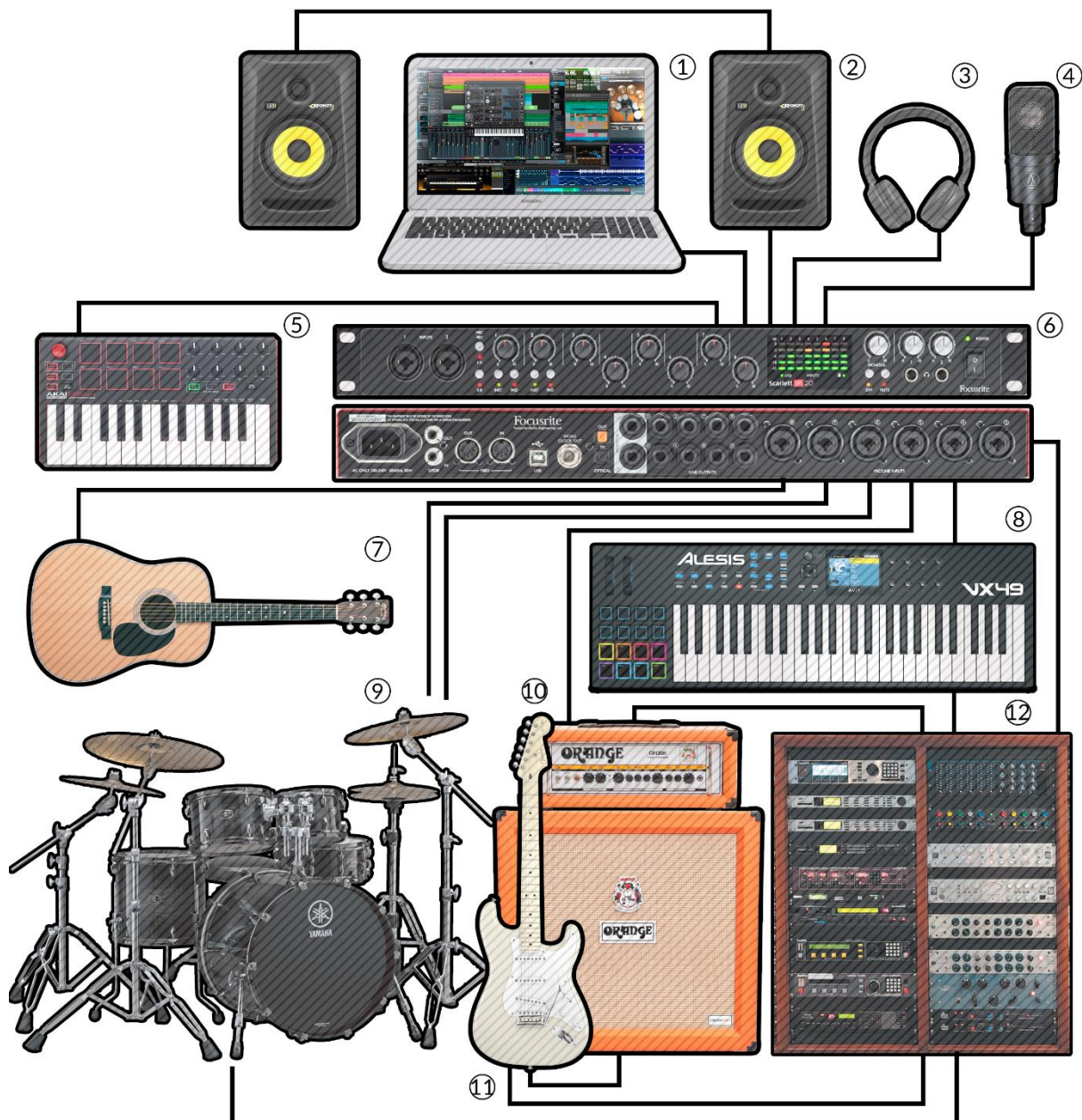


Figura 35 - Diagrama de equipamentos do Home Studio dedicado
Fonte: adaptado de SONO (2015)

¹² Voz, violão, violino, flauta, piano, bateria acústica.



- | | | | |
|--------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| ① Computador | ② Monitores de Áudio | ③ Fones de Ouvido | ④ Microfone |
| ⑤ Controlador MIDI | ⑥ Interface de Áudio | ⑦ Instrumento Acústico | ⑧ Sintetizador |
| ⑨ Bateria | ⑩ Amplificador | ⑪ Instrumento Elétrico | ⑫ Periféricos |

Figura 36 - Diagrama de equipamentos do Home Studio semiprofissional
 Fonte: adaptado de AUDIOFANZINE (2018)

4

ADEQUAÇÃO DE ESPAÇOS RESIDENCIAIS



4. ADEQUAÇÃO DE ESPAÇOS RESIDENCIAIS

A lógica ideal utilizada nos projetos de adequação de espaços residenciais em *home studios* segue as seguintes etapas: a) Escolher o local e suas dimensões; b) Isolar acusticamente o ambiente; c) Condicionar acusticamente o ambiente; d) Equipar o estúdio;

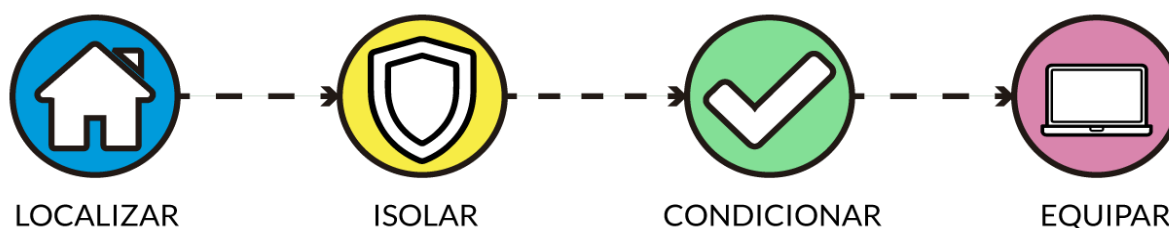


Figura 37 - Ordem da adequação de espaços residenciais
Fonte: autoria própria (2019)

4.1 O ESPAÇO FÍSICO

Em um cenário ideal, quanto maior o espaço físico disponível para a construção do *home studio*, melhor, pois, além de comportar toda a estrutura e equipamento necessário na utilização de ensaios e gravações, tem vantagem acústica sobre os ambientes de dimensões menores e maior facilidade para realizar o tratamento acústico adequado. Contudo, essa situação não é a realidade, para a grande maioria dos casos, quando se trata da adaptação de cômodos residenciais em *home studio*.

Dentre todos os cômodos disponíveis em uma residência, os quartos são os ambientes preferidos para o processo de readequação de uso, uma vez que possuem o maior espaço físico possível para ser reutilizado sem que comprometa as demais atividades do cotidiano. Entretanto, muitas das vezes, esses ambientes não apresentam o espaço físico adequado para oferecer a melhor qualidade acústica possível. Então, como escolher o melhor local para estabelecer um *home studio*?

Tanto a **geometria** como as **dimensões** do espaço físico definem as características acústicas do ambiente, uma vez que ambas estão relacionadas aos fenômenos

acústicos¹³, seja de maneira positiva ou negativa. Desse modo, o primeiro passo é escolher um local com proporções apropriadas, o que tende a minimizar, ou até evitar, alguns problemas acústicos mesmo antes de receber o tratamento.

4.1.1 Dimensões

O **diagrama de Bolt Beranek & Newman**¹⁴ é muito utilizado nessa etapa como parâmetro para obter a relação ideal entre as dimensões de um *home studio*, uma vez que delimita graficamente uma **zona de excelência** na qual é possível encontrar todas as proporções que favorecem à criação da boa acústica interna no local.

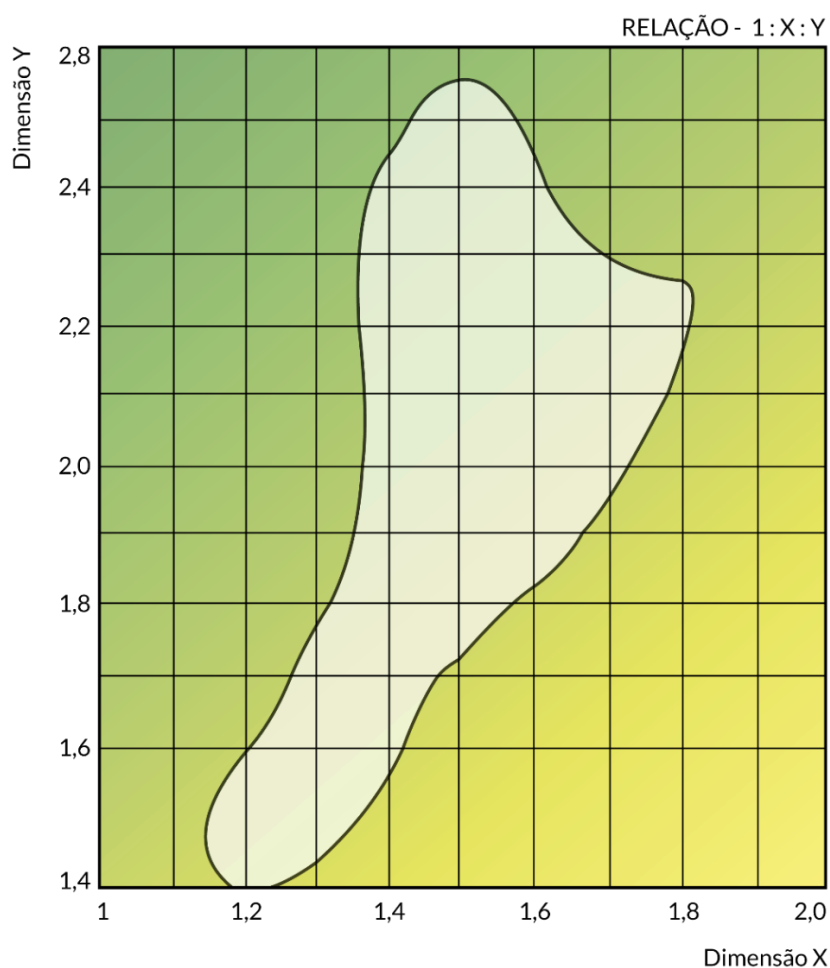


Figura 38 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman

Fonte: adaptado de MAIOCCHI (2013)

¹³ Existem dois tipos de fenômenos acústicos: os causados pelo comportamento das superfícies, e os ligados às dimensões do ambiente. O primeiro tipo compreende os retardos, ecos e a reverberação. O segundo grupo compreende os efeitos das ondas estacionárias (VALLE, 2009).

¹⁴ A proporção dada pelo diagrama de Bolt Beranek & Newman é organizada a partir dos valores de X e Y (largura e comprimento) para uma altura pré-definida de 1 metro.

Do contrário, todas as demais proporções que se localizam fora da zona de excelência possuem defeitos acústicos provenientes do comportamento das ondas estacionárias e os modos (axial, tangencial e oblíquo), o que acarreta no surgimento de trechos de **baixa pressão**¹⁵ e trechos de **alta pressão**¹⁶, criando colorações diferentes em cada ponto da sala: uma situação que se agrava quanto menor for o ambiente.

Em uma situação adversa, a melhor opção é a escolha de um local com o maior espaço físico disponível, pois, uma vez que tal ambiente não estivesse dentro da zona de excelência do diagrama de Bolt Beranek & Newman, haveria a possibilidade de readequar suas dimensões, reduzindo o seu tamanho até chegar em uma proporção aceitável.

4.1.2 Geometria

Em suma, para atingir uma boa acústica interna é imprescindível evitar que as dimensões do ambiente sejam múltiplas entre si ou se aproximem de alguma forma, diretriz representada geometricamente na aproximação da forma do retângulo áureo, mais conhecida na acústica como a **tipologia do shoe-box** (FAURO, 2011).

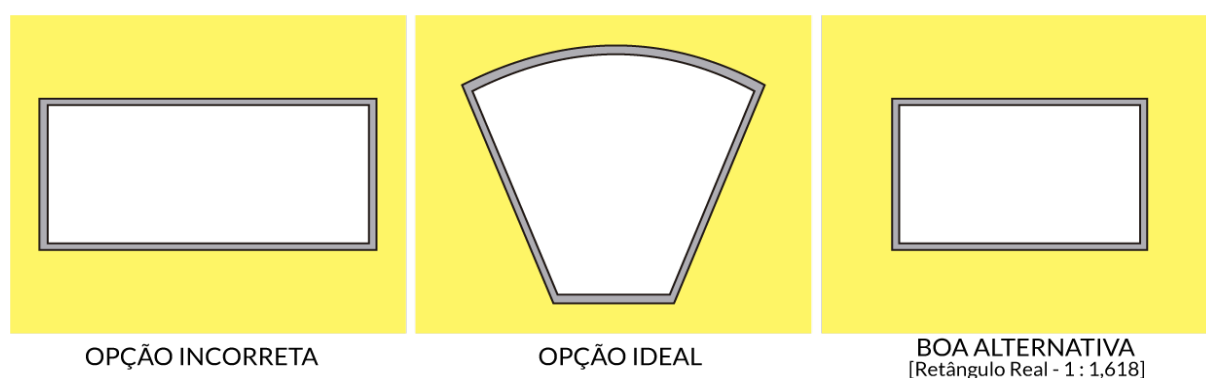


Figura 39 - Comparativo entre diferentes geometrias

Fonte: adaptado de ARAU (1999)

Os ambientes com o formato de *shoe-box* apresentam um som mais claro, mais distinto, sobretudo na propagação das notas agudas. Contudo, algumas inconveniências acústicas são comuns neste tipo de configuração de planta, como, por exemplo, o acontecimento de ecos devido às superfícies paralelas muito próximas.

¹⁵ Modos disseminados em um trecho da frequência da banda de graves, 20 Hz à 200 Hz.

¹⁶ Modos acumulados em um trecho da frequência da banda de graves, 20 Hz à 200 Hz.

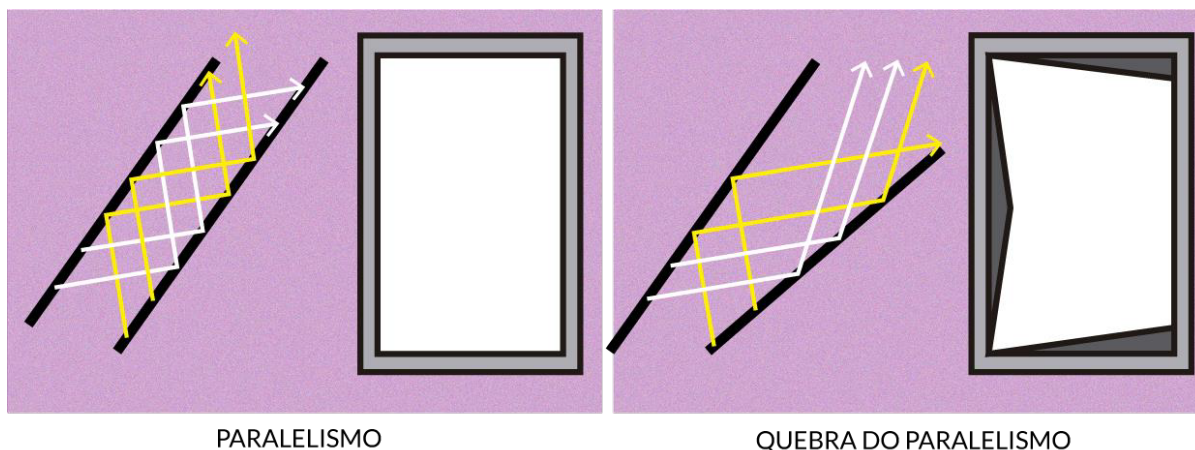


Figura 40 - Quebra do paralelismo com inclinação de paredes e uso de difusores
 Fonte: adaptado de AZEVEDO (2013).

A solução para esse tipo problema acústico está na correção do paralelismo, seja através de uma pequena inclinação entre as paredes ou da utilização de difusores no ambiente. Todavia, as angulações¹⁷ de teto e parede devem ser sempre utilizadas em prol da qualidade acústica do ambiente o qual se deseja construir, utilizando-as para direcionar o som, e nunca de maneira arbitrária (AZEVEDO, 2013).

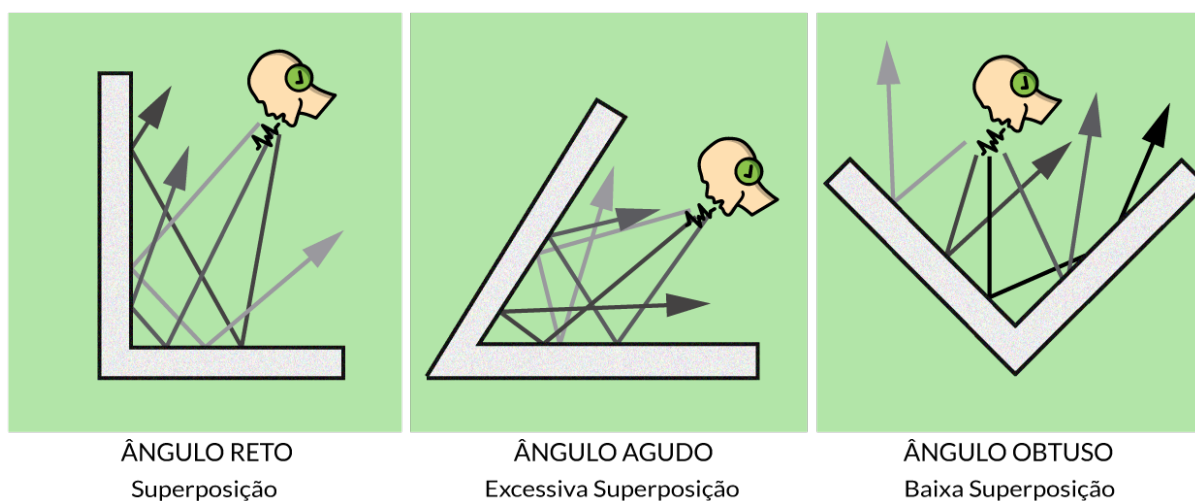


Figura 41 - Reflexão do som em ângulos reto, agudo e obtuso
 Fonte: adaptado de SOUZA et. al. (2003)

¹⁷ Arestas que formam ângulos retos e agudos, também apresentam pontos de grande superposição sonora e em alguns casos excesso de som refletido, retornando para a própria fonte. Uma forma de serem evitadas essas reflexões é a promoção de ângulos obtusos. (SOUZA et. al., 2003, p.116)

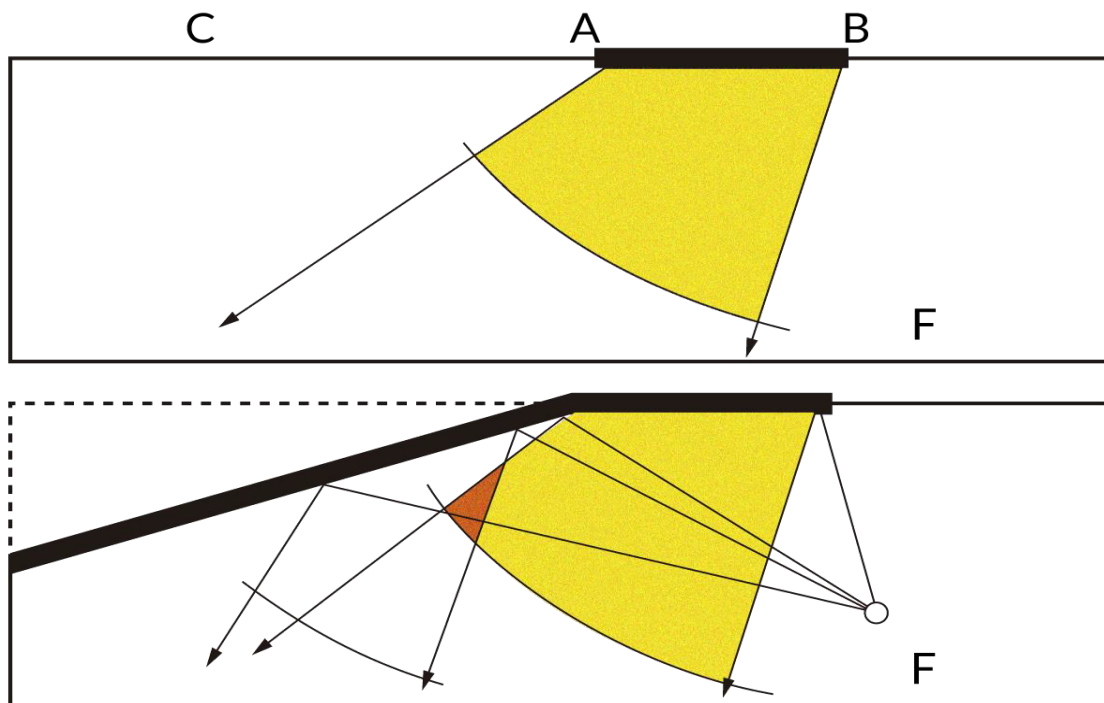


Figura 42 - Teto simples e com direcionamento do som
 Fonte: adaptado de CARVALHO (1967)

4.2 ISOLAMENTO ACÚSTICO

Como já vimos anteriormente, o processo de **tratamento acústico** de um *home studio* é dividido em duas etapas e tem início com o **isolamento acústico**, onde o objetivo é controlar o nível de ruído sonoro, atenuando ou, até mesmo, impedindo a transmissão de som entre ambientes distintos e/ou entre edificações. Justamente por isso, é um aspecto de extrema importância em qualquer *home studio*, sendo um dos principais responsáveis por proporcionar o **conforto acústico e qualidade acústica**.

Uma vez que são ambientes situados em residências, os *home studios* necessitam estar adequados às normas de conforto acústico para áreas residenciais, a fim de evitar qualquer tipo de transtorno para a vizinhança devido ao excesso de barulho causado por esse novo uso do espaço.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o nível que não causa incômodo à audição humana é de até 50 dB. A partir dos 65 dB, o ruído já começa a se tornar um incômodo à comunicação e concentração, enquanto os ruídos acima de 85 dB podem ser nocivos à saúde.

Contudo, o limite aceitável de barulho varia de acordo com a localidade, característica, uso e vocação da área. Assim, a **NBR 10.151/2000**¹⁸ define em tabela os valores em dB(A) admissíveis para cada tipo de área nos períodos diurno e noturno¹⁹. Essa norma, em específico, serve como base para o isolamento acústico de um *home studio*, onde a finalidade é minimizar o impacto no ambiente, evitando o vazamento excessivo. Por esse motivo, o ideal é que sempre os limites de nível do período noturno sirvam de parâmetro, pois, dessa forma, permitirá que o usuário tenha maior liberdade para usufruto do *home studio* sem restrição de horários.

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Tabela 3 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10.151 (2000)

Além do conforto acústico, o isolamento contribui para a qualidade acústica do *home studio*, afinal uma boa gravação é resultado de uma boa captação de áudio. Logo, não deve haver interferência de ruídos indesejáveis vazando para dentro do ambiente. A **NBR 10.152/2017**²⁰, norma que regula os níveis de ruídos toleráveis para cada tipo de ambiente interno a uma edificação, serve como referência para definir um limite de ruído que não interfira nas atividades exercidas dentro de um *home studio*.

Locais		dB(A)	NC
Residências	Dormitórios	35 – 45	30 – 40
	Salas de estar	40 – 50	35 – 45
Auditórios	Salas de concertos, Teatros	30 – 40	25 – 30
	Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 – 45	30 – 35

Tabela 4 - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações em dB(A)

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10.152 (2017)

¹⁸ Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento.

¹⁹ Recomenda-se usar a faixa das 7 h às 22 h para o período diurno e a faixa das 22h às 7h para o período noturno.

²⁰ Níveis de ruído para conforto acústico.

As técnicas de isolamento acústico são baseadas em duas formas de transmissão sonora: aérea, através de qualquer passagem aberta, como, por exemplo, portas e janelas mal fechadas, frestas, dutos sem vedação, paredes mal rejuntadas, etc.; e estrutural, transmitida pela vibração de paredes, lajes e outros pisos, portas leves e vidros; (VALLE, 2009).

4.2.1 Transmissão Estrutural

O ruído de impacto é aquele que se transmite através da via estrutural, seja pela vibração de: paredes; lajes e outros pisos; portas leves e vidros. Uma vez que essa vibração se propaga na estrutura de um edifício, ela é capaz de viajar através dela muito mais rápido e mais longe do que por via aérea, sendo comum, casos em que o receptor se encontre distante da fonte do ruído.

A única forma de resolver tal problema é através do isolamento estrutural, evitando todas as deficiências acústicas ocasionadas por qualquer elemento que possa vibrar na edificação; no caso de um *home studio*: teto, piso e parede. Sendo assim, o modo mais perfeito de isolamento acústico é o sistema ***box-in-a-box***.

Como diz o nome, o sistema *box-in-a-box* consiste em criar, dentro do espaço destinado à sala acústica, uma “caixa” totalmente flutuante e isolada do prédio principal. Dessa forma, a vibração da estrutura interna não é transferida para a externa, o que garante um alto grau de isolamento, principalmente na região das baixas frequências (VALLE, 2009).

Contudo, existe uma ressalva na utilização desse método construtivo pelos motivos de: alto custo; excesso de peso adicionado na estrutura da edificação; espaço reduzido; ou pela combinação de todos esses fatores. Logo, em *home studios* – principalmente os de apartamentos –, é necessária uma adaptação do sistema *box-in-a-box*: utilizando materiais mais leves, mais baratos e de maior facilidade de instalação; e trabalhando com cada superfície para atingir um resultado global eficiente (VALLE, 2009).

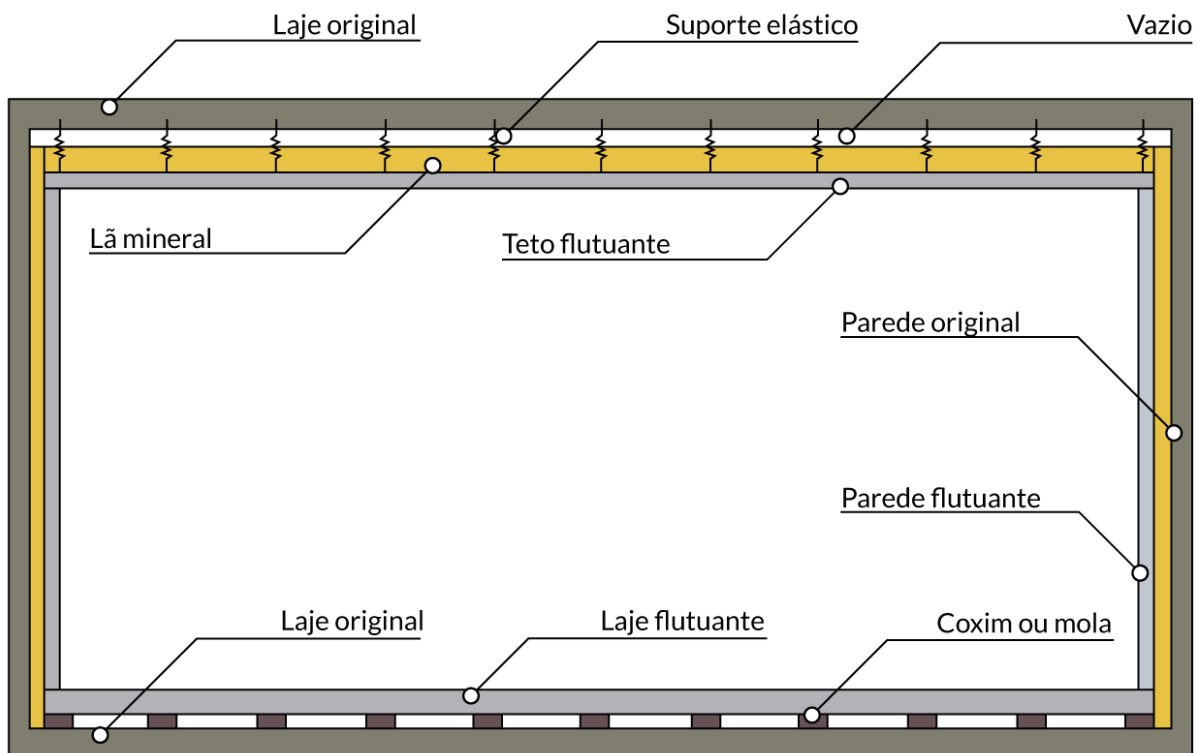


Figura 43 - Adaptação do sistema box-in-a-box
 Fonte: adaptado de VALLE (2009).

A partir do sistema construtivo de alternância entre os materiais isolantes, mais conhecido como **princípio da massa-mola-massa**, é possível obter uma estrutura menor, mais leve e com um desempenho acústico igual aos sistemas construtivos convencionais e mais robustos.

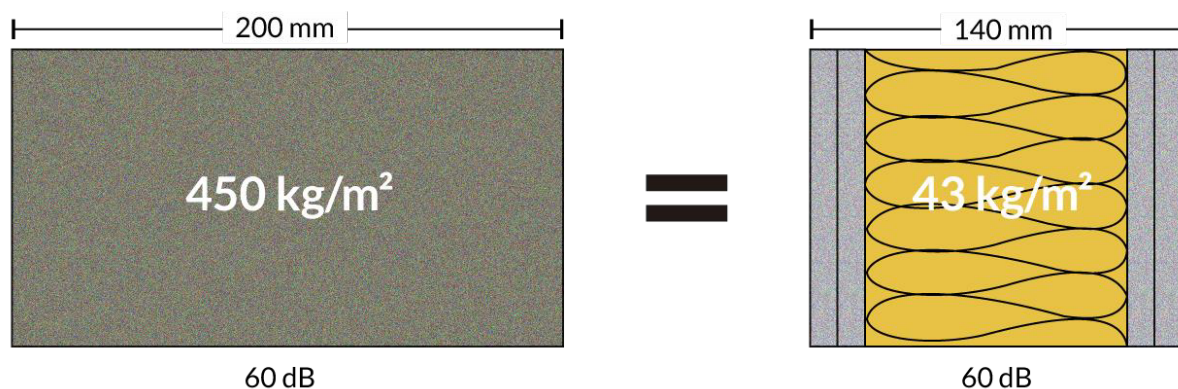


Figura 44 - Comparação de desempenho acústico do sistema massa-mola-massa
 Fonte: adaptado de DIAS (2014).

O **isolamento ponto a ponto** baseia-se no princípio da massa-mola-massa e é adotado, justamente, na impossibilidade de realizar o sistema box-in-a-box, sendo a melhor forma de isolar acusticamente um *home studio* de maneira eficiente.

4.2.1.1 Teto Flutuante

A primeira etapa é o isolamento do teto, o qual pode ser construído em gesso, madeira ou MDF. Assim com as demais divisórias, a serem instaladas em seguida, o teto deverá ser flutuante, ou seja, mecanicamente desacoplado da estrutura da edificação. Uma vez que as paredes flutuantes não têm, em geral, resistência para suportar o peso do novo teto, este deverá ser fixado apoiando-se nas paredes já existentes ou atirantado na laje original (VALLE, 2009).

Da primeira forma, devem ser feitos, nas paredes originais, aberturas retangulares de dimensões que caibam, com boa folga, os caibros que irão sustentar o novo teto. Geralmente de madeira ou MDF, esse teto flutuante é preso por baixo dos caibros utilizando parafusos, arruelas e cola. Já nas aberturas dentro das paredes, por baixos dos caibros, são colocadas borrachas, ou coxins, de pequena espessura (1,5 a 2 centímetros) para apoiá-los sem transmitir vibração. Por fim, as laterais dos caibros e todas as folgas são vedadas com material flexível, evitando o qualquer vazamento de som através das aberturas (VALLE, 2009).

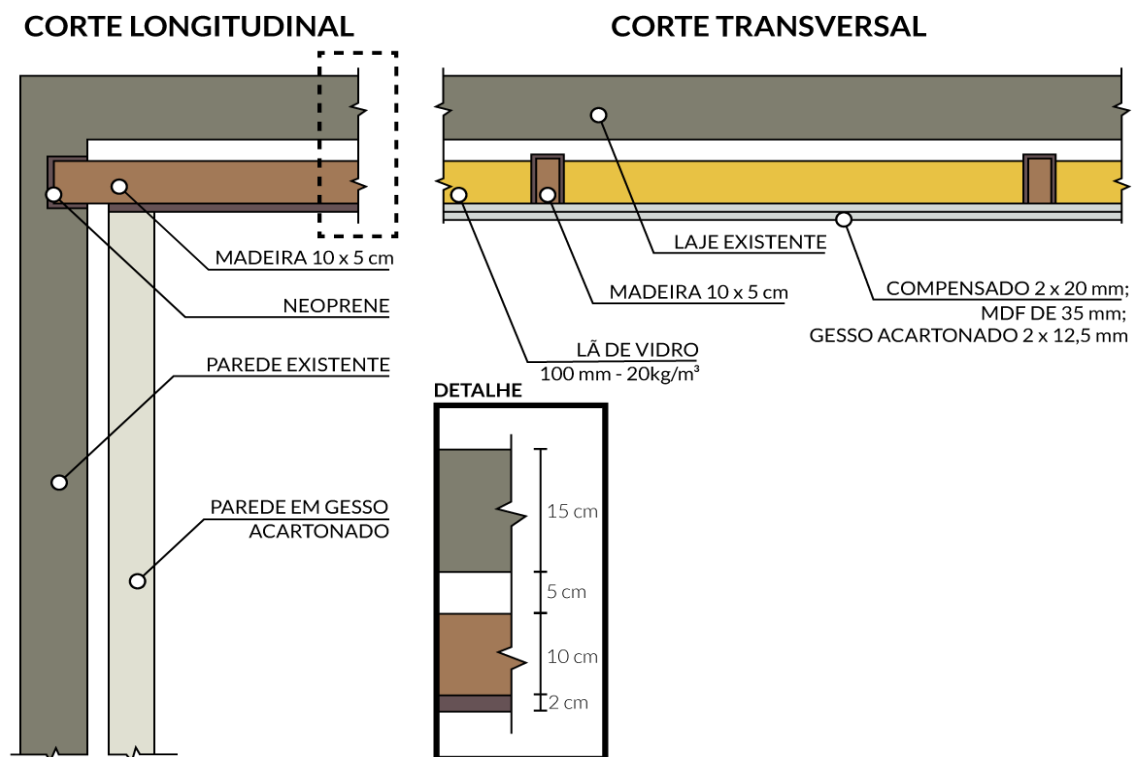


Figura 45 - Sistema de fixação do teto flutuante
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

A segunda solução, caso o teto for rebaixado em gesso, é a utilização de suportes com mola ou borracha para atirantá-lo à laje original, evitando o acoplamento mecânico. A vantagem desse método está na facilidade de execução, permitindo que sua construção seja feita no chão do ambiente para ser içada até a sua altura definitiva, posteriormente; além disso, apresenta maior economia do espaço utilizado. Contudo, existe uma interferência danosa no andar superior, o que torna essa técnica inapropriada para *home studios* feitos em apartamentos (VALLE, 2009).

4.2.1.2 Piso Flutuante

O piso flutuante, principalmente do tipo mais elevado, é essencial por impedir que a vibração do piso original seja transmitida pelo restante da estrutura, evitando a propagação sonora para o restante do prédio ou diretamente para um vizinho no andar de baixo, caso exista. Mas se o *home studio* estiver localizado no andar térreo ou não existe subsolo, o piso flutuante pode ser dispensado (VALLE, 2009).

Antes da instalação do novo piso é necessário, primeiro, fixar a sua altura definitiva por meio da utilização de coxins de borracha, ou de fibra, para não transmitir nenhuma vibração. O mais recomendado é elevar a pelo menos 50 milímetros em relação ao piso original, o suficiente para inserir, entre os coxins e as chapas do piso, espaçadores de madeira. Assim, forma-se um "colchão de ar", os quais são preenchidos com lã mineral (de vidro ou de rocha) para obter o efeito da massa-mola-massa (VALLE, 2009).

Existem duas alternativas para a sua construção do piso flutuante. Caso a estrutura do imóvel seja resistente, há a possibilidade de usar uma placa de concreto sobre coxins de borracha ou de fibra – uma solução cuja eficiência se aproxima de uma laje flutuante. Porém, se há um limite de peso, como é o caso de apartamentos, é preciso empregar materiais mais leves, sendo a madeira o material mais comum para essa finalidade (VALLE, 2009).

Nesse segundo caso, podem ser utilizadas duas chapas de compensado (ou Wall) de 20 milímetros sobrepostas; ou uma chapa de MDF de até 35 milímetros, com massa específica de 700kg/m³. Outra solução é colocar entre as chapas de madeira, uma chapa

de gesso acartonado, pois sua massa específica²¹ é muito maior do que a madeira, o que proporciona um melhor desempenho acústico (VALLE, 2009).

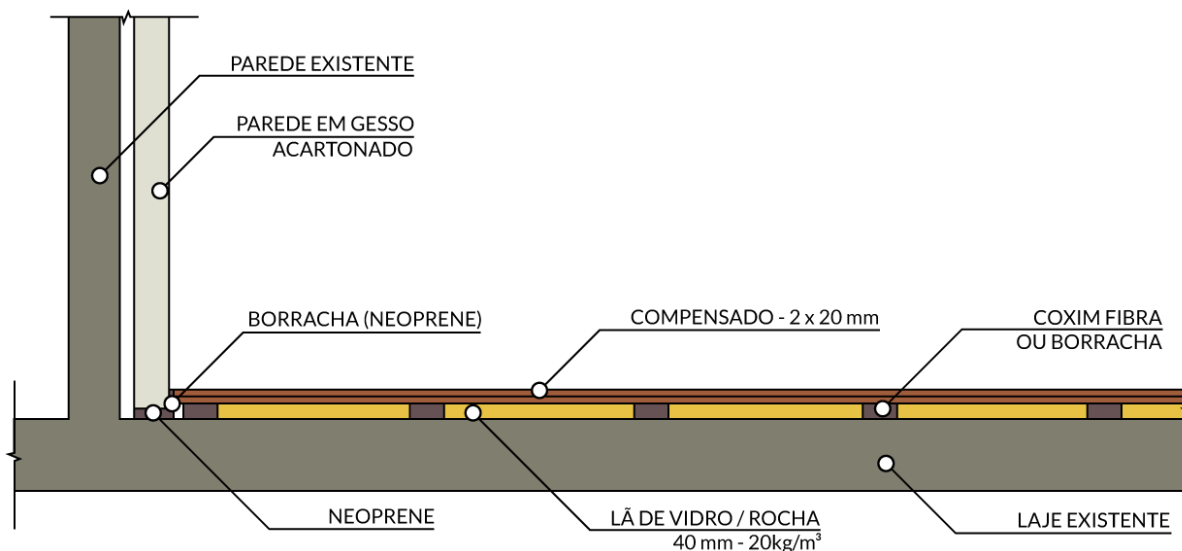


Figura 46 - Encontro do piso flutuante com a parede flutuante
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

4.2.1.3 Parede Flutuante

O princípio massa-mola-massa também permite obter paredes com boa atenuação acústica, utilizando materiais relativamente leves e de fácil instalação.

As divisórias de gesso acartonado são, provavelmente, o material mais popular para a construção de paredes de estúdios. Elas consistem em duas ou três folhas, cada uma composta por uma ou mais placas de gesso, as quais são fixadas a perfis metálicos próprios, e os espaços entre as folhas preenchidos com lã mineral de vidro ou rocha.

A madeira também pode ser usada para construção de divisórias acústicas, mas, com massa específica equivalente a cerca de $\frac{1}{4}$ de gesso, exige espessuras muito maiores para se obter o mesmo resultado, o que se torna inviável quando necessário trabalhar com ambientes de dimensões reduzidas (VALLE, 2009).

Para um isolamento acústico realmente eficiente, é necessário que as novas paredes internas estejam mecanicamente desacopladas da toda a estrutura original da edificação. Logo, existem duas técnicas para a sua instalação e são, geralmente, utilizadas em conjunto para garantir maior atenuação sonora.

²¹ Uma placa de gesso de 12,5 mm equivale, aproximadamente, a 50 mm de madeira (VALLE, 2009).

A primeira delas consiste em fixar as divisórias acústicas nas paredes originais da edificação por meio de perfis metálicos. O ideal é utilizar montantes metálicos independentes por folha, pois quando o mesmo perfil sustenta duas ou mais folhas, as acopla mecanicamente, piorando sensivelmente a atenuação de graves, já que a vibração de uma folha é transmitida diretamente para a outra através do metal (VALLE, 2009).

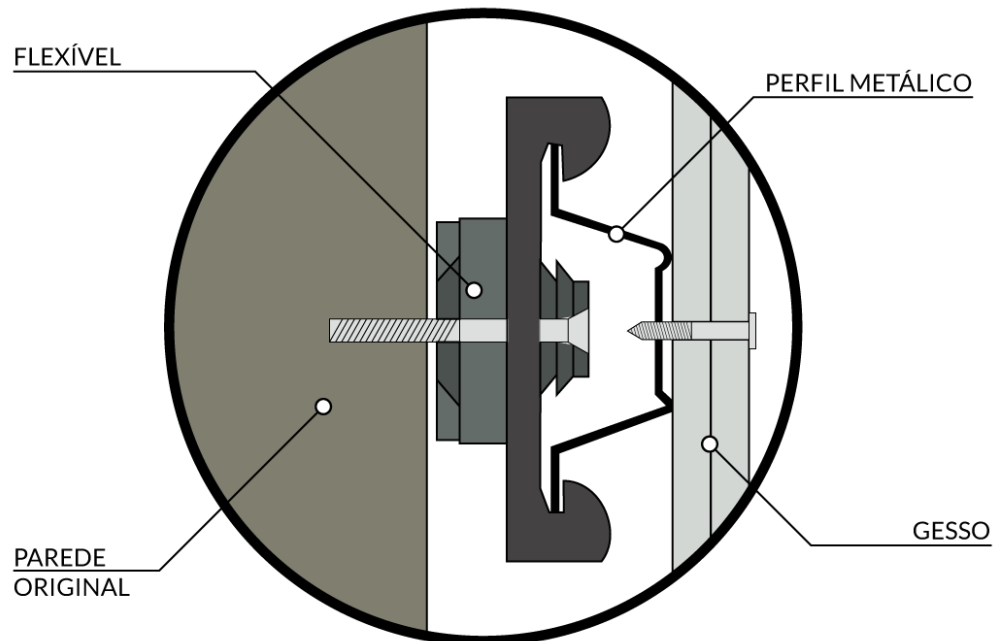


Figura 47 - Suporte elástico para a parede flutuante

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

A segunda forma é fazer o apoio sobre o piso original utilizando tiras de borracha. As tiras devem ter, pelo menos, 10 milímetros de espessura com o peso aplicado, e ter compilância²² compatível com o peso da parede que suportam. Toda a base da parede deverá ficar sobre a borracha, para evitar formação de fresta entre a parede flutuante e a laje original. Evidentemente, com este tipo de apoio flexível, será necessário fixar as paredes flutuantes também pela parte de cima, para que não fiquem inclinadas ou mesmo desabem (VALLE, 2009).

²² Deformação com o peso aplicado, isto é, maciez (VALLE, 2009).

4.2.2 Transmissão aérea

Todo ambiente precisa de portas, visores, janelas e dutos elétricos para se comunicarem com outros ambientes. Contudo, esses meios são, frequentemente, caminhos para vazamentos acústicos. Dessa forma, é necessário ter um tratamento especial para cada um desses itens a fim de atingir um bom nível de isolamento no local e minimizar qualquer tipo de ruído, seja ele interno ou externo.

4.2.2.1 Portas Acústicas

O som pode vazar por uma porta através de dois caminhos: pelo do material do qual as faces da porta são construídas ou pelas frestas ao redor da porta; o que faz da construção da porta comum de uma residência, de aproximadamente STC-15, ineficaz para a finalidade de isolamento acústico (VALLE, 2009). A solução para tal problema é a substituição por uma porta acústica²³.

Apesar de ser mais recomendável a instalação de uma porta industrializada, em um *home studio*, por questões estéticas, projetuais e orçamentárias, a melhor opção é construir uma porta acústica, uma vez que as portas comuns não têm como serem melhoradas a ponto de atenderem o mínimo aceitável.

Basicamente, as portas acústicas são barreiras duplas, constituídas de duas faces e de estrutura. Portanto, é importante saber que as mesmas leis que governam a construção de paredes duplas se aplicam à construção de portas acústicas (VALLE, 2009):

- a) Aplicação do princípio massa/mola/massa;
- b) Barreiras de materiais, espessuras e ressonâncias diferentes;
- c) Maior afastamento possível entre barreiras;
- d) Selagem perfeita;

O primeiro passo para construção de uma porta consiste em fixar uma estrutura de caibro ligeiramente para dentro de um dos lados da face da porta, de modo a acompanhar toda a sua borda, formando uma espécie de “degrau”. Para tanto, devem

²³ As portas acústicas têm STC acima de 35, e portas realmente muito eficientes têm STC-50 ou superior. (VALLE, 2009).

ser utilizados parafusos e muita cola, para impedir que a estrutura venha a se soltar da face ou vibrar, causando ruído (VALLE, 2009).

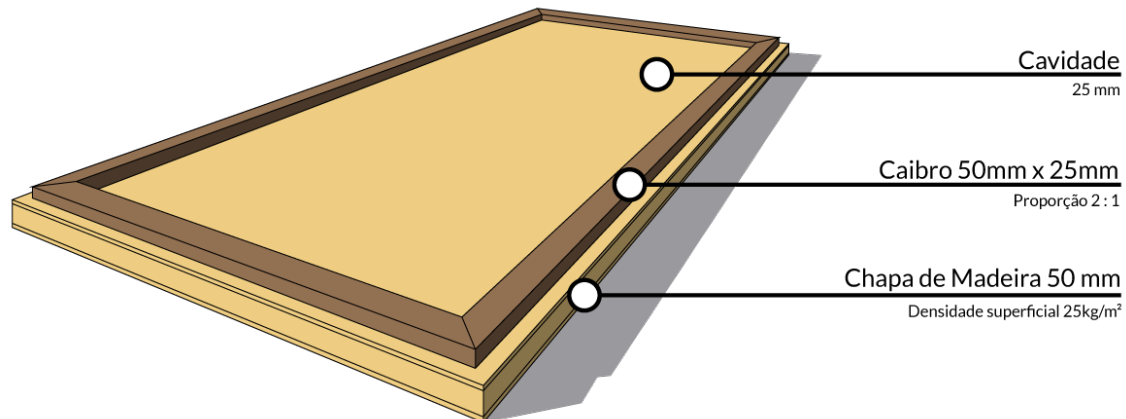


Figura 48 - Construção de porta acústica. Fixação do caibro na chapa de madeira

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Este deve ser o único ponto de contato entre as duas superfícies da porta. Do contrário, a eficácia dessa técnica de isolamento será fortemente comprometida. Caso haja a necessidade de reforço, cada face deverá ter o seu próprio reforço independente, para evitar qualquer acoplamento uma com a outra (VALLE, 2009).

Em seguida, o espaço vazio, deixado pela estrutura, é totalmente preenchido com lã mineral (de vidro / de rocha). A porta recebe, então, a segunda face, ligeiramente menor do que a estrutura – de modo a formar um segundo “degrau” em toda a borda da porta –, a qual é parafusada e colada sobre os caibros, cobrindo as placas de lã mineral (VALLE, 2009).

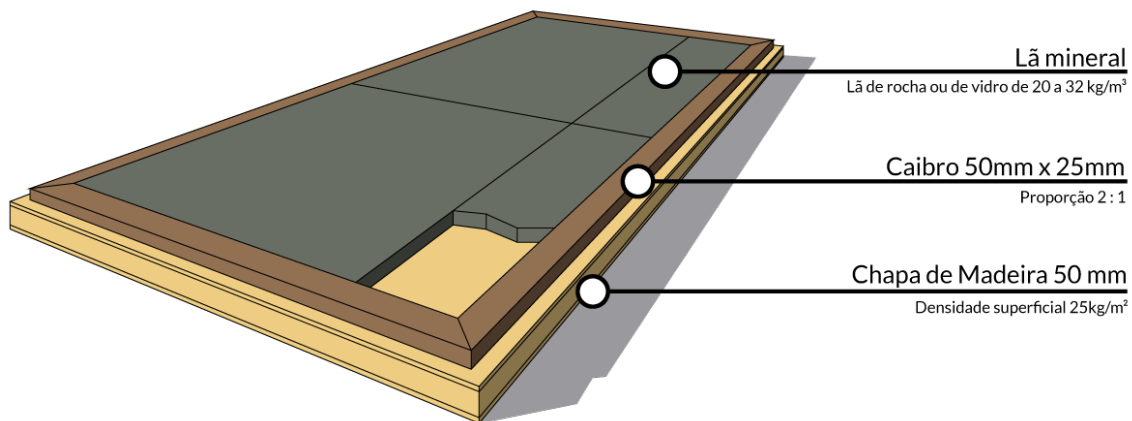


Figura 49 - Construção de porta acústica. Preenchimento da cavidade com lã mineral

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Os “degraus” formados por esse tipo de arranjo tem a sua utilidade, pois em suas faces paralelas à parede, em relação a porta fechada, é que são aplicadas as borrachas magnéticas. É necessário extremo cuidado para evitar frestas, principalmente nas emendas, sendo recomendado aplicar um pouco de borracha de silicone sobre elas (VALLE, 2009).

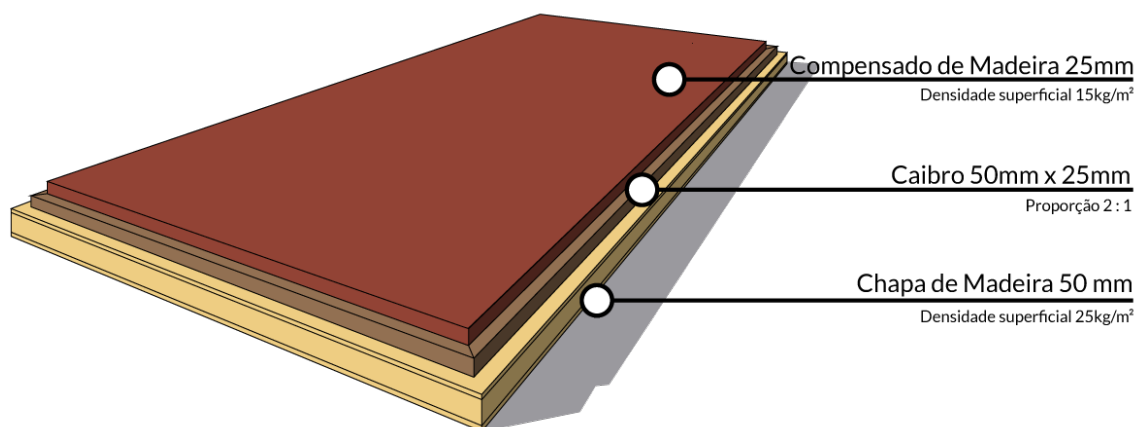


Figura 50 - Construção de porta acústica. Fixação do compensado no caibro
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

O portal deverá ter o mesmo perfil que a porta, inclusive com os “degraus” equivalentes para o encaixe, somente com uma folga onde caiba, bem justa, a borracha magnética. Além disso, deverão ser fixadas chapas de ferro em volta de todos os “degraus” do portal para que os imãs funcionem. Logo, graças à atração magnética, a porta se mantém bem fechada e requer certo esforço para ser “desgrudada”, o que garante sua selagem acústica (VALLE, 2009).

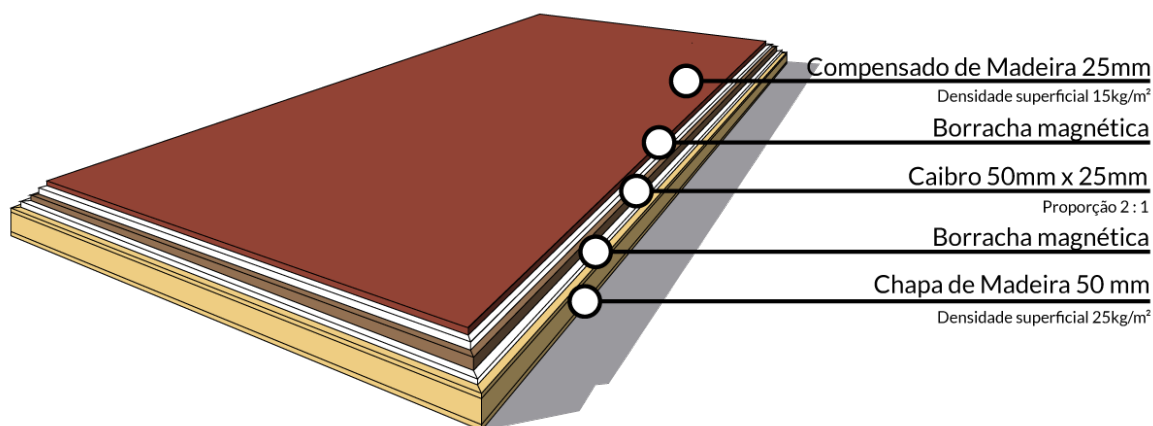


Figura 51 - Construção de porta acústica. Aplicação das borrachas magnéticas
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

4.2.2.2 Janelas e Visores

A luz natural e o contato visual com o ambiente externo são fatores saudáveis e que reduzem o stress do trabalho do músico. Contudo, em um *home studio*, é extremamente necessário o cuidado acústico com janelas e visores, uma vez que o vidro, além de comprometer o isolamento acústico do ambiente, reflete quase cem por cento do som que incide nele.

Assim como no caso das portas acústicas, existem diversos modelos de janelas acústicas industrializadas. Essas, utilizam lâminas de vidro com a espessura mínima de 6 milímetros, já que os vidros de janelas comuns, com espessura de 3 a 4 milímetros são leves demais e não podem ser usados para essa aplicação (VALLE, 2009).

Porém, o grande problema é que a lâmina de vidro tem uma frequência de ressonância bem definida. Logo, quando um som de mesma frequência incide sobre o vidro, ele vibra em simpatia, transmitindo o som para o outro lado. Justamente por isso, janelas acústicas utilizam duas ou mais lâminas, de modo que quando uma delas entra em ressonância, as outras não, barrando o ruído de maneira mais eficaz.

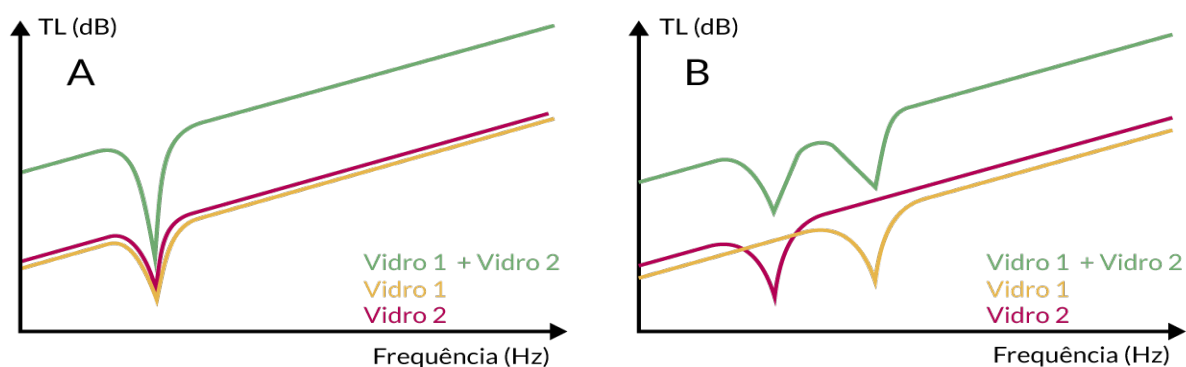


Figura 52 - Visores duplos: A – com vidros iguais; B – com vidros diferentes.

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Para o isolamento acústico de *home studio*, o mais recomendado é a instalação de uma janela acústica industrializada. Contudo, no caso dos visores, não existe um modelo industrial, sendo obrigatório o seu projeto e construção, caso seja necessário no local. As técnicas para a montagem de janelas e visores acústicos são as seguintes:

- Vidros de espessuras elevadas e variadas;
- Vidros duplos, triplos ou até quádruplos;
- Vedação super cuidadosa;
- Proteção contra condensação de umidade;

Um visor com vedação elevada requer a borda do vidro envolvida por grande massa de madeira, metal ou outro material de que o caixilho do visor seja construído, e perfeitamente calafetada por borracha bem comprimida. As massas do tipo comum, usadas para vedação, não devem ser usadas nesta finalidade, pois são leves e podem facilmente ser retiradas do lugar. Além disso, frisos finos e “baguettes” não devem ser utilizados, por se deformarem com a pressão e com o próprio peso do vidro (VALLE, 2009).

A solução correta é, então, usar uma ripa larga de compensado – parafusada de cada lado da lâmina de vidro de modo a pressioná-la fortemente junto à sua borracha de selagem –, impedindo por completo a passagem de ar e reduzindo a um mínimo o vazamento de som. Contudo, o ideal é que a própria moldura do caixilho já possua as ranhuras com pelo menos 10 milímetros de profundidade: largura suficiente e inclinação correta para o encaixe justo do vidro e da borracha (VALLE, 2009).

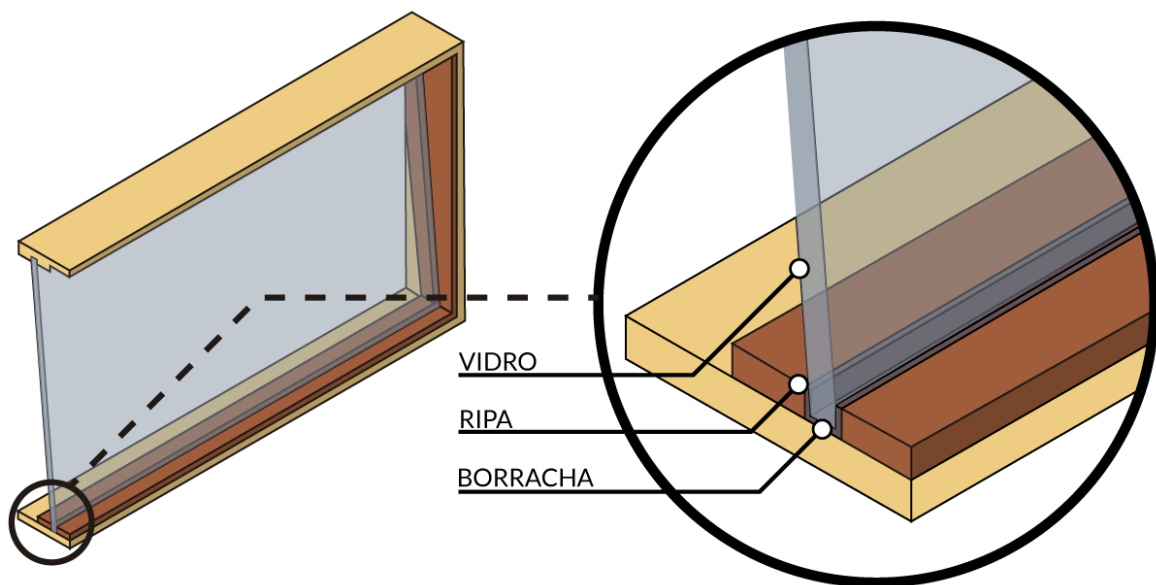


Figura 53 - Representação esquemática de um visor acústico
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Em paredes duplas, mecanicamente desacopladas para impedir a passagem de vibrações de um ambiente para outro, os visores e janelas também têm construção dupla. Ou seja, são na realidade dois ou mais visores, cada um fixado em uma das paredes, montados muito perto um do outro sem, no entanto, se tocarem (VALLE, 2009). Essa ideia, quando associada à utilização de um visor duplo, isto é, cada seção contendo duas lâminas de vidro de espessuras diferentes, garante um maior isolamento acústico.

Entretanto, um sério problema das janelas e visores acústicos com vidros duplos, triplos, ou mais, é a condensação de umidade nas faces internas, uma vez que é impossível limpá-las por dentro. Devido a esse fato, a solução mais prática é a aplicação de uma boa quantidade de sílica gel entre as lâminas de vidro. Uma vez que o visor for muito bem feito e não houver nenhuma passagem de ar, a sílica absorverá toda a umidade do ar naquele espaço, e o visor nunca ficará embaçado (VALLE, 2009).

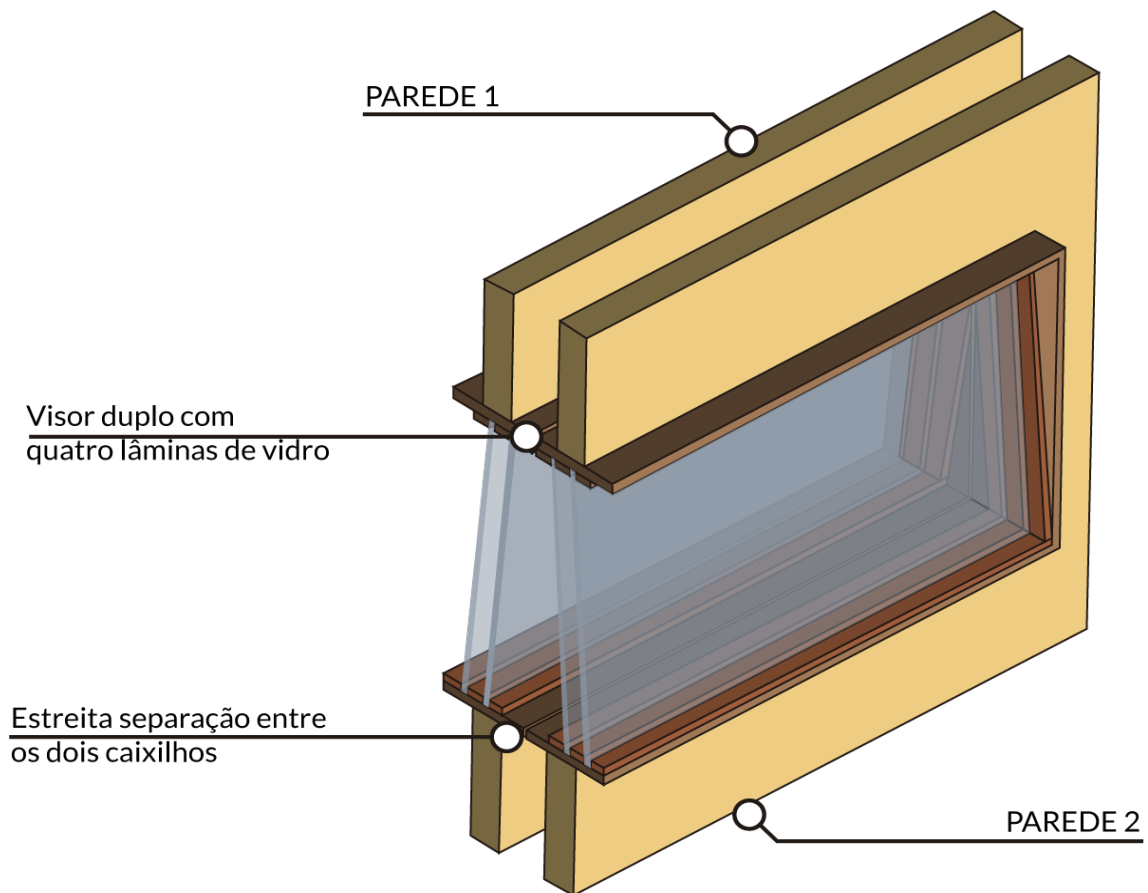


Figura 54 - Representação esquemática de um visor duplo
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

4.3 CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

Antes de projetar qualquer espaço acústico é preciso saber, primeiramente, a sua finalidade – seja cinema, teatro, estúdio de ensaio e gravação ou *home studio* –, pois cada uso requer um tipo condicionamento acústico diferente para se obter um determinado estilo de acústica.

Somente o índice do tempo de reverberação (RT_{60}) não é suficiente para especificar a qualidade acústica de um ambiente, pois, a depender do tamanho do local,

o mesmo tempo poderá ser curto demais, ideal ou excessivamente longo (VALLE, 2009). Assim, uma vez que tal relação entre o tamanho do espaço físico e a reverberação é de extrema importância em um projeto acústico, o que realmente definirá a qualidade acústica de um ambiente é seu **índice médio de absorção (ã)**.

Para atingir o equilíbrio perfeito, é necessário que os índices médios de absorção na sala sejam escolhidos de modo que os tempos de reverberação para as várias frequências tenham os valores ideais²⁴, obtendo o RT_{60} ideal nos médios e a **coloração correta** (VALLE, 2009).

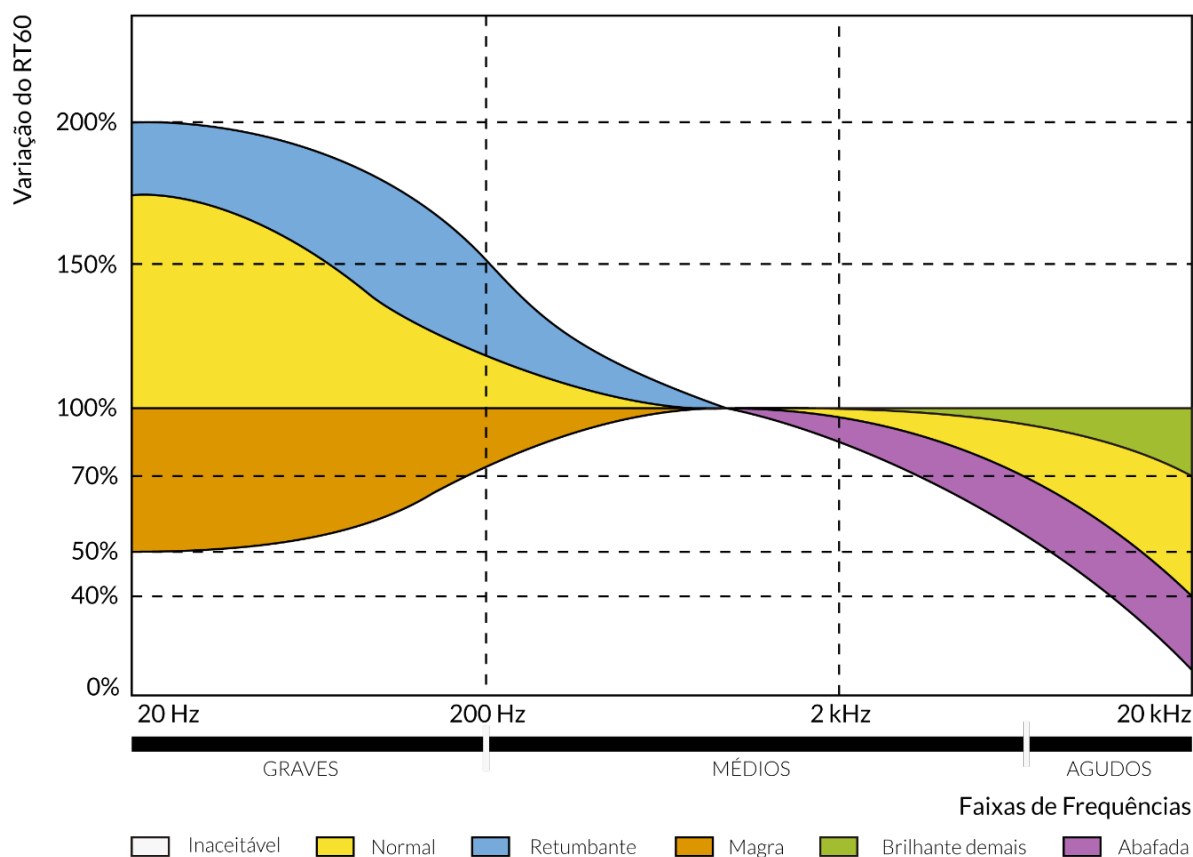


Figura 55 - Colorido ideal da reverberação

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Uma sala cujo RT_{60} suba muito mais que 50% nos graves será “retumbante” ou “cavernosa”. Se o tempo não subir nos graves, a sala soará “magra”. Por outro lado, se não houver queda suficiente do RT_{60} nos agudos, a sala ficará “brilhante” demais ou “áspera”; e se a queda nas altas frequências for excessiva, teremos uma sala “abafada” ou “escura”.

²⁴ Os valores podem variar de acordo com o gosto do cliente e/ou com a finalidade de utilização da sala, contudo os parâmetros não devem se afastar excessivamente dos padrões considerados corretos.

O ajuste do tempo de reverberação de acordo com a frequência é feito com a utilização de materiais e/ou dispositivos acústicos. Cada material ou estrutura possui índices de absorção acústica, representados pela letra *a* ou pela letra grega α (alfa), que variam conforme a frequência. Os índices podem variar de 0 a 1 (0% a 100%) para materiais lisos. Já nas superfícies em relevo, onde a área em contato com o ar é maior do que a área ocupada pelo material, o índice pode ultrapassar os 100% (VALLE, 2009).

Quando um material ou estrutura possui altos índices de absorção (0,6 ou mais) nos graves, é considerado um bom absorvedor de graves. Um material ou estrutura com índices de absorção de 0,95 ou mais nas médias e/ou nas altas frequências é julgado bom absorvedor nessas bandas. Um conjunto de materiais com absorção de 0,6 ou mais nos graves, e 0,95 ou mais nos médios e agudos é um bom absorvedor de banda larga. Além dos materiais de tratamento acústico, as pessoas, os móveis e o próprio ar dentro do estúdio agem como absorvedores acústicos e devem entrar nos cálculos de tratamento (VALLE, 2009).

Nº	Materiais Frequência (Hz)	Índices de Absorção					
		125	250	500	1k	2k	4k
1	Illbruck Sonex 75mm	0,23	0,68	0,98	1,04	0,97	0,99
2	Illbruck Sonex Roc 45mm	0,15	0,70	1,00	0,85	0,91	0,90
3	Vibrasom Sonique 75/30	0,19	0,93	1,01	0,96	0,96	0,96
4	Vibrasom Sonique Classic 45C	0,17	0,38	0,96	1,07	0,97	0,97
5	Isover Sonare	0,04	0,40	0,86	0,97	0,93	0,98
6	Lã de vidro Isover PSI 40, 50mm, direto sobre parede	0,12	0,69	0,98	1,02	1,05	1,06
7	Lã de vidro Isover PSI 30, 100mm, direto sobre parede	0,68	1,17	1,10	0,98	0,99	0,91
8	Carpete comum 6mm	0,03	0,05	0,09	0,23	0,38	0,54
9	Compensado 6mm afastado 7,5cm da parede	0,60	0,30	0,10	0,09	0,09	0,09
10	Painel perf. 0,79% afast. 20cm da parede c/ 10cm de lã	0,98	0,87	0,52	0,20	0,17	0,14
11	Painel perf. 8,7% afast. 20cm da parede c/ 10cm de lã	0,78	0,97	0,95	0,52	0,32	0,28
12	Piso de madeira sobre ripas	0,20	0,15	0,10	0,08	0,07	0,05
13	Parede alvenaria c/ emboço	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03

Tabela 5 - Índices de absorção por tipo de material
Fonte: Valle (2009)

4.3.1 Dispositivos Acústicos (Absorvedores)

4.3.1.1 Absorvedores Porosos

Nos absorvedores porosos – como a lã de vidro, a lã de rocha, as espumas, feltros, etc. –, as ondas penetram na textura do material e, lá dentro, são refletidas inúmeras vezes, até serem canceladas e perderem a energia dentro do material (VALLE, 2009).

Caso a espessura do material e a porosidade sejam suficientemente grandes, a absorção pode chegar e até exceder os 100%. Estes materiais são, tipicamente, bons absorvedores de médios e de agudos. Porém, para a absorção de graves, as espessuras requeridas seriam tão grandes que, por questões de custo e de espaço consumido, torna-se inviável a sua utilização para tal finalidade. Sendo assim, a curva de índice de absorção x frequência dos absorvedores porosos é sempre ascendente a partir das baixas frequências, mantendo-se mais ou menos constante nas frequências médias e altas. Não há picos de ressonância (VALLE, 2009).

4.3.1.2 Absorvedores Ressonantes

Existem dois tipos de absorvedores ressonantes (membrana e Helmholtz), porém o princípio de funcionamento é o mesmo: uma massa e uma compliância sintonizadas numa frequência escolhida.

No terreno da acústica, essa **compliância** é representada pelo ar aprisionado em uma cavidade, enquanto a massa pode ser desempenhada por uma membrana vibrante que cobre a cavidade, ou então pelo ar dentro de um duto entre a cavidade e o exterior (VALLE, 2009).

A introdução de um terceiro elemento – um amortecedor – muda bastante o comportamento da estrutura, uma vez que o amortecedor dissipa a energia, e, portanto, extingue mais rapidamente a oscilação. Assim, ao colocar material absorvedor dentro da cavidade ressonante, ele atuará fortemente na frequência de sintonia, passando a absorver energia ao invés de ressoar nela. É importante ressaltar que quanto mais material absorvedor for introduzido na cavidade, mais larga será a faixa de frequências absorvidas, porém menos acentuado será o pico de absorção (VALLE, 2009).

4.3.1.2.1 Absorvedor de Membrana

O absorvedor de membrana consiste em uma chapa relativamente fina de material, montada sobre uma cavidade fechada, a qual pode ser formada por alvenaria e/ou madeira, e deve ser bem sólida para não vibrar com o som.

Ele deve ser hermeticamente vedado, de modo que não possa vaziar nenhum ar pelas suas emendas ou por entre a cavidade e a membrana –

esta feita de compensado, fibra vegetal ou outro material que possa vibrar sem produzir sons “metálicos” (VALLE, 2009).

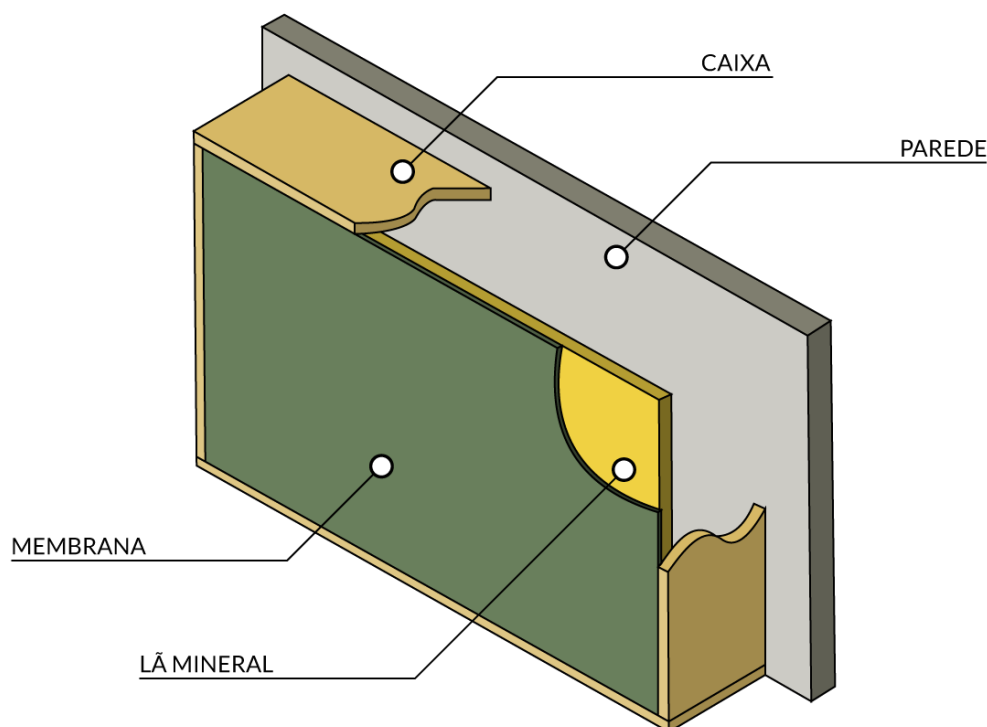


Figura 56 - Representação de um absorvedor de membrana
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

A frequência de sintonia é calculada por:

$$F_c = \frac{60}{\sqrt{M \cdot d}}$$

Equação 12 - Frequência de sintonia
Fonte: VALLE (2009)

Onde **M** é a densidade superficial do material da membrana (em kg/m²) e **d** é a distância (em metros) entre a membrana e a parede de fundo da cavidade (VALLE, 2009).

É necessário tomar dois cuidados com esse tipo de absorvedor. O primeiro é que a frequência de ressonância depende da densidade. Portanto, é preciso saber exatamente a massa específica da madeira que será usada, pois ela pode variar consideravelmente de uma chapa para outra mesmo sendo o mesmo material. O mais recomendado nessa situação, é pesar cada chapa de madeira, dividir o peso pela área obtendo **M**, e assim fazer o cálculo da distância com base em dados reais.

Segundo, é que a madeira e as chapas de fibra vegetal absorvem bastante umidade do ar. Dessa forma, se os absorvedores de membrana estiverem instalados num local sujeito a grandes variações climáticas, as frequências centrais de absorção irão variar igualmente.

4.3.1.2.2 Absorvedores de Helmholtz

Um absorvedor de Helmholtz consiste em uma cavidade que se comunica com o exterior através de um duto. O ar neste duto exerce o mesmo papel de compliância que a membrana do outro absorvedor; porém, como não há material flexível envolvido e apenas as dimensões das peças e a temperatura determinam a frequência de sintonia, o resultado é mais exato pois só depende de cálculo e só varia ligeiramente com a temperatura (VALLE, 2009).

Outra característica desse tipo de absorvedor é que o seu duto pode ter várias formas, e geralmente é formado por várias aberturas em vez de uma só, sendo mais comuns os painéis perfurados e painéis com frestas. Em qualquer caso, a frequência de sintonia é dada pela **fórmula de Helmholtz**:

$$f_c = \frac{V_{som}}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{S}{L \cdot V}}$$

Equação 13 - Fórmula de Helmholtz (Perfurado)

Fonte: VALLE (2009)

Onde **V_{som}** é a velocidade do som, **S** é a área total do duto, **L** é o comprimento do duto e **V** é o volume da cavidade (VALLE, 2009).

No absorvedor baseado em um painel perfurado, o duto tem como área a soma das áreas corrigidas de todos os furos, e como comprimento a espessura do painel. O

volume da cavidade será, naturalmente, o produto das suas três dimensões: o comprimento, a altura e a distância entre o painel e a parede de fundo (VALLE, 2009).

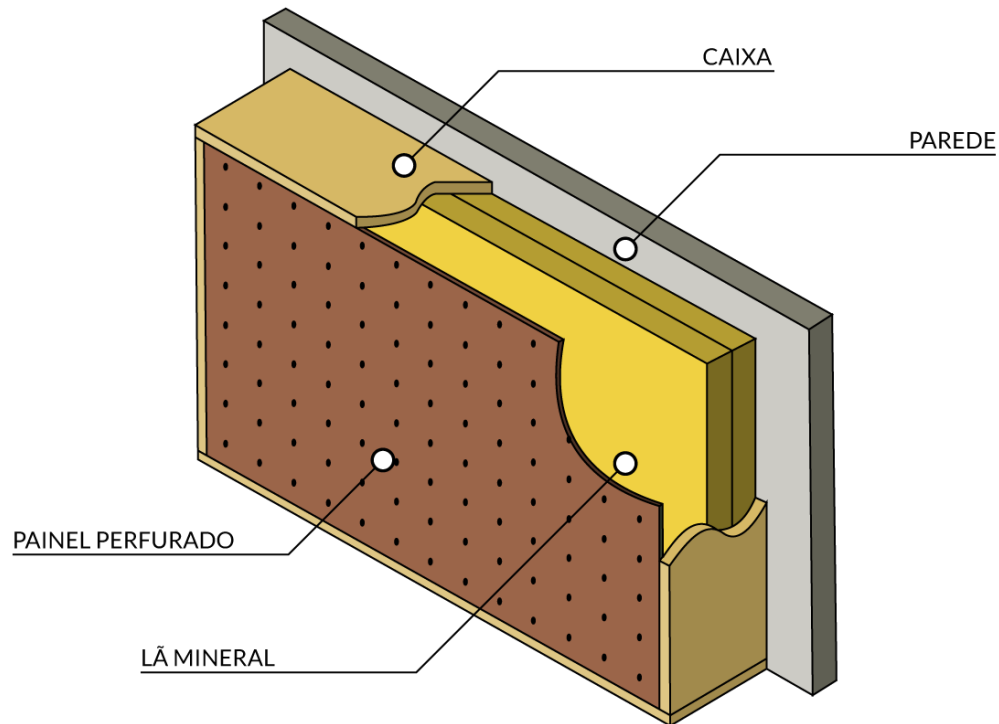


Figura 57 - Representação de um absorvedor do tipo painel perfurado
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Porém, antes de efetuar o cálculo, é preciso corrigir o comprimento do duto, pois os furos relativamente compridos e estreitos assim o exigem, de acordo com a seguinte fórmula:

$$L_{\text{corrig.}} = L + 0,8 \cdot \text{diâmetro}$$

Equação 14 - Correção comprimento do duto
Fonte: VALLE (2009)

O absorvedor baseado no painel de frestas assemelha-se com o anterior, com a diferença apenas de formato do duto e, conseqüentemente, um diferente cálculo de correção para a frequência de sintonia:

$$f_c = \left(\frac{V_{som}}{2\pi} \right) \cdot \sqrt{\frac{w}{1,2 \cdot L \cdot (w + W) \cdot D}}$$

Equação 15 - Fórmula de Helmholtz (Frestas)
Fonte: VALLE (2009)

Onde **w** é a largura da fresta, **W** é a largura de cada peça, **L** é a espessura das peças e **D** é a distância entre as peças e a parede (VALLE, 2009).

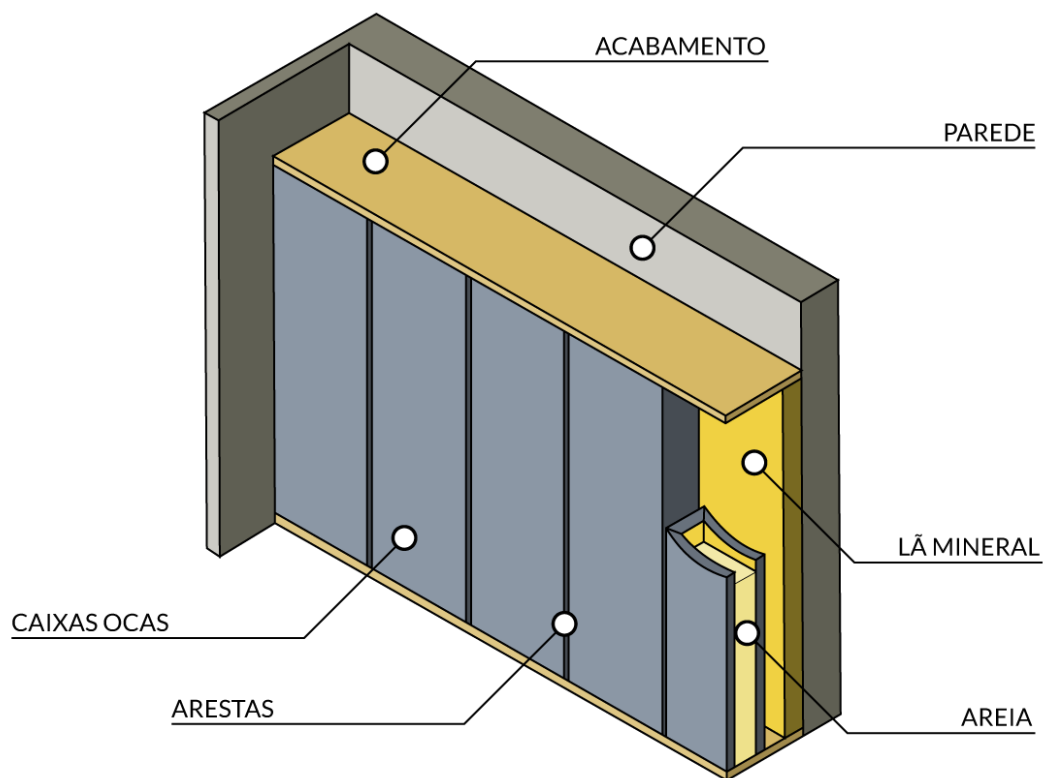


Figura 58 - Representação de um absorvedor de frestas

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Como as frestas são bastante longas, sua largura, muitas vezes, precisa ser muito pequena para se obter a área correta, dificultando a construção precisa do absorvedor. Sendo assim, o melhor é construir caixas ocas²⁵ de madeira, de modo que, com a grande espessura delas, as frestas possam ficar também mais largas, aumentando a eficiência e facilitando a construção. Outra dica é adotar a espessura das peças e a distância à parede iguais uma à outra para obter a máxima largura de fresta para o espaço ocupado (VALLE, 2009).

4.3.2 Dispositivos Acústicos (Difusores)

Em todo tipo de sala é necessário que exista uma certa quantidade de “vida”, ou seja: uma condição adequada para que as ondas sonoras possam ser devolvidas em parte por superfícies sem absorção acústica, permitindo que haja alguma reverberação no interior do ambiente.

²⁵ As caixas podem ser preenchidas posteriormente com areia ou entulho para aumentar seu peso e rigidez (VALLE, 2009).

Contudo, isso também possibilita a aparição de ecos e outros tipos de reflexões indesejáveis, e, conseqüentemente, perda de inteligibilidade, desequilíbrio da resposta tonal e cancelamento de frequências. É necessário, portanto, a utilização de dispositivos acústicos que nem absorvem nem refletem o som, também conhecidos como difusores.

4.3.2.1 Difusores Simples

O difusor mais simples que pode existir é uma grande superfície convexa. Um exemplo é uma grande parede vertical e curva que reflete as ondas sonoras para muitas direções e em diferentes ângulos, de modo que é quase impossível o som em separado, em forma de eco. A parede curva vertical atua, portanto, como um **difusor espacial**, dispersando o som no **plano horizontal** (VALLE, 2009).

4.3.2.2 Difusores Policilíndricos

Os difusores policilíndricos são a aplicação direta de superfícies convexas à acústica de ambientes. Eles consistem em arcos de cilindros, de diferentes raios e diferentes cordas, montados lado a lado e verticalmente nas paredes (VALLE, 2009).

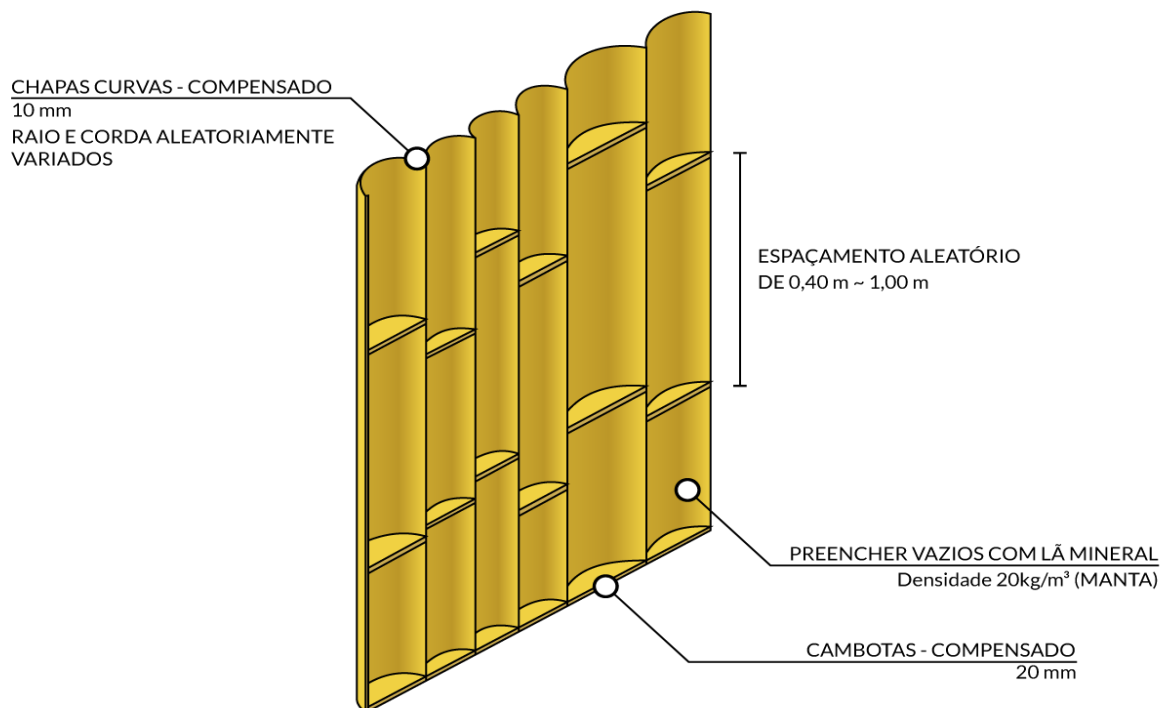


Figura 59 - Representação de um difusor policilíndrico
Fonte: adaptado de VALLE (2009).

Geralmente são feitos de chapas finas compensado flexível com grandes volumes internos que devem ser parcialmente preenchidos com material absorvedor como lã mineral. Isso proporciona, além da difusão em frequências médias e altas, uma boa absorção nas frequências baixas (VALLE, 2009).

4.3.2.3 Difusores de Schroeder

Os difusores de Schroeder consistem em cavidades de diferentes profundidades, separadas por finas divisórias, e que seguem as sequências matemáticas descobertas pelo matemático Manfred Schroeder (VALLE, 2009).

Além da dispersão espacial, os difusores deste tipo oferecem a difusão temporal, isto é, as ondas sonoras que retornam do difusor não são alinhadas no tempo, o que contribui decisivamente para eliminar qualquer sensação de eco definido (VALLE, 2009). O projeto de um difusor QRD é bastante simples, sendo a fórmula a seguinte:

$$L = W \cdot n^2 \text{ módulo } p$$

Equação 16 - Cálculo difusor QRD
Fonte: VALLE (2009)

Onde **L** é a profundidade da cavidade, **W** é a largura da cavidade, **n** é qualquer número inteiro de 0 a infinito, e **p** é um número primo. A função módulo corresponde ao resto da divisão, portanto “ n^2 módulo p ” significa “o resto da divisão de n^2 por p ”, o qual pode ser representado, também é usado o sinal barra invertida (\setminus) (VALLE, 2009).

$0^2 \setminus 17 = 0$	$3^2 \setminus 17 = 9$	$6^2 \setminus 17 = 2$	$9^2 \setminus 17 = 13$	$12^2 \setminus 17 = 8$	$15^2 \setminus 17 = 4$
$1^2 \setminus 17 = 1$	$4^2 \setminus 17 = 16$	$7^2 \setminus 17 = 15$	$10^2 \setminus 17 = 15$	$13^2 \setminus 17 = 16$	$16^2 \setminus 17 = 1$
$2^2 \setminus 17 = 4$	$5^2 \setminus 17 = 8$	$8^2 \setminus 17 = 13$	$11^2 \setminus 17 = 2$	$14^2 \setminus 17 = 9$	$17^2 \setminus 17 = 0$

Tabela 6 - Cálculo do difusor de Schroeder
Fonte: VALLE (2009)

De acordo com o exemplo da tabela acima, o difusor de Schroeder terá 18 cavidades, com profundidades variando entre 0 a 16 vezes a largura, simetricamente distribuídas segundo a sequência resultante, conforme a figura a seguir.

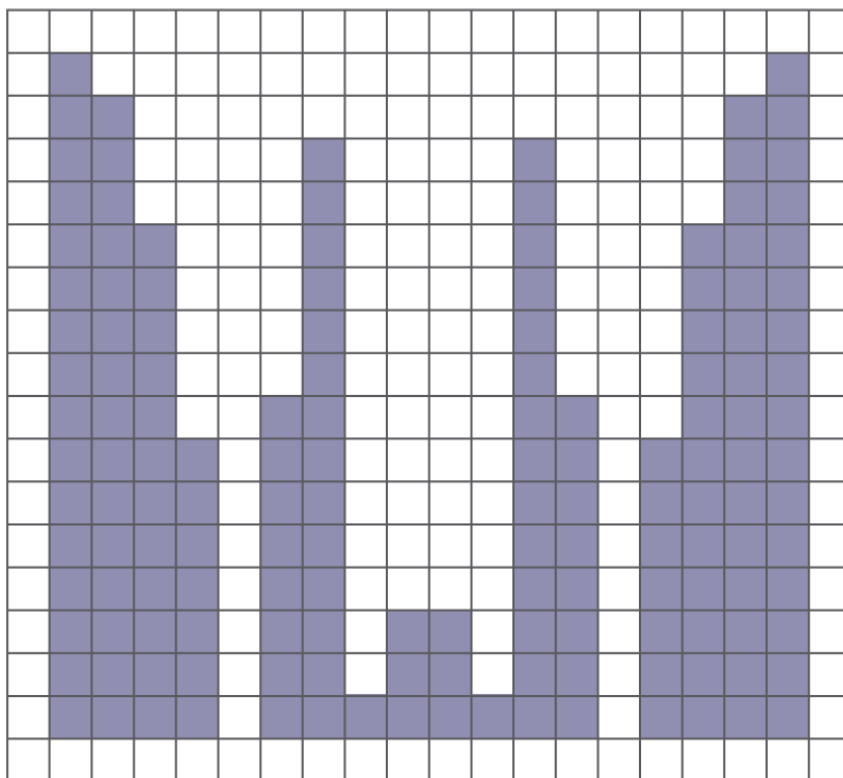


Figura 60 - Elemento difusor QRD visto de cima

Fonte: adaptado de VALLE (2009).

4.3.2.4 Difusores Fractais

O difusor fractal é a aplicação direta da teoria fractal²⁶, no qual existem “difusores dentro de difusores”. Como resultado, possui atuação em toda a banda de frequência: a sequência de grandes dimensões até a região de graves, os difusores principais na região de médios e os pequenos difusores na região dos agudos (VALLE, 2009).

4.3.2.5 Difusores Bidimensionais

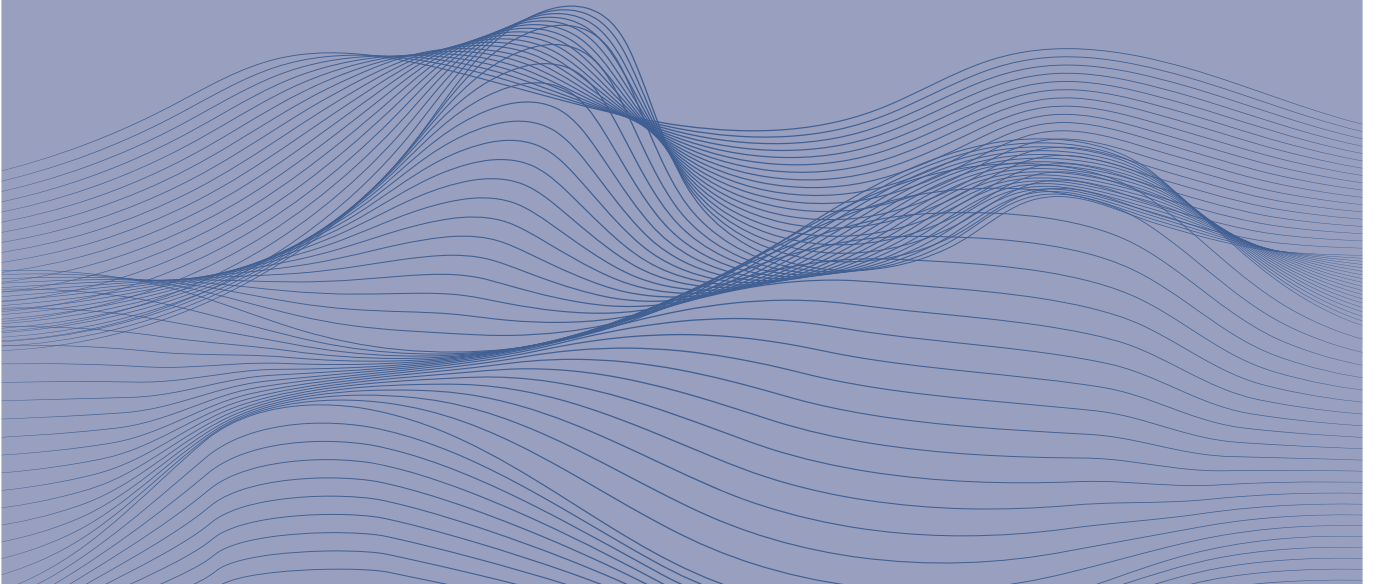
Diferente dos demais difusores, que são unidimensionais²⁷, os difusores bidimensionais são capazes de aplicar os princípios de Schroeder simultaneamente na horizontal e na vertical, de forma a distribuir o som em todas as direções a partir do plano em que estão colocados. Além disso, como são baseados no difusor fractal, conseguem abranger toda a faixa de 280Hz até 30kHz com baixa absorção (VALLE, 2009).

²⁶ Segundo a teoria fractal, formas geométricas podem-se repetir dentro de si próprias em menor escala, possibilitando a criação de desenhos extremamente intrincados a partir de formas simples (VALLE, 2009).

²⁷ Apenas difundem o som na horizontal ou vertical, conforme a posição em que estiverem instalados.

5

MATERIAIS E MÉTODOS



5. MATERIAIS, MÉTODOS E RESULTADOS

5.1 ETAPA 01: SELEÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Através de levantamentos e plantas arquitetônicas produzidas e cedidas pelo Grupo de Estudo de Pesquisa Aplicada (GEPa) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), coordenado pelo professor doutor Alexandre Márcio Toledo, foi possível ser feito um levantamento das plantas baixas de apartamentos existentes na cidade de Maceió e, assim, comparar cômodos de um total de vinte edificações.

Esse levantamento estabeleceu a seleção do objeto de estudo com as melhores condições físicas e acústicas para a adaptação em um *home studio*, através da caracterização dos ambientes segundo o diagrama de Bolt Beranek & Newman. Devido à alta taxa de amostragem e a diversificação do padrão habitacional entre edifícios selecionados, foi aproveitado para serem conhecidos a influência das tipologias de apartamentos nesse processo e qual seria a melhor solução para trabalhar com cada uma delas (figura 61).

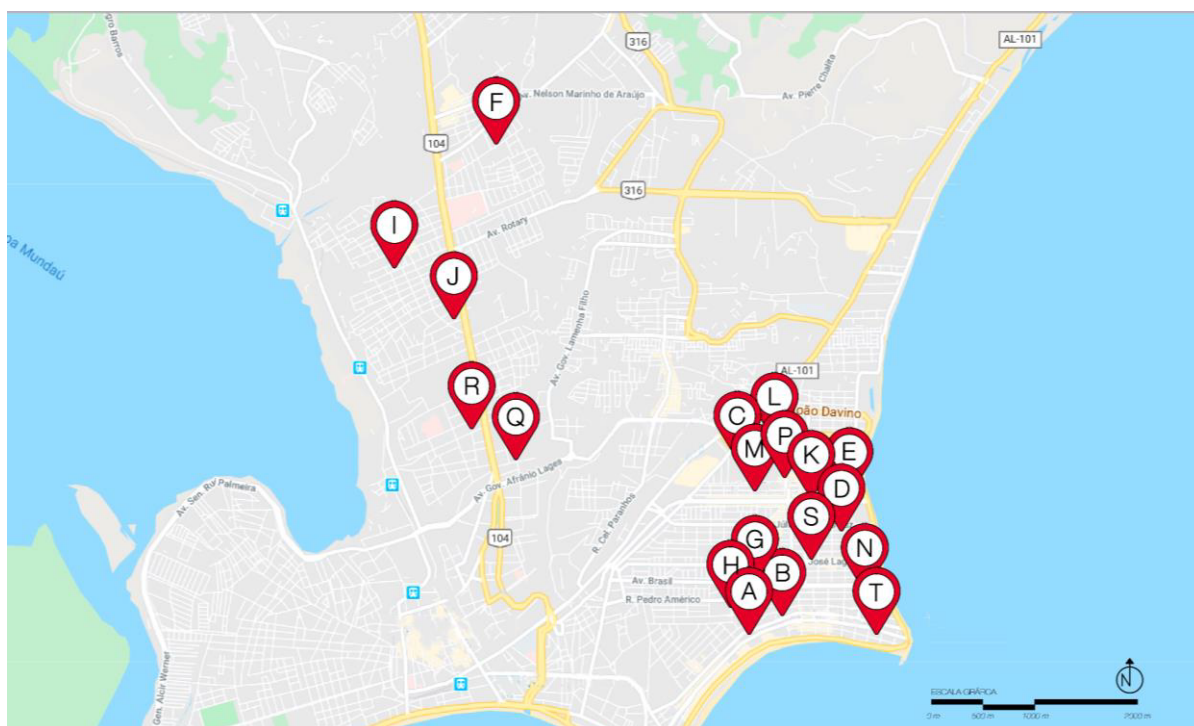


Figura 61 - Mapa da cidade de Maceió com a indicação geográfica dos edifícios analisados
Fonte: adaptado de Google Maps (2020).

A metodologia para a seleção do objeto de estudo fundamentou-se em agrupar os vinte edifícios de acordo com a quantidade de dormitórios existentes

em cada unidade de apartamento por pavimento tipo, sendo: um edifício de até 01 quarto por apartamento; três edifícios de até 02 quartos por apartamento; nove edifícios de até 03 quartos por apartamento; seis edifícios de até 04 quartos por apartamento; e um edifício de até 05 quartos por apartamento (figura 62).



Figura 62 - Agrupamento dos edifícios de acordo com o número de quartos por apartamento
Fonte: autoria própria (2020).

Observou-se nesse levantamento que os edifícios com apartamentos de três ou mais quartos representam 75% de todos os imóveis analisados. Então, assumindo que esse seja o padrão construtivo mais recorrente na cidade de Maceió – de acordo com a taxa de amostragem –, é fundamental que o objeto de estudo selecionado encontra-se em uma dessas tipologias (figura 63).

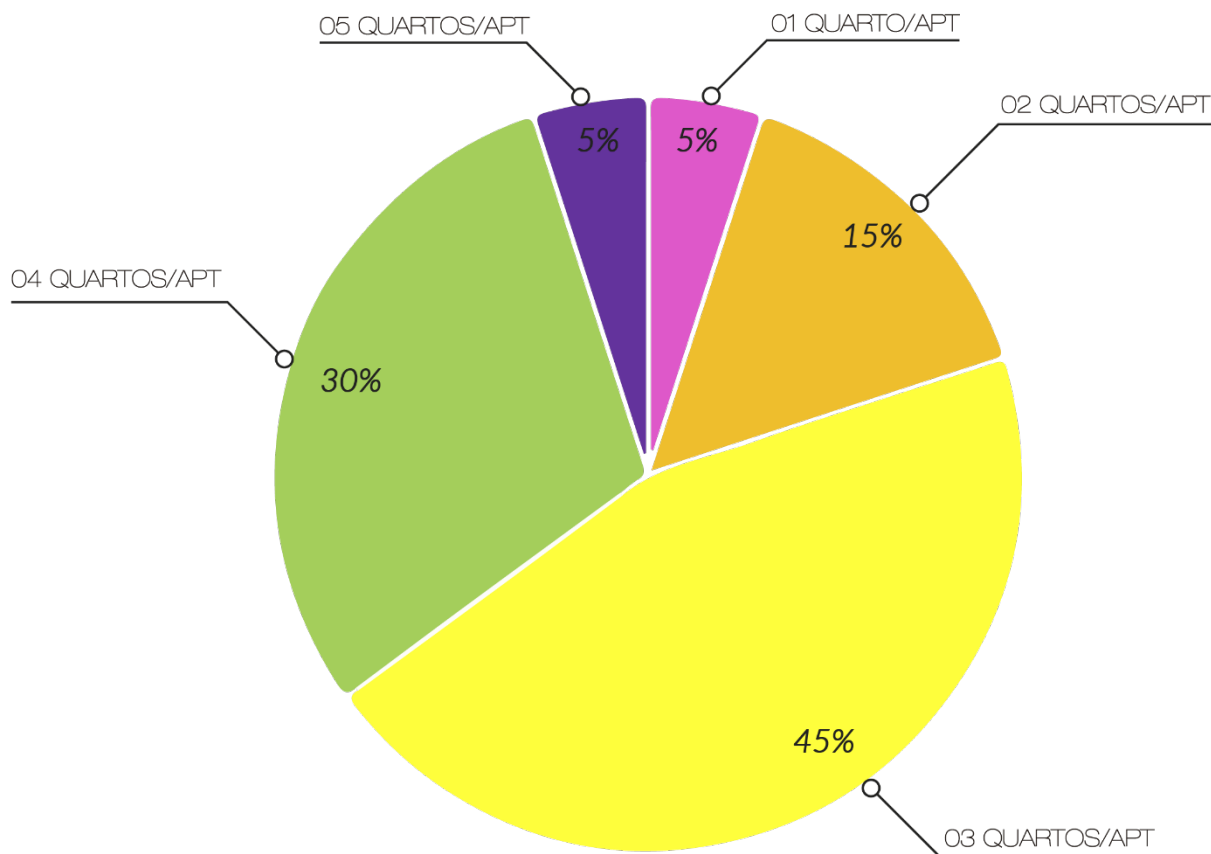


Figura 63 - Gráfico da distribuição de tipologias de edifícios residenciais em Maceió/AL

Fonte: autoria própria (2020).

Em seguida, foi feita a análise de todos os quartos²⁸ dos apartamentos por pavimento tipo de cada edifício utilizando o diagrama de Bolt Beranek & Newman. Em uma tabela, foram organizadas todas as informações de cada ambiente, como: identificação do edifício; identificação do quarto; terminação do apartamento; dimensões (largura, comprimento e altura); presença de suíte; e posição no diagrama de Bolt Beranek & Newman;

Complementando esses dados foi realizada uma classificação relacionada ao diagrama de Bolt Beranek & Newman. Esse sistema indica se o ambiente está adequado ou inadequado de acordo com sua posição no diagrama:

- a) DBN Ótimo: ambiente cuja a proporção das dimensões originais enquadra-se dentro da zona ideal do diagrama de Bolt Beranek & Newman.

²⁸ Os demais ambientes foram desconsiderados, pois a transformação do seu uso em um *home studio* poderia provocar disfunções nas atividades cotidianas da residência.

- b) DBN Regular: ambientes cuja a proporção das dimensões originais necessitam de adequação para enquadrar-se dentro da zona ideal do diagrama de Bolt Beranek & Newman²⁹;
- c) DBN Ruim: ambiente cuja proporção das dimensões originais não se enquadra dentro da zona ideal do diagrama de Bolt Beranek & Newman.
- d) DBN Péssimo: ambiente cuja a proporção das dimensões originais não consta no diagrama de Bolt Beranek & Newman.

EDIFÍCIO A - PAJUÇARA					
QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES			SUÍTE	DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA		
1	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
2	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
3	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
4	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
5	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
6	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
7	3,00	3,30	2,60	✓	DBN REGULAR
8	3,00	3,30	2,60	✓	DBN REGULAR
9	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
10	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
11	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
12	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
13	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
14	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM

Tabela 7 - Análise e diagnóstico dos cômodos de uma edificação

Fonte: autoria própria (2020)

As tabelas³⁰ analisam individualmente os cômodos de 177 apartamentos de edificações residenciais, sendo: 31 apartamentos de um quarto; 30 apartamentos de dois quartos; 30 apartamentos três quartos; 23 apartamentos de quatro quartos; e 3 apartamentos de cinco quartos.

O levantamento realizado mostrou que do total de 288 quartos, apenas 24 apresentam as proporções e geometria adequadas segundo o diagrama de Bolt Beranek & Newman, enquanto os restantes foram considerados inadequados. Os dados relataram que se houvesse um reajuste em suas dimensões, somente 50 quartos, de um

²⁹ Esse redimensionamento exerce um decréscimo em pelo menos um dos valores da dimensão, iniciando sempre pela redução da altura, seguido de comprimento ou largura, caso necessário. O critério de classificação adotado em DBN regular definiu o limite de redução da altura até 2,30 metros.

³⁰ A tabela completa da análise de todos os edifícios e cômodos pode ser encontrada no anexo deste trabalho.

grupo de 264, passariam a apresentar condições mais apropriadas para a transformação em um *home studio* (figura 64).

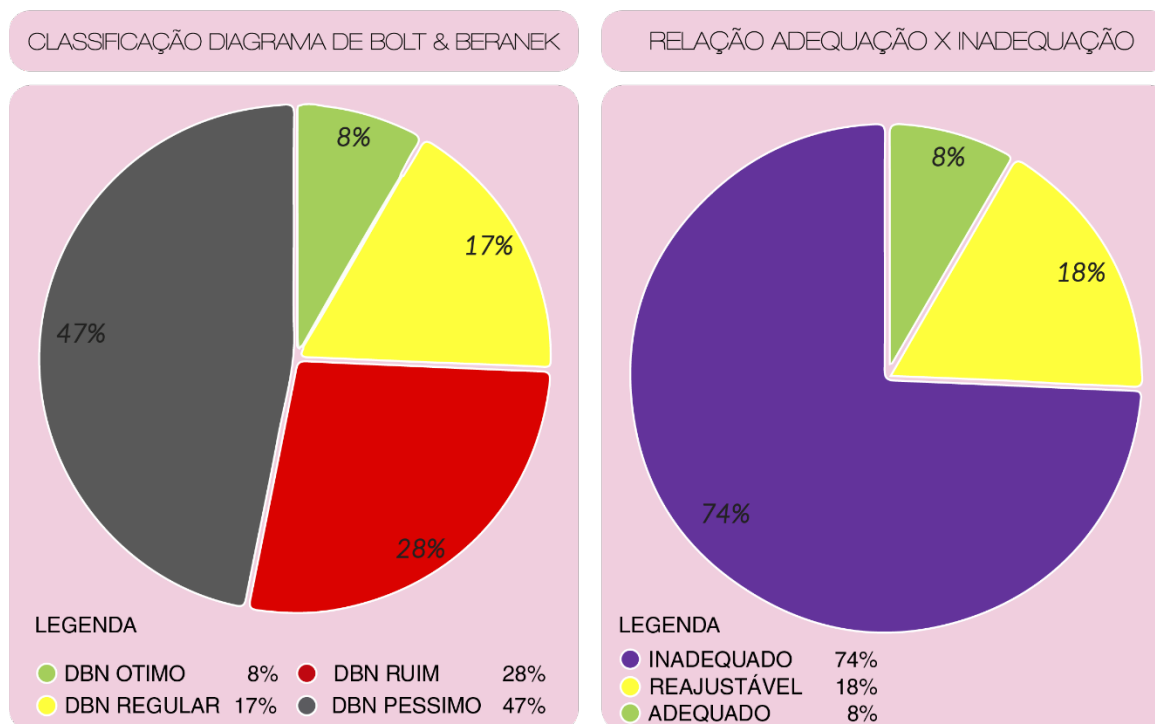


Figura 64 - Gráfico de análise do total dos quartos analisados das edificações
Fonte: autoria própria (2020)

A tipologia que apresentou os melhores resultados³¹ foi a de apartamentos de quatro quartos, com 22,83% dos quartos em condições adequadas e 29,35% passível de reajuste. Em seguida, veio a tipologia de apartamentos de cinco quartos, com 13,33% dos quartos em condições adequadas e 53,33% passíveis de reajuste.

Nesse levantamento foi possível perceber que ambientes com o do desenho geométrico aproximado do padrão ideal de *shoe box* são sempre classificados como mais adequados pelo diagrama de Bolt Beranek & Newman. Além disso, os espaços físicos maiores são os que apresentaram melhores condições para a readaptação em um ambiente de uso acústico, pois, quando não estão dentro da zona ideal do diagrama, são facilmente reajustados para tal. Esses dois fatores justificam a vantagem de desempenho que as duas tipologias possuem em relação às demais como, também, comprovam a eficácia da metodologia adotada para escolher o melhor ambiente para readaptação em um *home studio* (figura 65).

³¹ Segundo análise do diagrama de Bolt Beranek & Newman.

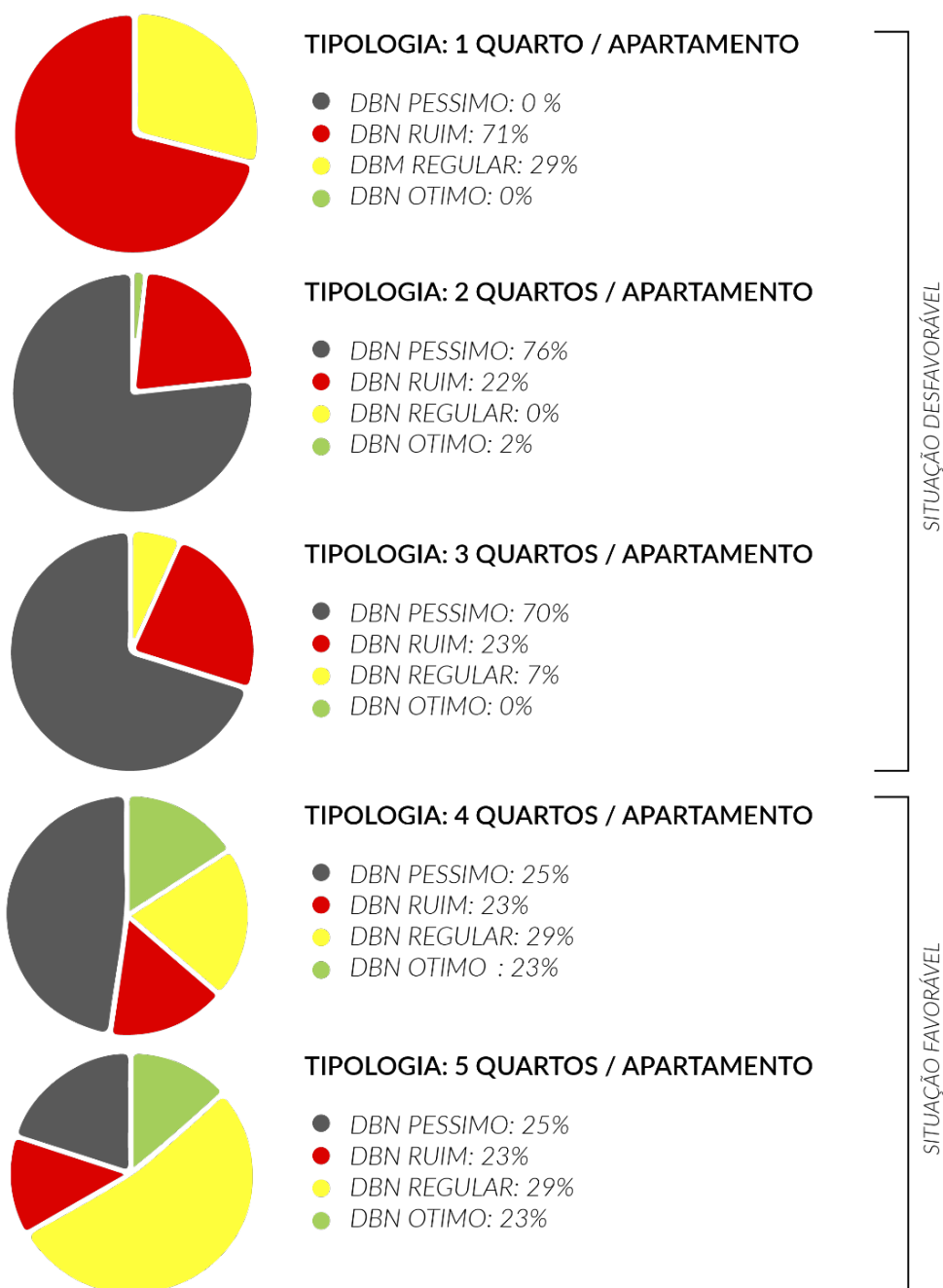


Figura 65 - Gráfico comparativo entre as tipologias de apartamentos

Fonte: autoria própria (2020)

Logo, o objeto de estudo selecionado é um quarto de um apartamento localizado no edifício “S”, pois atende aos seguintes requisitos:

- a) Padrão construtivo: o edifício “S” faz parte do padrão de construção mais adotado na cidade de Maceió, o qual representa 75% da taxa de amostragem. Dessa forma, a relação de proporção entre suas dimensões dos seus quartos pode ser encontrada em quartos de outros edifícios de mesmo padrão;

- b) Diagrama de Bolt Beranek & Newman: a classificação DBN Ótimo indica que a relação da proporção entre as dimensões do quarto encontra-se dentro da zona ideal. Logo, é um ambiente que oferece as melhores condições acústicas iniciais para o processo de transformação em *home studio*;
- c) Tipologia de apartamento: os apartamentos de quatro quartos, por possuírem maior espaço físico em seus quartos, oferecem a possibilidade de escolher entre os três tipos de *home studios* existentes e a completa efetivação do tratamento acústico sem prejudicar a funcionalidade do ambiente. Além disso, é uma tipologia muito presente na cidade de Maceió – segundo a taxa de amostragem de edifícios analisados.

Trabalhar com as condições mais próximas do ideal permite com que o produto final atinja a melhor qualidade possível. Em uma situação real, entretanto, nem sempre todas elas vão existir e isso não pode ser um impedimento para alguém que queira transformar algum cômodo da sua residência em um *home studio*. Portanto, é necessário conhecer algumas soluções que podem ser utilizadas em situações adversas.

5.1.1 Soluções por tipologia de apartamento

O espaço físico é considerado um dos principais fatores de diferenciação, tanto de um estúdio profissional para um *home studio*, como também entre os três diferentes tipos de *home studio*: de quarto, dedicado e semiprofissional. Outro fator que difere são as tipologias de apartamento, pois quanto maior número de quartos de um apartamento, maior a sua área e, geralmente, maior o tamanho dos seus quartos. Dessa forma, é possível, então, estabelecer uma relação entre os tipos de *home studio* e as tipologias de apartamento para indicar a escolha mais apropriada de acordo com cada situação (tabela 8).

A tabela 8 demonstra que em **apartamentos de um quarto** deve-se sempre optar pelo ***home studio de quarto***, já que concilia, em um mesmo cômodo, as funções de estúdio e dormitório. Caso seja essencial a utilização da monitoração de áudio, é recomendado que no processo de condicionamento acústico seja levado em consideração o uso de mobiliários como dispositivos acústicos, como uma forma de,

tanto melhorar a qualidade da acústica interna, como preservar a funcionalidade do ambiente.

Nº Quarto / Aptº	Tipos de Home Studio					
	Quarto		Dedicado		Semiprofissional	
1	✓					
2	✓		✓			
3	✓		✓		✓	
4	✓		✓		✓	
5	✓		✓		✓	

Tabela 8 - Aplicação de home studio de acordo com a tipologia da edificação

Fonte: autoria própria (2020)

Essa solução é amplamente empregada em ambientes que não são exclusivamente de uso acústico ou que a acústica seja complementar a uma outra finalidade, como por exemplo é o caso de *home studios* em cômodos residenciais integrados e salas *home theaters*.

Já os **apartamentos de dois quartos** podem optar por um **home studio de quarto** ou por um **home studio dedicado**. Isso porque, agora, com a existência de um cômodo a mais, dormitório e estúdio não precisam ocupar o mesmo espaço físico, possibilitando um tratamento acústico mais completo e de melhor qualidade em um ambiente exclusivamente voltado para o uso acústico.

O **home studio semi profissional** pode ser uma opção em apartamentos com três ou mais quartos, desde que o cômodo escolhido tenha um espaço físico grande o suficiente para ser dividido em dois. A outra opção, menos viável para trabalhar com esse tipo de estúdio, consiste em incorporar dois ou mais cômodos até atingir a área necessária para tal.

Em geral, a opção mais comum e melhor ajustada para a maioria das situações de *home studio* em um apartamento é o **home studio dedicado**, pois consegue suprir as necessidades de grande parte dos usuários de estúdio, oferece uma boa qualidade sonora boa e, por ocupar apenas o espaço de um quarto, não interfere em outros cômodos mantendo a funcionalidade normal de uma residência.

5.1.2 Soluções por classificação do Diagrama de Bolt Beranek & Newman

O diagrama de Bolt Beranek & Newman é um critério utilizado para selecionar o melhor ambiente com as condições acústicas mais favoráveis, minimizando e até evitando defeitos acústicos antes mesmo do processo de tratamento acústico.

Assim, é sempre recomendado escolher ambientes com a classificação mais favorável, garantindo que o estúdio tenha o melhor desempenho acústico após o processo de tratamento (Imagem 64).

CLASSIFICAÇÃO DIAGRAMA DE BOLT BERANEK & NEWMAN

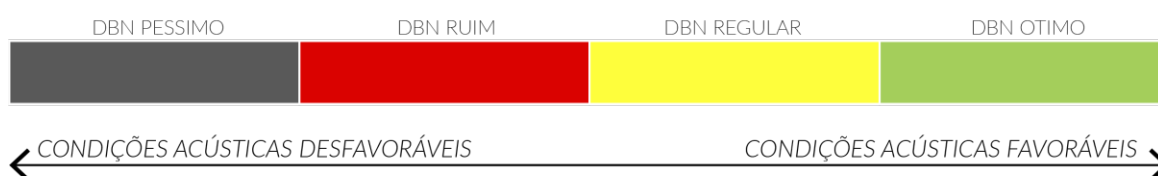


Figura 66 - Modelo para escolha de um ambiente segundo classificação do diagrama de Bolt Beranek & Newman

Fonte: autoria própria (2020)

Para a seleção do objeto de estudo foi necessário a verificação dos ambientes utilizando uma planilha no Microsoft Excel formatada para o cálculo de ondas estacionárias e os modos. Assim, os gráficos de densidade modal, número de modos por banda e número de modos por frequência, são gerados automaticamente a partir dos valores adicionados nas tabelas (figura 67).

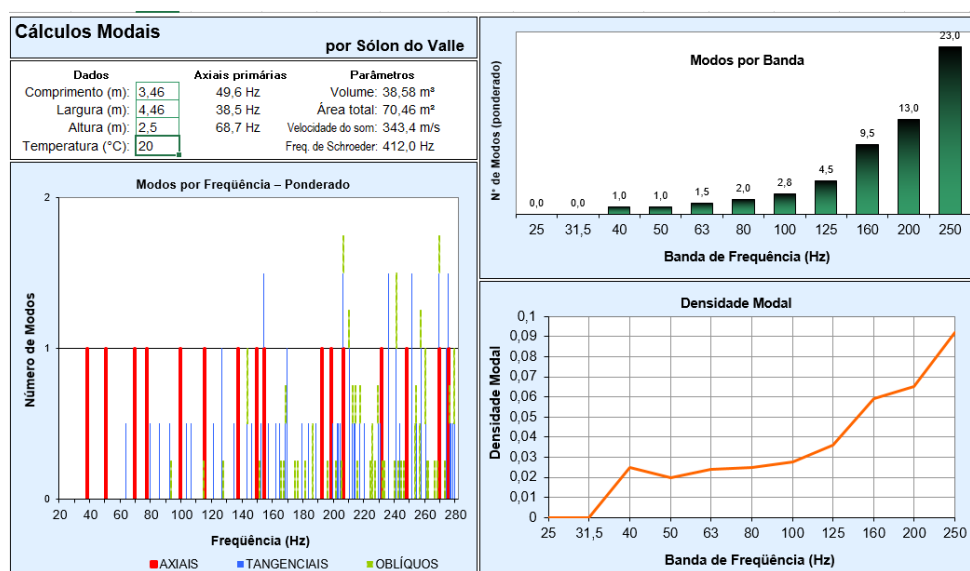


Figura 67 - Planilha de Excel para análise acústica

Fonte: autoria própria (2020)

5.1.2.1 DBN Ótimo

Essa é a situação ideal, na qual a relação entre as dimensões do cômodo selecionado enquadra-se dentro da zona ideal do diagrama de Bolt Beranek & Newman. Logo, não é necessário reajuste nas medidas do local, estando nas melhores condições para receber o tratamento acústico.

Para uma melhor compreensão, é necessário visualizar e analisar o diagrama de Bolt Beranek & Newman em conjunto com os gráficos de densidade modal e número de modos por banda. Para tal, será usado como exemplo um quarto do edifício “Q” que possui as seguintes medidas: 3,46 metros de largura, 4,46 metros de comprimento e 2,50 metros de altura (**figura 68**).

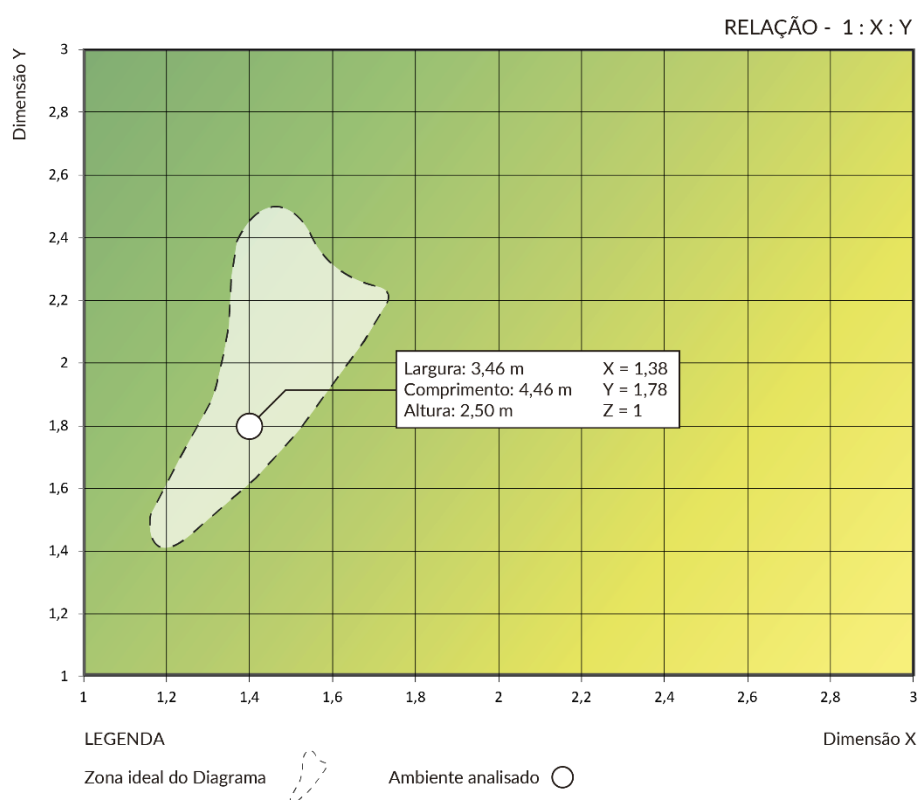


Figura 68 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman. Quarto edifício “Q”

Fonte: autoria própria (2020)

Analisando o gráfico de densidade modal, é possível perceber que a curva é regular, sem a presença de muitos acidentes e pouco acentuados, em um formato de linha suavemente ascendente conforme cresce a frequência; um forte indicativo da boa sonoridade no local (**figura 69**).

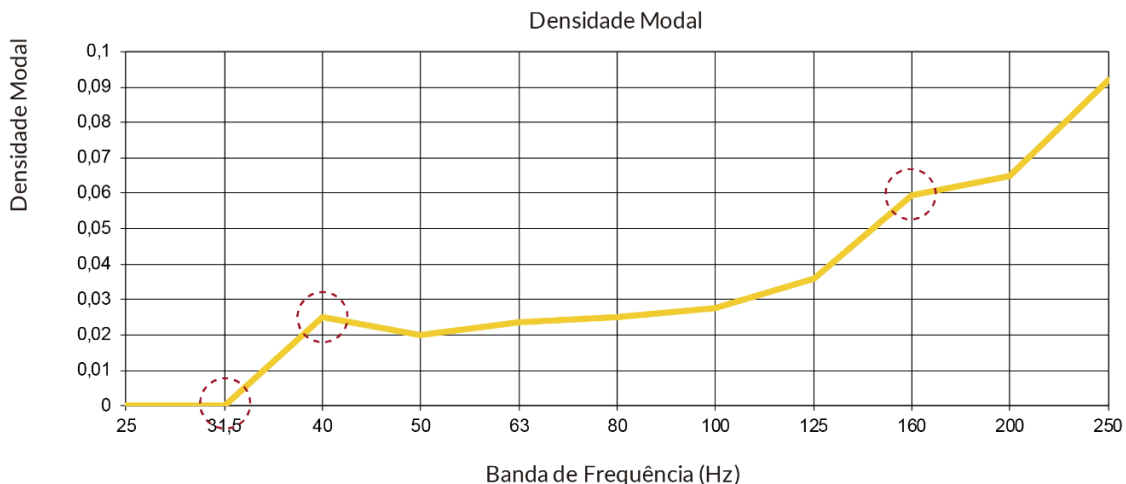


Figura 69 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício "Q"

Fonte: autoria própria (2020)

Os pequenos picos existentes estão nas frequências de 40 Hz e 160 Hz, indicando uma ligeira acentuação dessas frequências no ambiente, o que pode ser facilmente corrigido no tratamento acústico utilizando absorvedores que atuem em sintonia com essas frequências sobressalentes.

É importante notar, também, os pontos nos quais não há resposta nos subgraves. Nesse exemplo, ocorre entre as bandas de frequência de 25Hz e 31,5 Hz, o que é aceitável para um ambiente de pequenas dimensões, como é o caso dos quartos, pois a metade da onda sonora dessa faixa não cabe dentro da sala, impedindo que atinjam sua amplitude máxima.

No gráfico de modos por banda, é possível perceber que o número de modos aumenta de acordo com a frequência, atendendo ao primeiro requisito dos critérios de Bonello; exceto nas bandas de frequência de 40Hz e 50Hz que se mantém constante, causando um pequeno decréscimo na curva de densidade modal (**figura 70**).

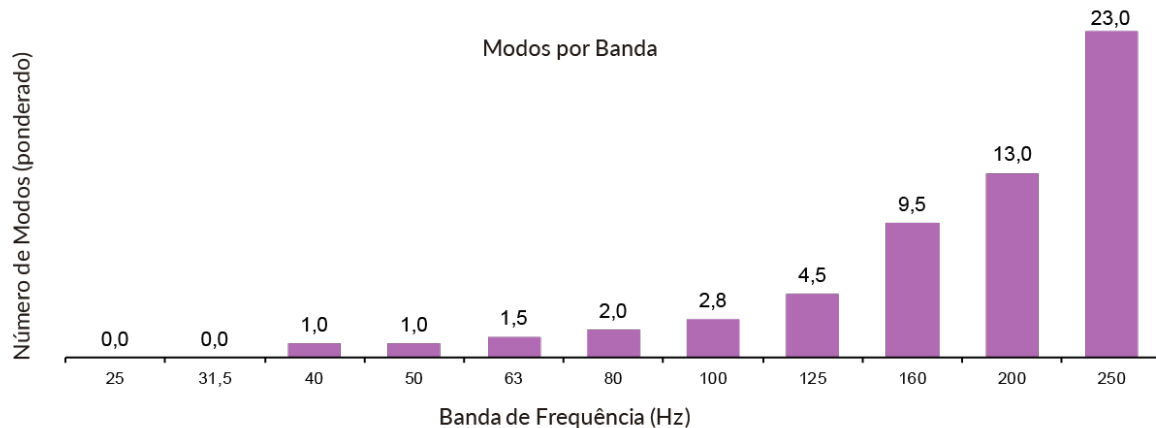


Figura 70 - Número de modos por banda. Quarto no edifício “Q”
 Fonte: autoria própria (2020)

No gráfico de modos por frequência, observa-se que não há a existência de dois modos coincidentes em uma banda de frequência, o que, automaticamente, atende aos dois requisitos restantes dos critérios de Bonello (**figura 71**).

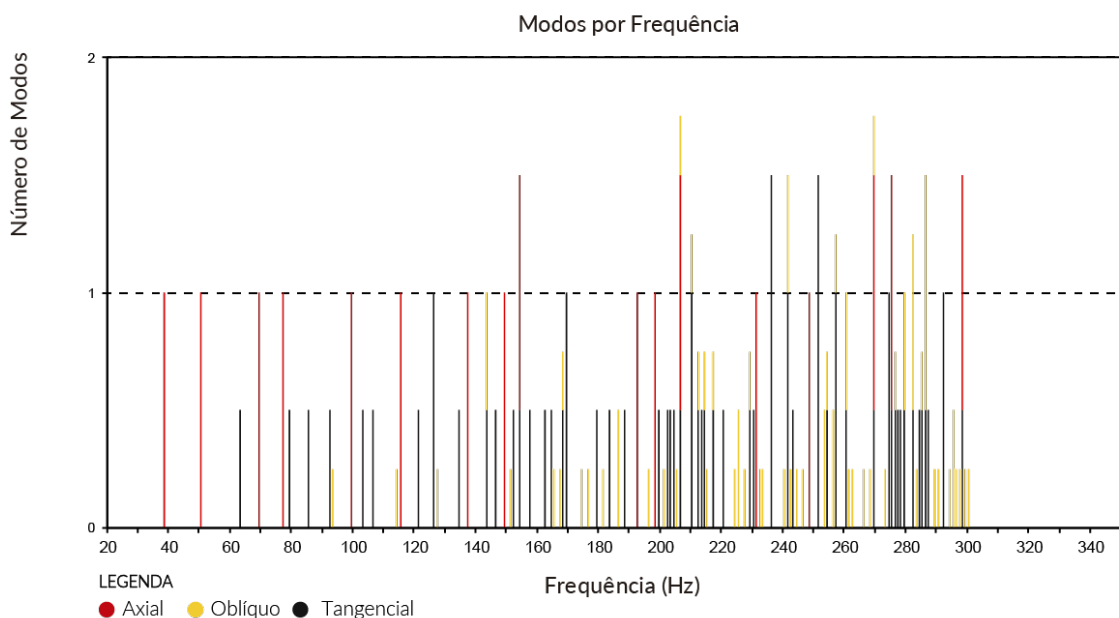


Figura 71 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício “Q”
 Fonte: autoria própria (2020)

O diagnóstico deste cenário ideal comprova a eficácia do método utilizado para a seleção de ambientes com as melhores condições acústicas iniciais, demonstrando em prática que defeitos acústicos nessa situação são minimizados.

5.1.2.2 DBN Regular

Dentre os ambientes tidos como inadequados, a classificação DBN regular é a melhor situação possível, uma vez que ao redimensionamento em pelo menos uma das dimensões introduz a relação de suas proporções dentro da zona ideal do diagrama de Bolt Beranek & Newman. Para exemplificar essa situação, será utilizado um quarto do edifício “T” de medidas: 3,55 metros de largura, 3,80 metros de comprimento e 2,50 metros de altura (figura 72).

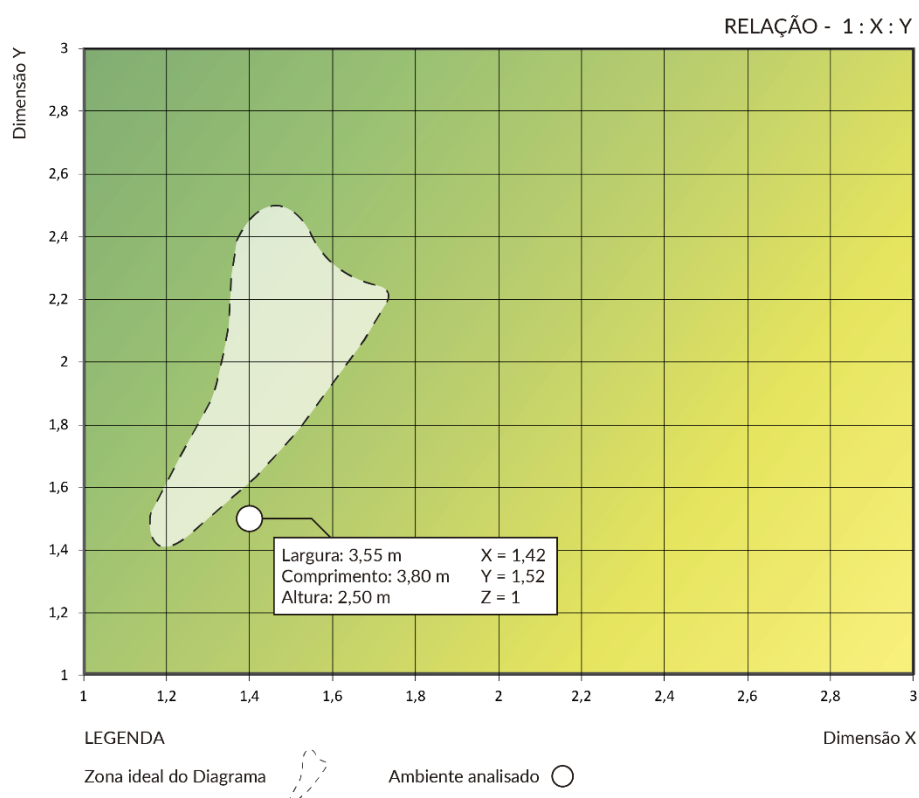


Figura 72 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman. Quarto no edifício “T”

Fonte: autoria própria (2020)

O gráfico de densidade modal demonstra a presença de irregularidades na curva, que já não apresenta o aspecto de linha suavemente ascendente conforme o modelo ideal. Existem aqui três acidentes notáveis, sendo dois picos nas bandas de frequência de 50Hz e 100 Hz e um vale em 80Hz. Além disso, não existe resposta da sala nos subgraves entre as bandas de frequência de 25Hz e 40Hz. Esses indicativos denotam a presença de uma acústica inferior, principalmente quando comparada com o modelo precedente (figura 73).

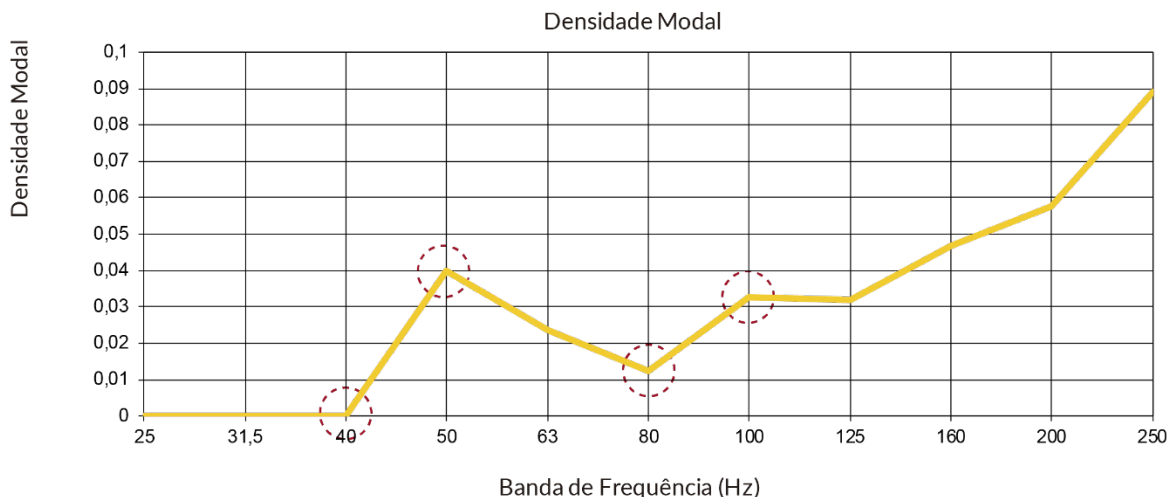


Figura 73 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício "T"
 Fonte: autoria própria (2020)

Analisando o gráfico do número de modos por banda, é mais fácil perceber que existe uma quebra no padrão ascendente do número de modos de acordo com a frequência na banda de 80Hz, considerado inaceitável pelos critérios de Bonello (figura 74).

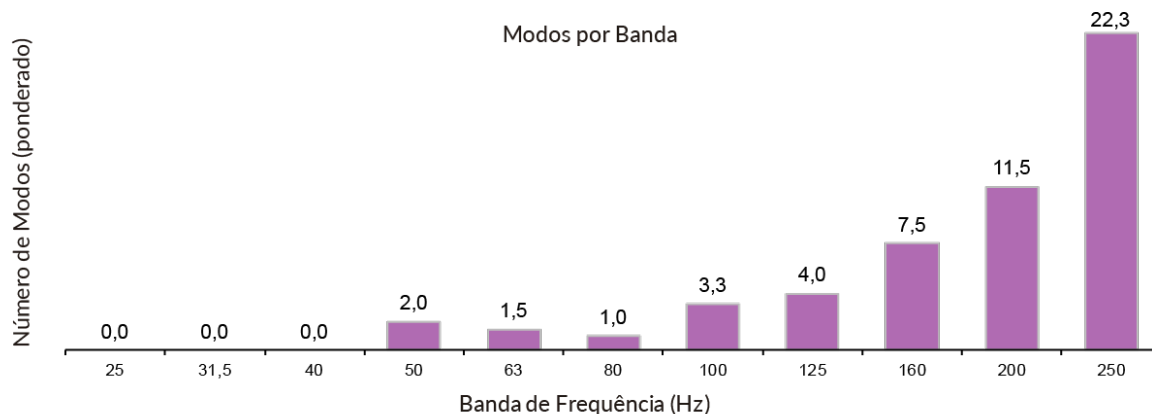


Figura 74 - Número de modos por banda. Quarto no edifício "T"
 Fonte: autoria própria (2020)

Já no gráfico de modos por frequência, observa-se a existência de dois modos coincidentes na frequência de 190 Hz. Contudo, segundo os critérios de Bonello, essa é uma condição tolerável, já que não existem outros modos coincidentes na mesma banda de frequência (figura 75).

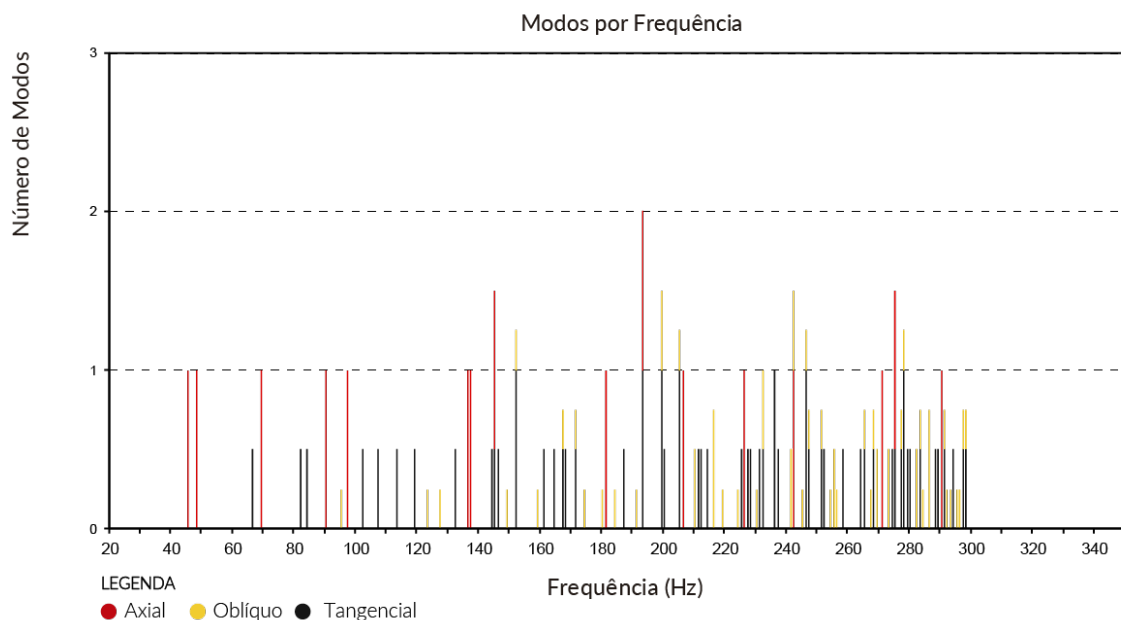


Figura 75 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício "T"
 Fonte: autoria própria (2020)

É preciso, então, recalcular as dimensões desse ambiente para torná-lo adequado. O primeiro passo consiste na redução do pé direito até uma altura mínima de 2,30 metros. Caso somente a alteração de altura não seja o suficiente para enquadrar o ambiente dentro da zona ideal, será necessário o ajuste das outras duas dimensões: largura e comprimento.

Para o cômodo do exemplo utilizado foi necessário o redimensionamento por completo. Dessa forma, as novas medidas de 3,00 metros de largura; 3,70 metros de comprimento e 2,40 metros de altura, conferiram ao ambiente a classificação DBN ótimo, dentro da zona ideal do diagrama de Bolt Beranek & Newman (**figura 76**).

O novo gráfico de densidade modal, demonstra uma grande melhora nas condições acústicas iniciais. A curva está mais regular e com menos acidentes, apresentando um formato levemente ascendente. Os picos das bandas de frequência de 50Hz e 100Hz foram atenuados e o vale de 80Hz acentuado. As irregularidades persistentes estão menos intensas e podem ser corrigidas no tratamento acústico (**figura 77**).

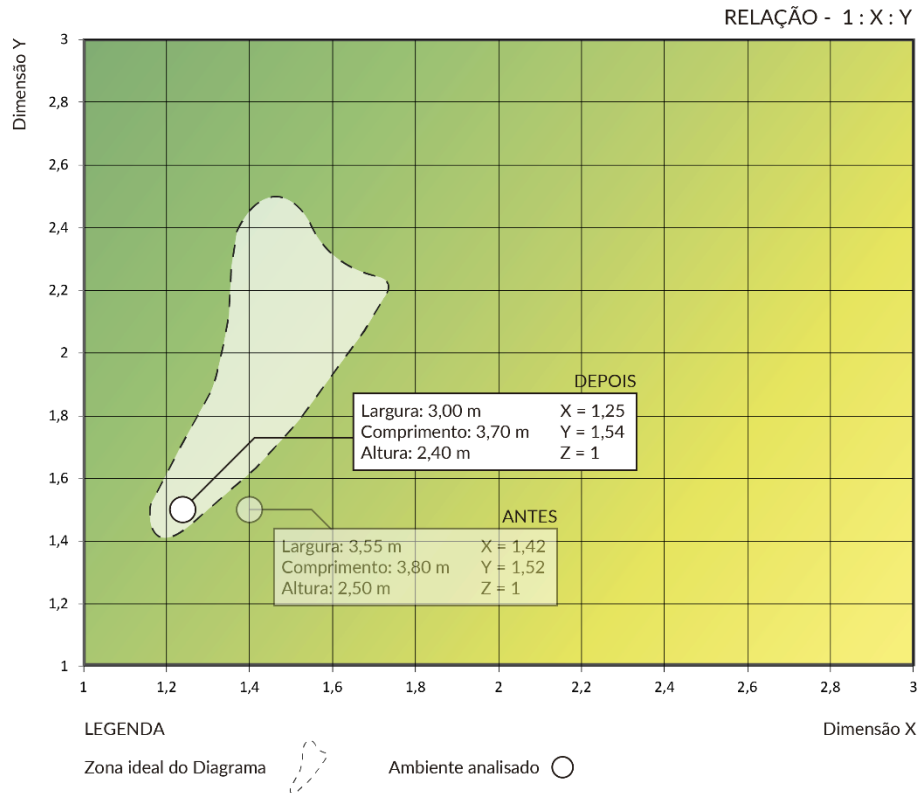


Figura 76 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman. Quarto no edifício "T" (Redimensionado)
 Fonte: autoria própria (2020)

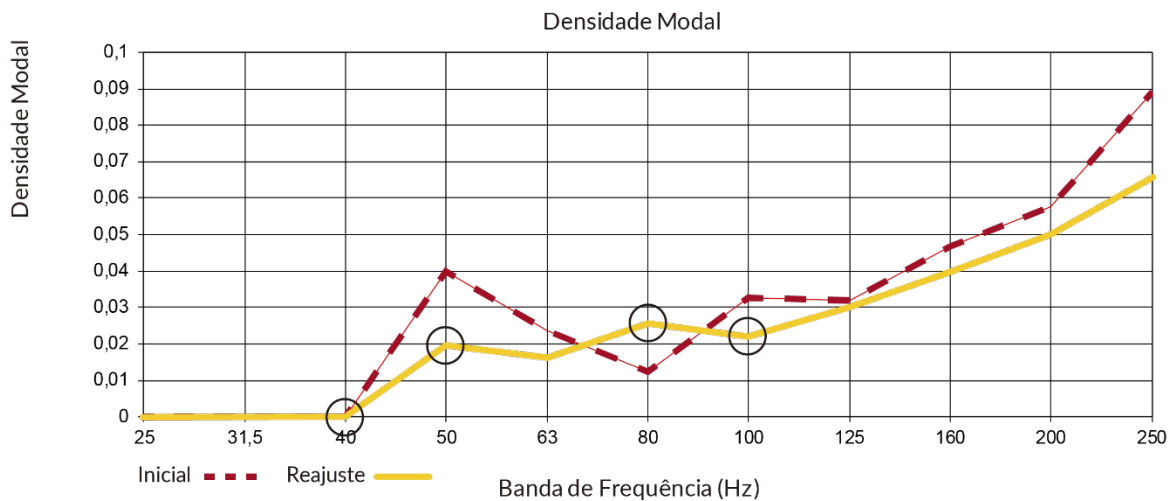


Figura 77 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício "T" (Redimensionado)
 Fonte: autoria própria (2020)

Houve também uma melhora no gráfico de modos por banda, onde o número de modos agora aumenta de acordo com a frequência, exceto na banda de 63Hz que permanece em constância, mas é tido como aceitável segundo os critérios de Bonello (figura 78).

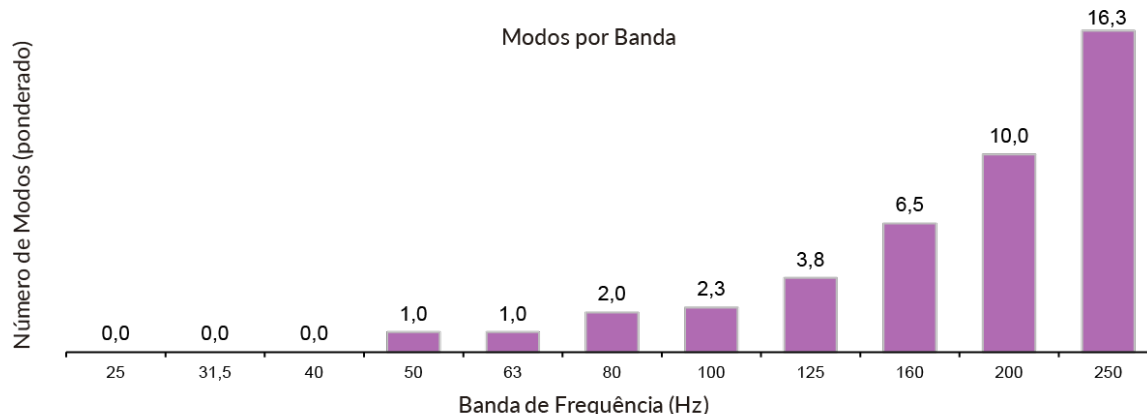


Figura 78 - Número de modos por banda. Quarto no edifício "T" (Redimensionado)

Fonte: autoria própria (2020)

Já no gráfico de modos por frequência, embora uma pequena melhora, ainda há dois modos coincidentes em uma mesma frequência, agora na banda de frequência de 300Hz (figura 79).

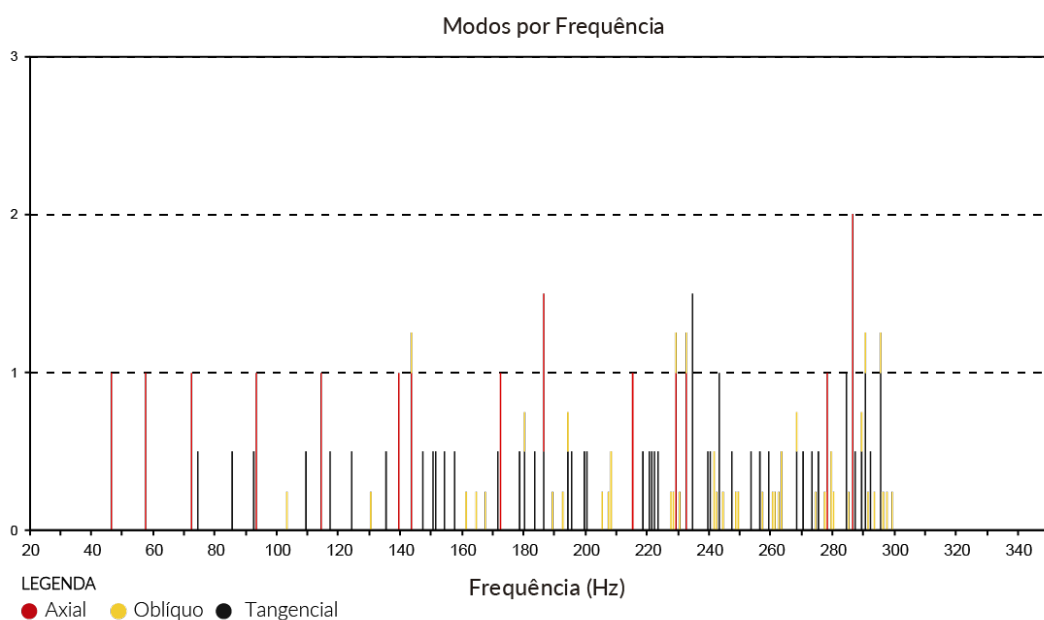


Figura 79 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício "T" (Redimensionado)

Fonte: autoria própria (2020)

O método adotado no exemplo acima é o mesmo que deve ser utilizado para todos os outros tipos de ambientes tidos como inadequados, seja na classificação DBN regular ou nas classificações DBN ruim e péssimo. Quartos muito grandes ou com formatos irregulares também seguem essa estratégia, porém costuma-se dividir o cômodo em dois para facilitar o reajuste das dimensões.

5.1.2.3 DBN Ruim

A partir dessa classificação não há como ajustar as dimensões do ambiente para adequá-lo dentro da zona ideal do diagrama de Bolt Beranek & Newman. As análises a seguir serão feitas tomando como exemplo um quarto do edifício “R” com as seguintes medidas: 2,60 metros de largura; 3,75 metros de comprimento e 2,50 metros de altura (figura 80).

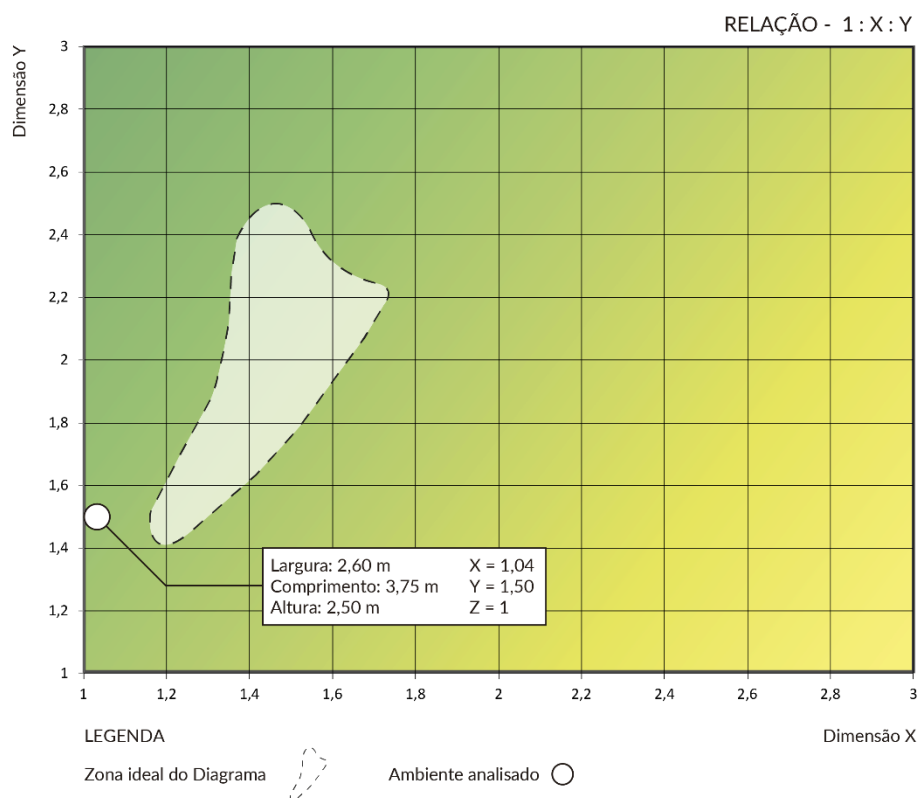


Figura 80 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman. Quarto no edifício “R”

Fonte: autoria própria (2020)

A inadequação da categoria DBN ruim é traduzida graficamente no gráfico de densidade modal, no qual é possível perceber uma curva irregular e um maior número de acidentes, com a existência de picos nas frequências de 50Hz, 63Hz e 125Hz, e vales nas frequências de 80Hz e 160Hz (figura 81).

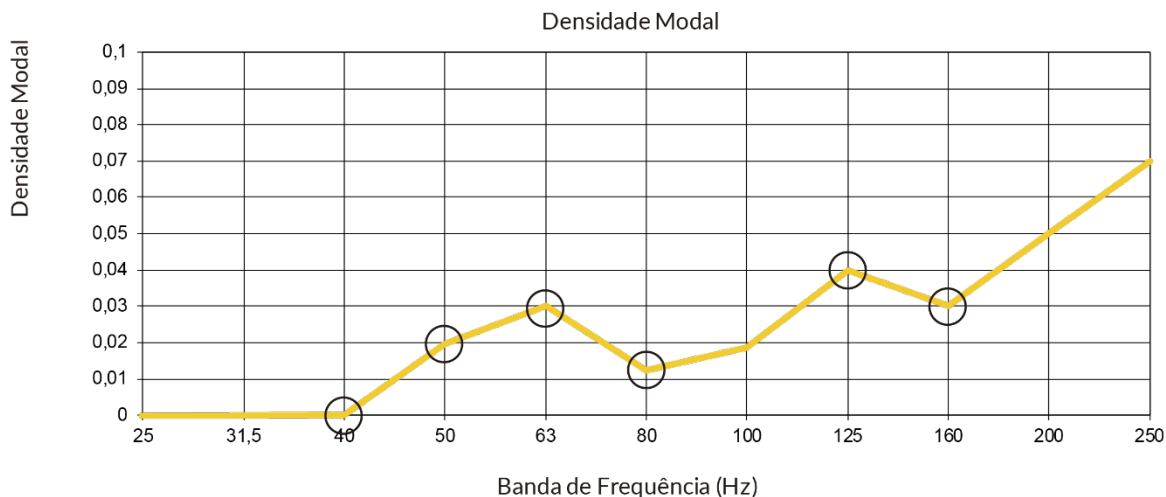


Figura 81 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício "R"
 Fonte: autoria própria (2020)

O baixo desempenho acústico também é observado no gráfico de modos por banda, onde o número de modos decresce nas bandas de frequência de 80Hz e 100Hz, em relação à banda de 63Hz, e permanece em constância nas bandas de 125Hz e 160Hz. No geral, são características tidas como inaceitáveis pelos critérios de Bonello (figura 82).

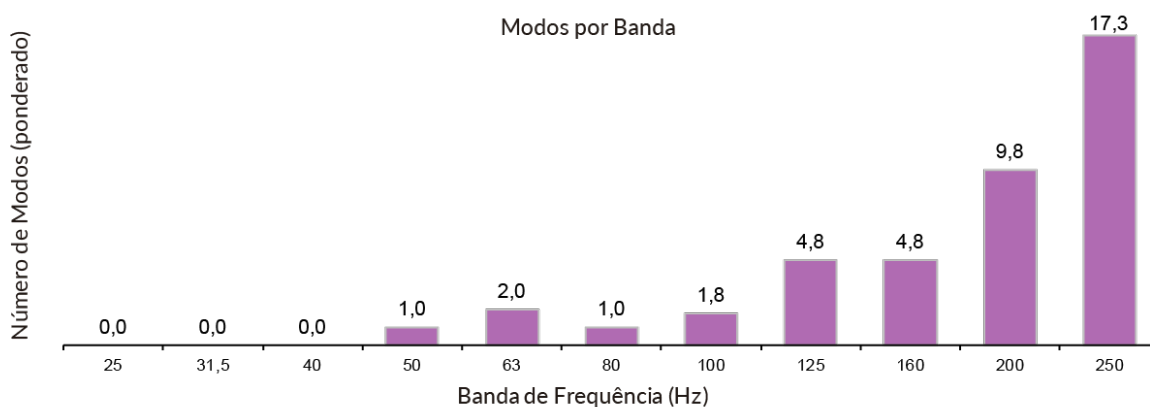


Figura 82 - Número de modos por banda. Quarto no edifício "R"
 Fonte: autoria própria (2020)

O gráfico de modos por frequência também demonstra uma piora no desempenho geral e o aumento do número de bandas com dois modos coincidentes (figura 83).

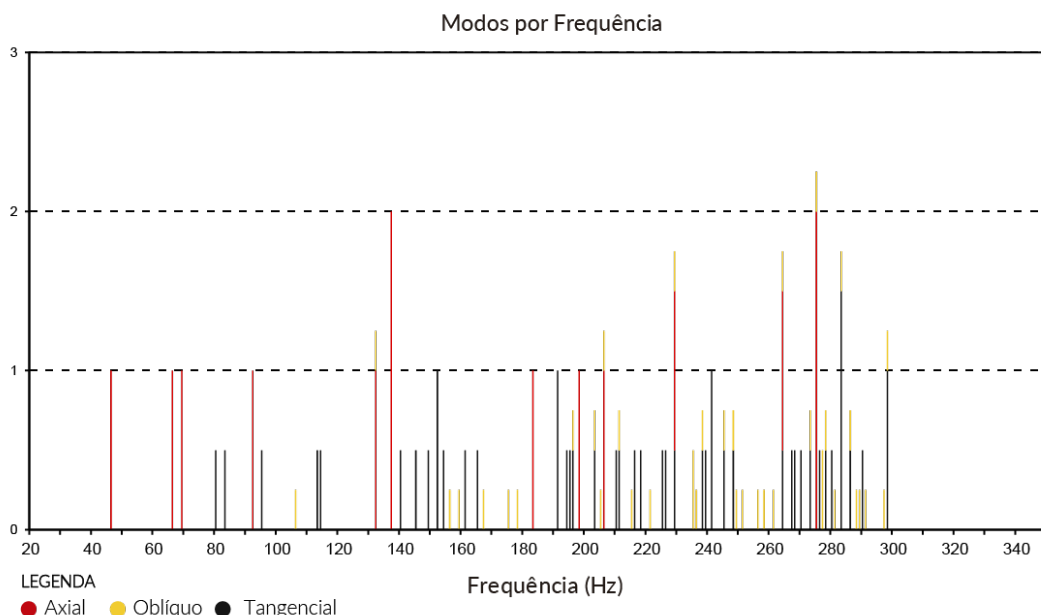


Figura 83 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício “R”

Fonte: autoria própria (2020)

O método de solução mais recomendado para esse ambiente é o mesmo que foi utilizado na classificação DBN regular. Contudo, nessa situação o objetivo é melhorar o possível no diagrama e nos gráficos, para minimizar os defeitos acústicos que serão corrigidos nas etapas seguintes.

Ao reduzir as medidas do quarto do exemplo para 3,40 metros de comprimento e 2,30 metros de altura, mantendo os 2,60 metros de largura, obtém-se um melhor posicionamento no diagrama de Bolt Beranek & Newman (**figura 84**).

A curva do gráfico da densidade modal assume uma forma mais regular, amenizando a diferença entre os acidentes, que, permanecem nas mesmas bandas de frequência, mas de forma mais branda do que em relação ao momento anterior (**figura 85**).

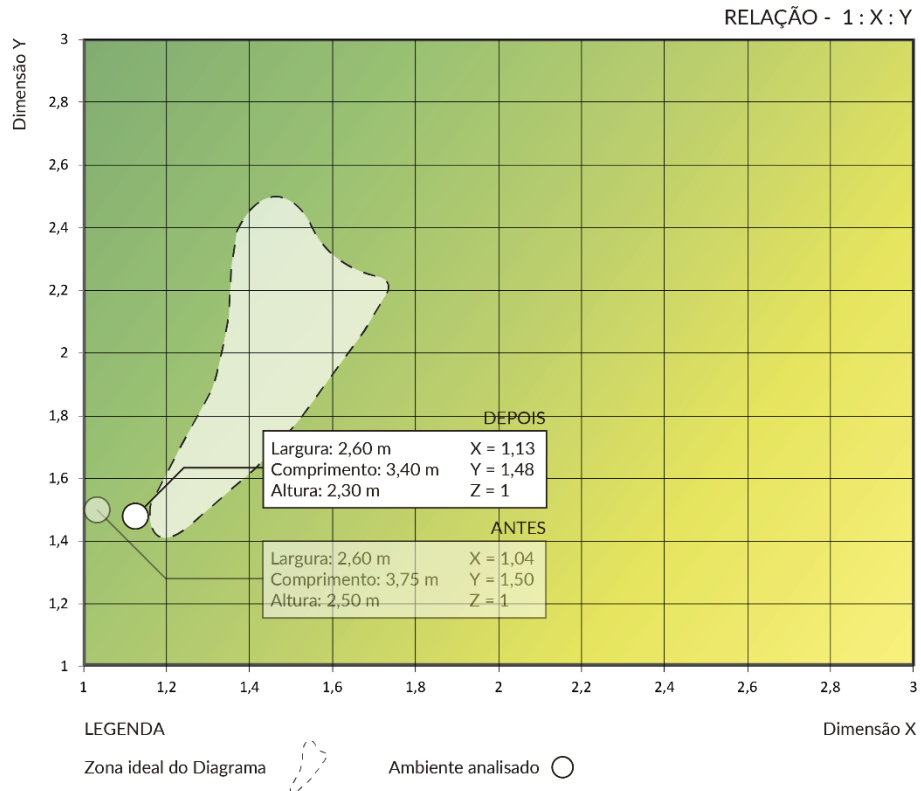


Figura 84 - Diagrama de Bolt Beranek & Newman. Quarto no edifício "R" (Redimensionado)
Fonte: autoria própria (2020)

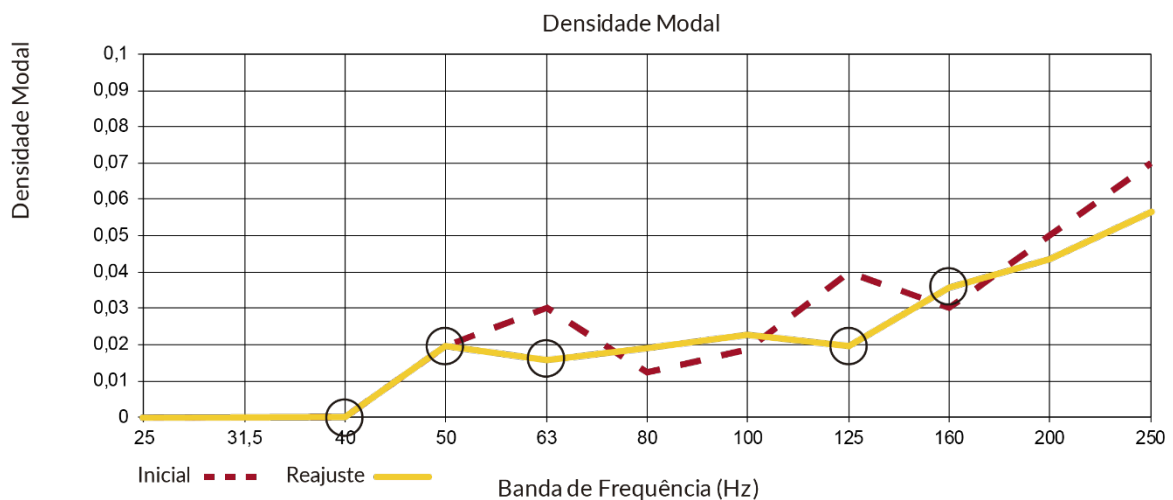


Figura 85 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício "R" (Redimensionado)
Fonte: autoria própria (2020)

Com o reajuste, os critérios de Bonello também passam a ser respeitados. No gráfico de modos por banda, observa-se que agora existe um crescimento do número de modos de acordo com a frequência, permanecendo em constância apenas nas bandas de frequência de 50Hz e 63Hz (figura 86).

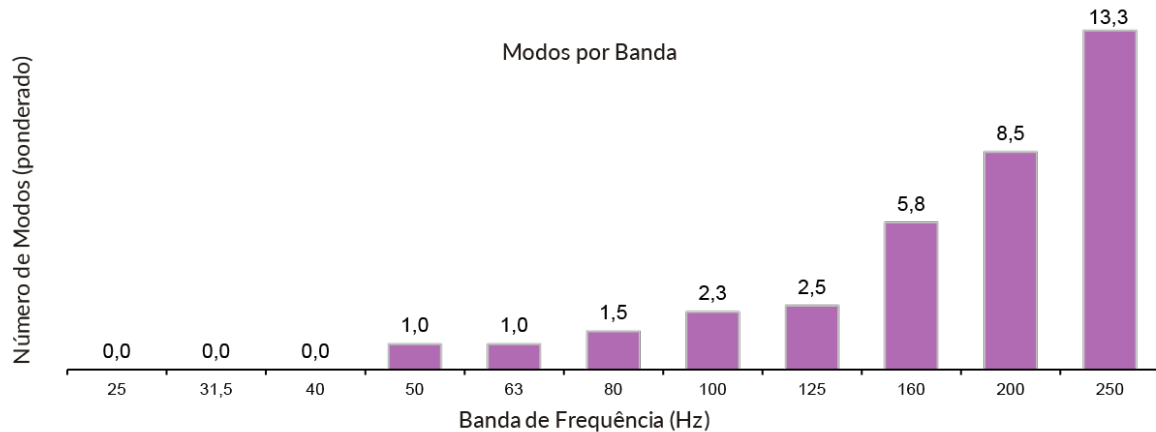


Figura 86 - Número de modos por banda. Quarto no edifício "R" (Redimensionado)
 Fonte: autoria própria (2020)

Já no gráfico de modos por frequência, é possível perceber que não há mais dois modos coincidentes em uma mesma frequência como antes (figura 87).

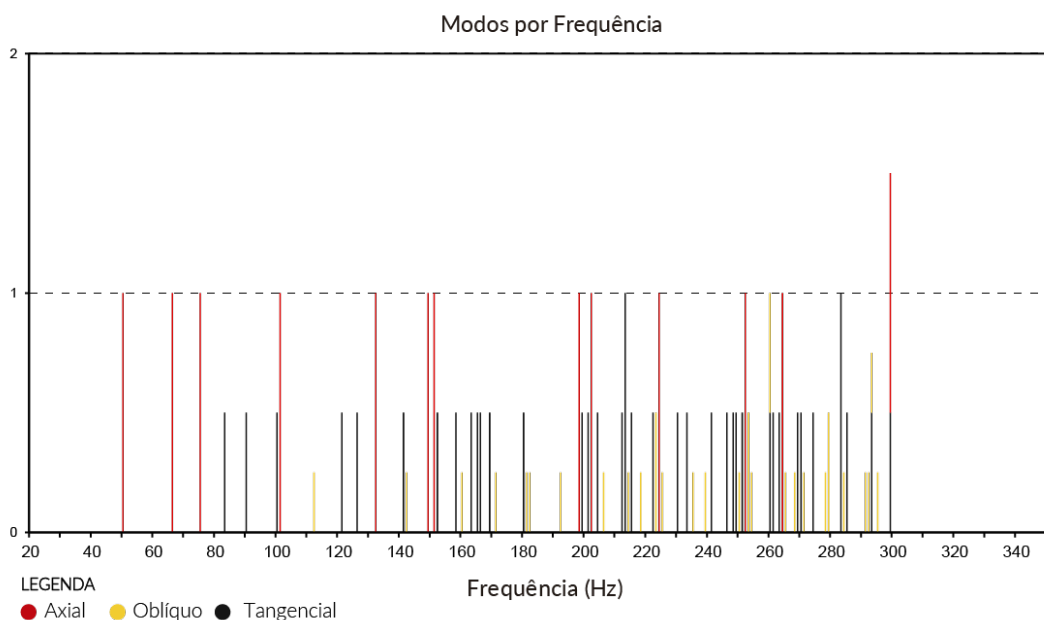


Figura 87 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício "R" (Redimensionado)
 Fonte: autoria própria (2020)

Outra solução seria o aumento do espaço físico do quarto. Contudo, essa estratégia não é muito viável, pois além do custo financeiro e maior trabalho para a realização, essa estratégia depende da limitação física do apartamento, uma vez que é mais adequada para apartamentos que tenham, ao menos, três quartos, sendo: um exclusivo para o dormitório e os outros dois para o *home studio*.

5.1.2.4 DBN Péssimo

Essa é a situação mais desfavorável entre todas. Tal qual a classificação DBN Ruim, o ambiente permanecerá inadequado pelo diagrama de Bolt & Beranek mesmo após um reajuste em suas dimensões.

Entretanto, na prática o redimensionamento é uma tarefa muito complexa, pois reduzir as medidas de um ambiente que já é pequeno pode comprometer mais do que ajudar. Devido a tamanha dificuldade, não existe uma única fórmula de solução; cada caso é um caso. Mas, ainda assim, é possível recomendar alguns princípios que devem ser considerados ao se defrontar com um cômodo da classificação cinza.

Ao contrário do que é adotado como solução para as outras classificações, a redução da medida da altura é a ação que pode causar maior impacto negativo na acústica do ambiente. Assim, é recomendado primeiro a redução do maior lado existente, seja largura ou comprimento, e somente se for necessário, reduzir a altura.

Contudo, é preciso ter cautela, pois, após certo ponto esse redimensionamento começa a gerar consequências inversas, tanto pelo comportamento das ondas e modos em ambientes cada vez menores, como pelo fato do valor das dimensões se aproximarem entre si, causa os efeitos mais danosos.

Em geral, os ambientes que possuem apenas dos seus lados com o valor igual ou inferior ao da altura têm uma acústica mais razoável do que aqueles que têm ambas as medidas de largura e comprimento com valores inferiores.

O objetivo do redimensionamento é sempre melhorar o máximo a situação do diagrama e dos gráficos, minimizando os defeitos acústicos, mas caso não seja possível por piorar a situação acústica ou por se tornar medidas impraticáveis, o melhor a fazer é deixar a correção para a etapa do tratamento acústico.

Para exemplificar, será utilizado um quarto do edifício “G” com as seguintes medidas: 2,35 metros de largura, 4,15 metros de comprimento e 2,50 metros de altura³².

O gráfico de densidade modal claramente reflete a péssima sonoridade do ambiente. A curva apresenta formato irregular e diversos pontos de acidentes, com grandes diferenças entre si. Os picos nas bandas de frequência de 40Hz, 80Hz, 160Hz

³² Como a proporção entre as dimensões não consta no diagrama de Bolt Beranek & Newman, não há necessidade de sua representação gráfica

e 200Hz indicam uma resposta desproporcional do ambiente quando comparada com os vales nas bandas de 50Hz, 63Hz, 100Hz e 125Hz. Isso significa que àquelas frequências serão sobressalentes enquanto as estas serão ocultadas, causando uma sensação acústica desagradável (figura 88).

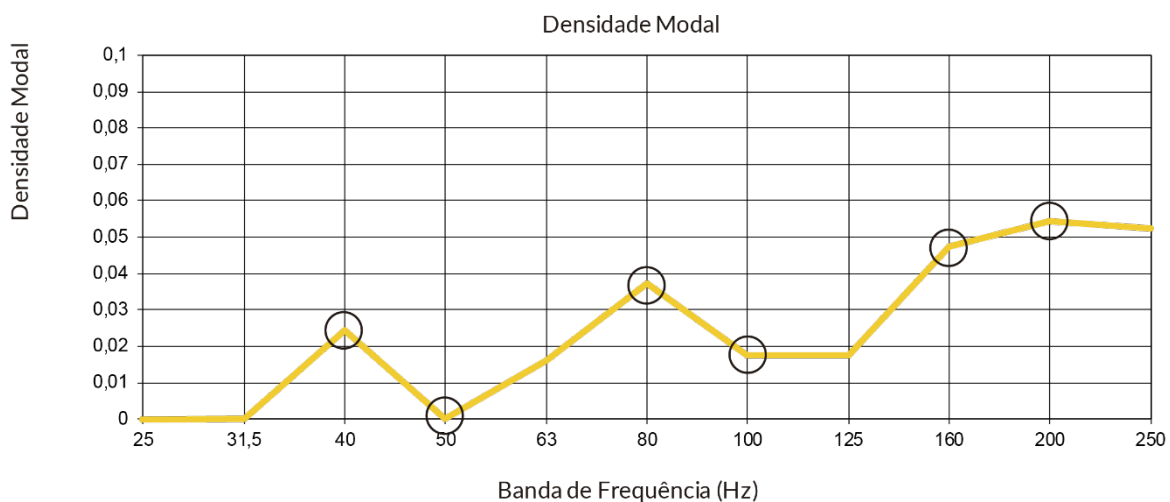


Figura 88 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício “G”

Fonte: autoria própria (2020)

A interpretação fica mais clara quando observado o gráfico de modos por banda. O número de modos decresce em dois momentos, na banda de 50Hz e na banda de 100Hz, criando os vales mais evidentes do gráfico de densidade modal e descumprindo um dos critérios de Bonello que diz que “o número de modos por banda deve aumentar com a frequência” (figura 89).

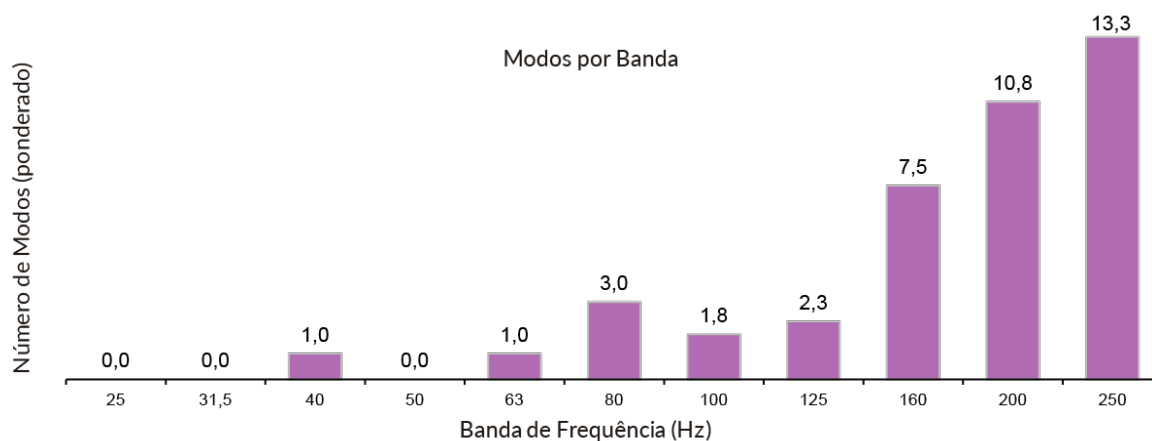


Figura 89 - Número de modos por banda. Quarto no edifício “G”

Fonte: autoria própria (2020)

É possível notar também no gráfico de modos por frequência a presença de dois modos coincidentes na frequência de 220 Hz, entretanto é algo tolerável segundo os critérios de Bonello (figura 90).

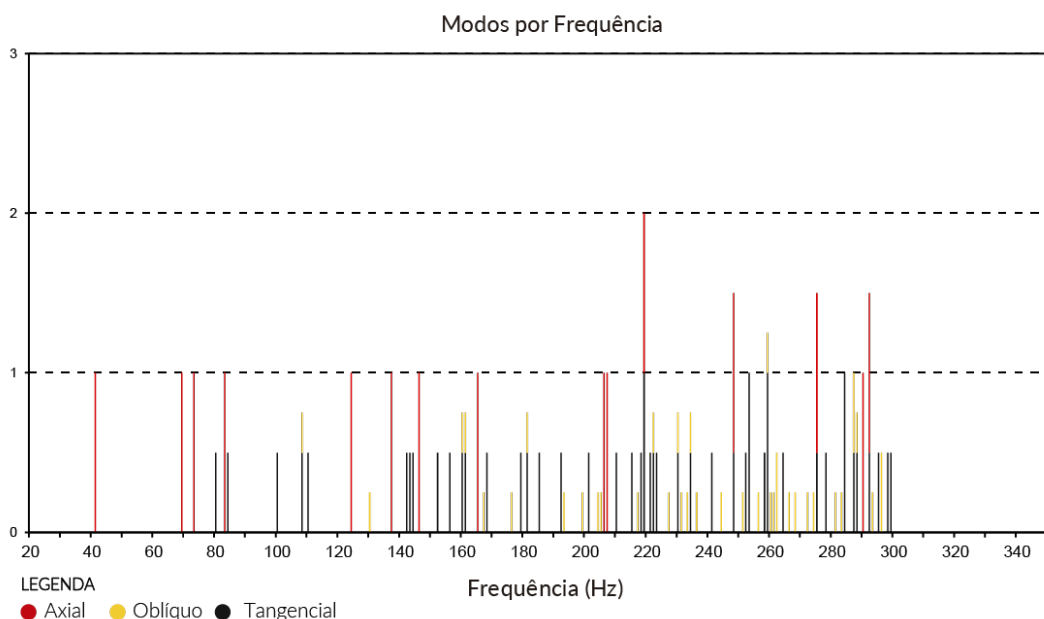


Figura 90 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício "G"
Fonte: autoria própria (2020)

A melhor opção para o redimensionamento desse quarto está na redução da medida do comprimento de 4,15 metros para 3,80 metros, mantendo os valores da largura e altura. Assim, mesmo que continue sem constar no diagrama de Bolt Beranek & Newman, há uma melhora geral dos aspectos acústicos.

A curva da densidade modal está mais regular. Embora tenha perdido resposta do subgrave na banda de frequência de 40Hz, a diferença entre os acidentes está mais amena, gerando uma resposta mais uniforme no ambiente (figura 91).

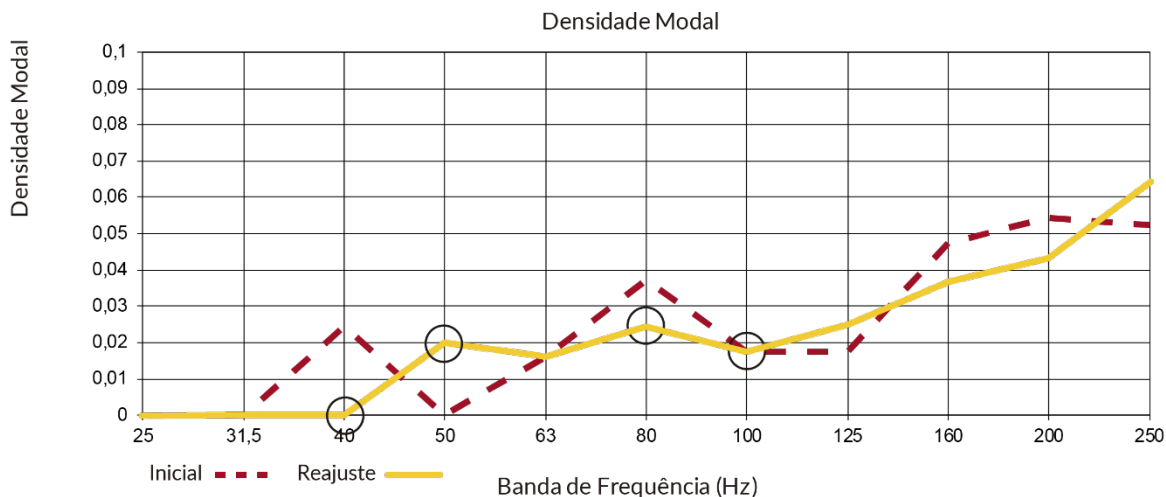


Figura 91 - Gráfico da densidade modal. Quarto no edifício "G" (Redimensionado)
 Fonte: autoria própria (2020)

O gráfico de modos por banda agora apresenta apenas decréscimo no número de modos na banda de 100 Hz, contudo bem pequena, quase mantendo-se em constância, assim como estão as bandas de 50Hz e 63Hz (figura 92).

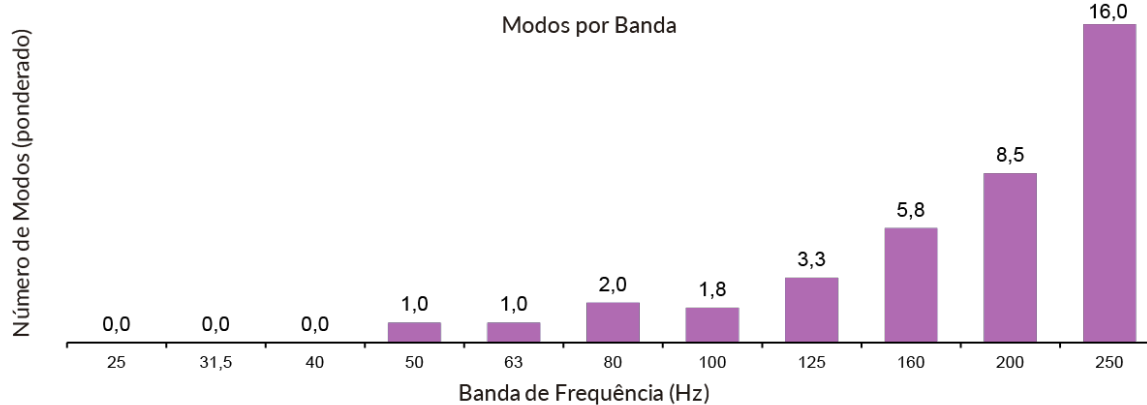


Figura 92 - Número de modos por banda. Quarto no edifício "G" (Redimensionado)
 Fonte: autoria própria (2020)

No novo gráfico de modos por frequência, há uma melhora geral do comportamento dos modos, assim como o desaparecimento dos dois modos coincidentes na frequência de 220Hz (figura 93).

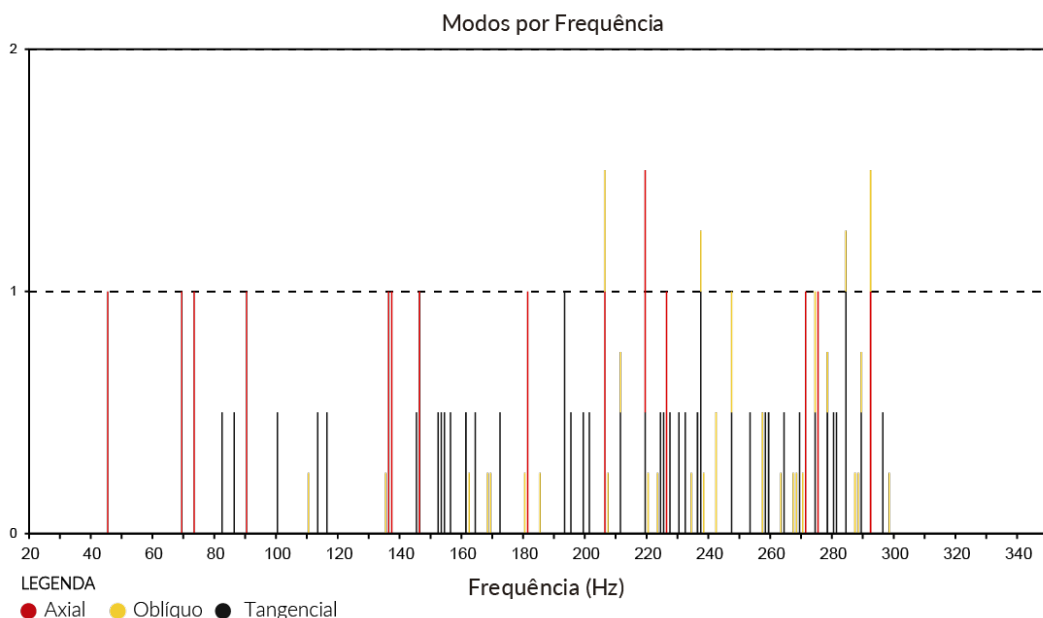


Figura 93 - Número de modos por frequência. Quarto no edifício “G” (Redimensionado)
Fonte: autoria própria (2020)

5.2 ETAPA 02: CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Como dito anteriormente, o objeto de estudo selecionado encontra-se no edifício “S”, uma vez que faz parte do padrão construtivo mais utilizado na cidade de Maceió e possui a tipologia de apartamento mais favorável para a adaptação de um cômodo em *home studio*. Além disso, sessenta e sete por cento dos quartos da edificação possuem DBN Ótimo, uma bem acima dos demais edifícios analisados.

O edifício “S” encontra-se no bairro da Ponta Verde, 57035-330, Maceió, AL. A área é considerada de uso misto, com a presença de comércios, edifícios empresariais, mas predominantemente residencial. O pavimento tipo do mesmo é composto por quatro terminações de apartamento, tendo cada um deles: uma sala de estar/jantar; quatro dormitórios, sendo três suítes e um quarto de serviço; varanda; cozinha; área de serviço; e despensa; um total de 124 metros quadrados cada apartamento (figura 94).

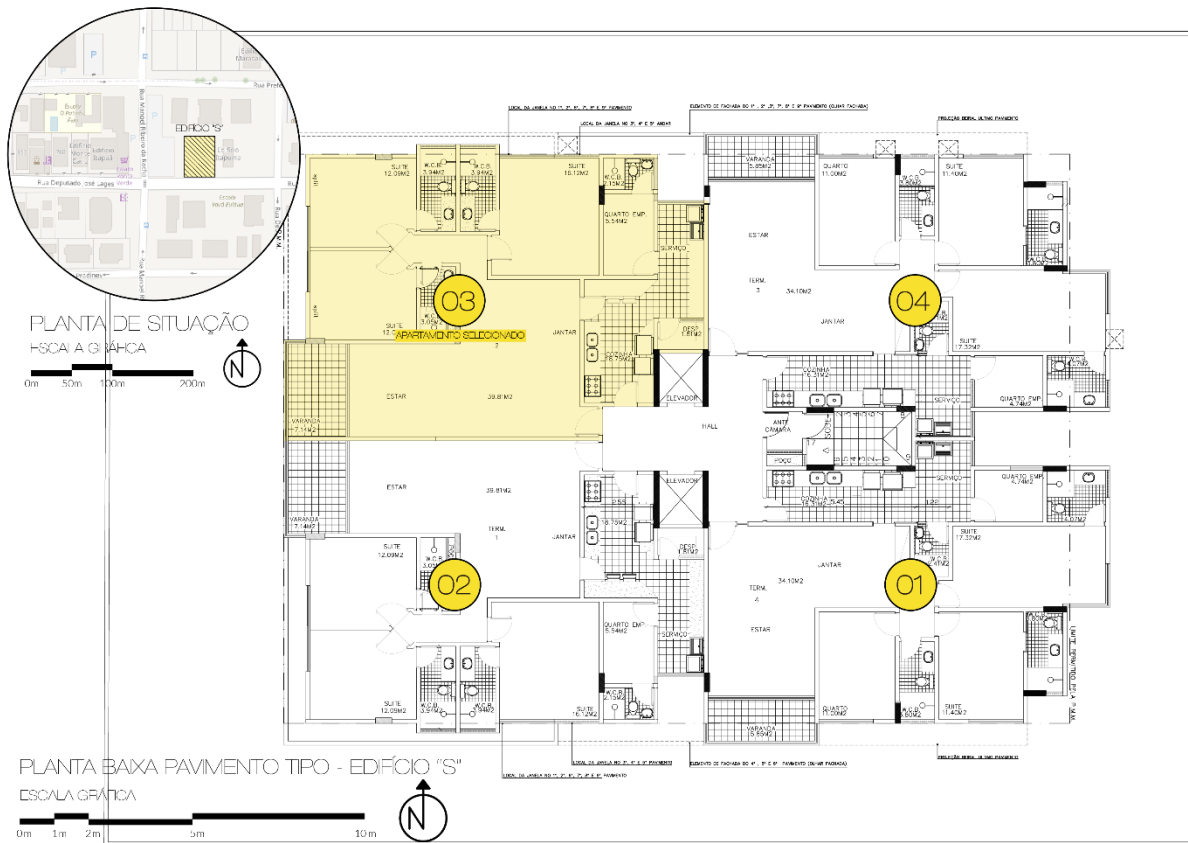


Figura 94 - Planta baixa do pavimento tipo. Edifício “S”

Fonte: autoria própria (2020)

Dentro dos quatro apartamentos encontrados no pavimento tipo da edificação S, o que apresentou melhores condições foi o apartamento de terminação 03, uma vez que a fachada dos quartos é mais afastada da rua principal e, conseqüentemente, menos afetada pelos ruídos externos. Ainda sob a mesma justificativa, o quarto escolhido como objeto de estudo para ser transformado em *home studio* foi a suíte master, por possuir o maior espaço físico e a melhor geometria entre os cômodos disponíveis no apartamento, favorecendo boas condições acústicas iniciais. Todas essas condições e escolhas possibilitam o melhor resultado (figura 95).

Antes de iniciar o processo de tratamento acústico foi importante avaliar a situação do cômodo que irá abrigar o *home studio*. Nessa etapa foram utilizadas planilhas de Excel contendo dados e informações necessários para a realização dos cálculos acústicos³³, além do software *Room EQ Wizard – Room Acoustics Software (REW)*,

³³ Diagrama de Bolt Beranek & Newman; ondas estacionárias e modos ressonantes; gráfico de densidade modal; número de modos por banda; número de modos por frequência; absorção total; índice médio de absorção; tempo de reverberação.

responsável por simular a utilização de microfones para medição e verificação da resposta acústica da sala.

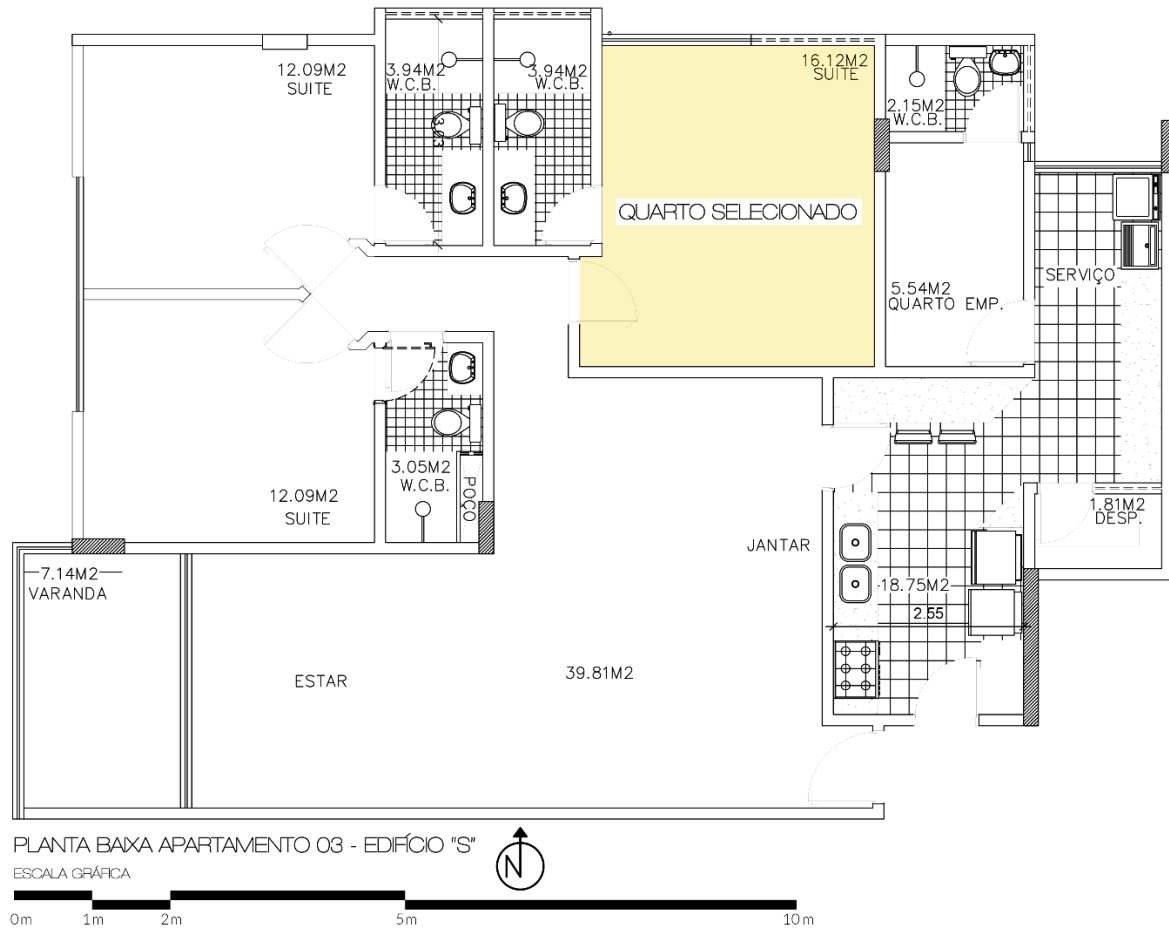


Figura 95 - Planta baixa do apartamento terminação 03. Edifício "S"
Fonte: autoria própria (2020)

O quarto selecionado possui as seguintes medidas: 3,65 metros de largura; 4,30 metros de comprimento; e 2,55 metros de altura; com uma área total de 71,94 metros quadrados e volume de 40,02 metros cúbicos. Relacionando suas dimensões ao cômodo dentro da zona ideal do diagrama de Bolt Beranek & Newman, foi-lhe conferido a classificação ADB Ótimo, ou seja, boas condições acústicas iniciais sem a necessidade de maiores reajustes no espaço físico (figura 96).

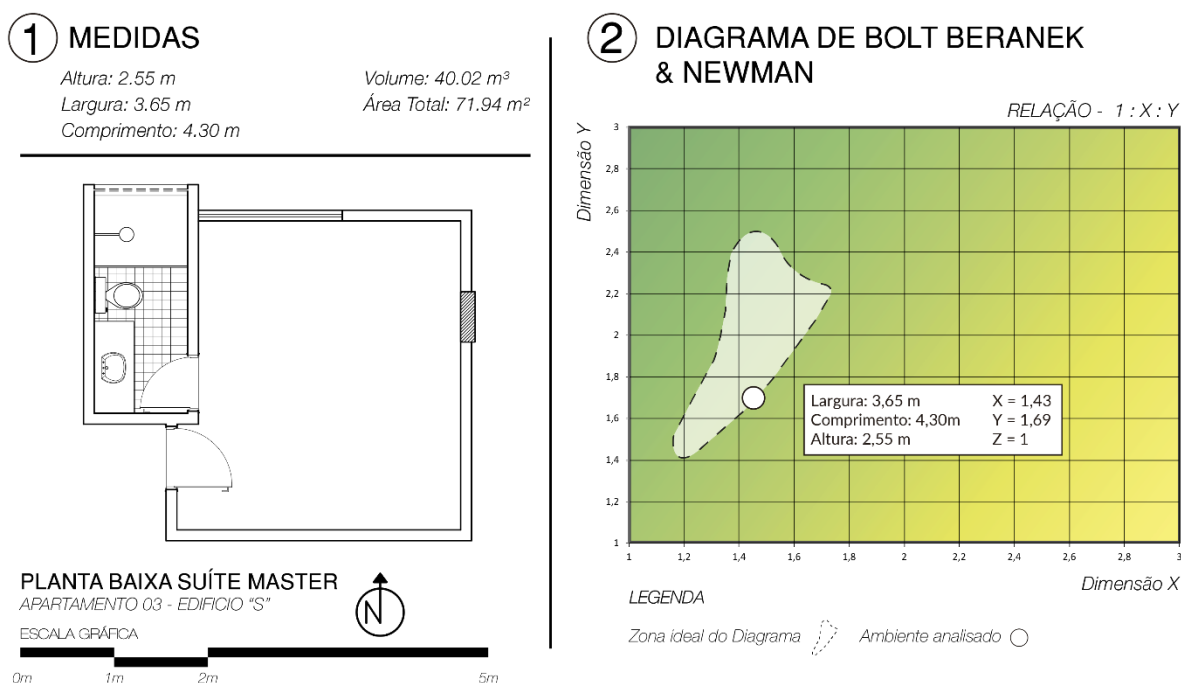


Figura 96 - Análise do objeto de estudo. Medidas e diagramas de Bolt Beranek & Newman
Fonte: autoria própria (2020)

Para analisar os fenômenos de cauda longa é importante conhecer a frequência de Schroeder, ou seja, a frequência limite a ser considerada como onda estacionária. A partir da utilização de uma planilha de Excel, foram inseridos os valores referentes às dimensões do ambiente, como também, o valor de temperatura, pressão atmosférica do ar, obtendo como resultado duas diferentes frequências que variam de acordo com a fórmula utilizada e com o valor da velocidade do som, sendo elas: critério de Sólon do Vale e o critério de Carlos Bobadilla³⁴. Os cálculos foram contabilizados até a frequência de 300Hz, pois, na prática, esse é o ponto onde o impacto acústico das ondas estacionárias torna-se irrelevante. Ainda a partir da mesma planilha de Excel, foram obtidos todos os modos ressonantes³⁵ (axial, tangencial, oblíquo) provenientes do comportamento das ondas estacionárias dentro do quarto analisado a partir dos dados inseridos, assim como também as axiais primárias³⁶, advindas dos eixos x (largura), y (comprimento) e z (altura), sendo elas, respectivamente: 40 Hz, 47 Hz e 67 Hz (**figura 97**).

³⁴ Critério de Carlos Bobadilla $F_c = 1900(RT60/V)^{0,5}$

³⁵ Os modos axiais são os que exercem maior influência acústica, portanto, é necessária uma maior atenção ao serem trabalhados.

³⁶ São as primeiras frequências encontradas em cada um dos eixos.

3 ONDAS ESTACIONÁRIAS E MODOS

Velocidade do Som 1 = 343,4 m/s

Velocidade do Som 2 = 344,0 m/s

Frequência de Schroeder 1 = 332,5 Hz

Frequência de Schroeder 2 = 404,0 Hz

MODOS AXIAIS

x	1	2	3	4	5	6	y	1	2	3	4	5	6	7	z	1	2	3	4
	47	94	141	188	235	282		40	80	120	160	200	240	279		67	135	202	269

MODOS TANGENCIAIS

xy	1	2	3	4	5	6	7	xz	1	2	3	4	yz	1	2	3	4
1	62	93	129	166	205	244	283	1	82	143	207	273	1	78	140	206	272
2	102	123	152	185	221	257	295	2	116	164	223	285	2	104	157	217	281
3	147	162	185	213	244	278		3	156	195	246		3	137	180	235	295
4	192	204	223	247	274			4	200	231	276		4	173	209	257	
5	239	248	264	284				5	245	271			5	211	241	284	
6	285	293						6	290				6	249	275		
													7	287			

MODOS OBLÍQUOS

P = 1	P = 2	P = 3	P = 4
1 91 115 145 180 216 253 291	1 148 163 186 214 245 279	1 211 222 239 262 288	1 276 285 298
2 122 141 167 197 231 266	2 169 183 203 229 259 290	2 226 237 253 274 299	2 288 296
3 161 176 197 223 254 286	3 199 211 229 252 279	3 250 259 274 294	
4 204 215 233 256 282	4 235 245 261 281	4 279 287	
5 248 257 272 292	5 274 283 296		
6 293			

Figura 97 - Análise do objeto de estudo. Ondas estacionárias e modos

Fonte: autoria própria (2020)

O gráfico da densidade modal confirma a boa sonoridade no quarto. A curva possui um formato ascendente, com uma baixa presença de acidentes e pouca intensidade. Existem três pequenos picos nas frequências de 40 Hz, 125 Hz e 200 Hz e três pequenos vales nas frequências de 50 Hz, 100 Hz e 160 Hz. Nos subgraves, não há resposta da sala entre as frequências de 25 Hz a 31,5 Hz (figura 98).

④ GRÁFICO DA DENSIDADE MODAL

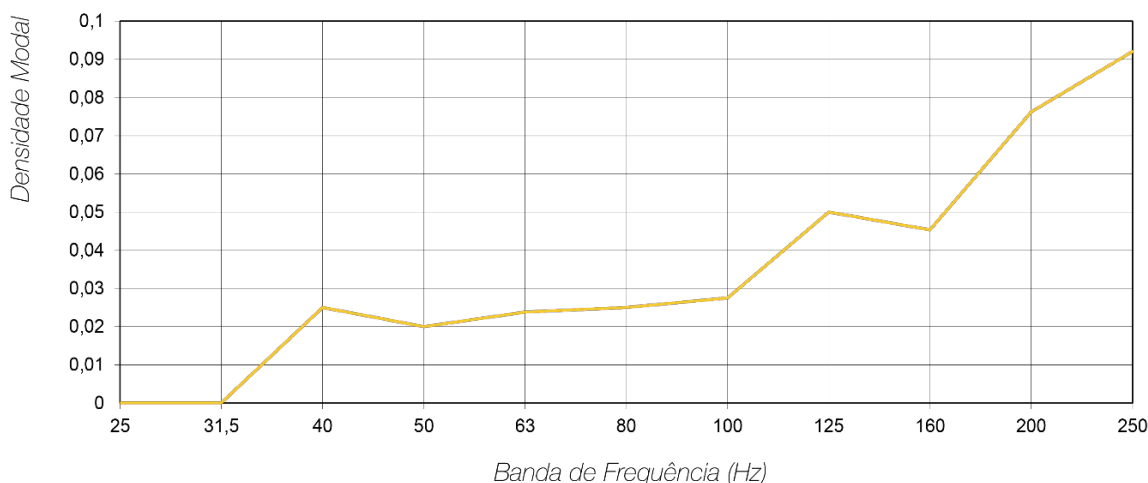


Figura 98 - Análise do objeto de estudo. Gráfico da densidade modal
Fonte: autoria própria (2020)

O número de modos aumenta de acordo com a frequência, com exceção nas bandas de frequência de 40Hz e 50Hz que se mantêm constante, ocasionando o pequeno decréscimo na curva de densidade modal, mas totalmente aceitável, segundo o primeiro critério de Bonello³⁷ (figura 99). Já no gráfico de modos por frequência, não há indicação da existência de dois modos coincidentes em uma banda de frequência, também atendendo aos critérios de Bonello (figura 100).

⑤ NÚMERO DE MODOS POR BANDA

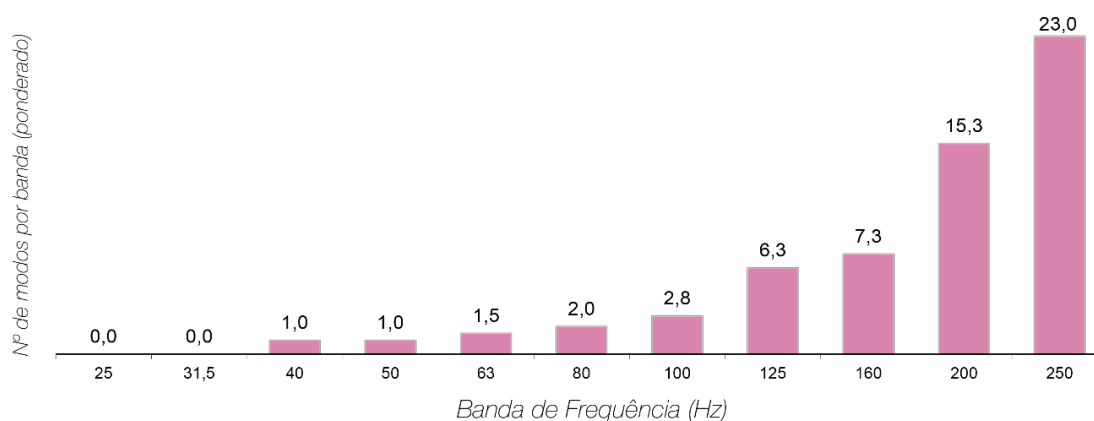


Figura 99 - Análise do objeto de estudo. Número de modos por banda
Fonte: autoria própria (2020)

³⁷ O número de modos por banda deve aumentar com a frequência. Na pior hipótese, pode-se manter constante, mas nunca diminuir com a frequência (VALLE, 2009).

⑥ NÚMERO DE MODOS POR FREQUÊNCIA

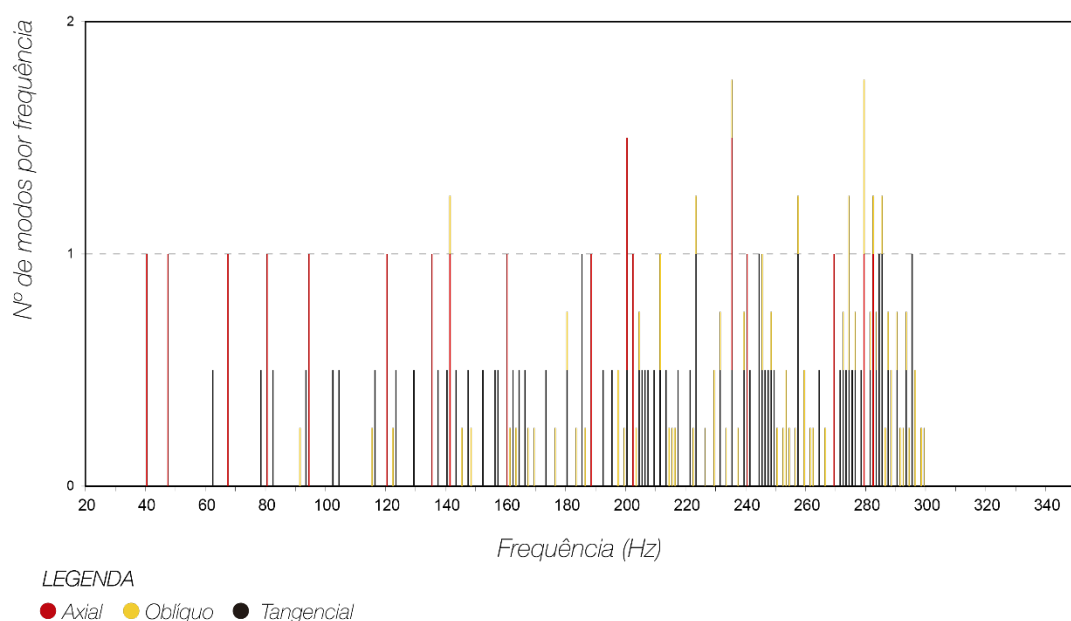


Figura 100 - Análise do objeto de estudo. Número de modos por frequência

Fonte: autoria própria (2020)

Após analisar a influência da relação entre as dimensões e geometria, ao mesmo tempo, compreender o comportamento e o impacto das ondas estacionárias e modos ressonantes na acústica da sala, foi necessário conhecer o tempo de reverberação. Como este está diretamente relacionado com a absorção acústica do local é preciso, primeiro, fazer um levantamento da ocupação da sala e dos materiais de revestimento, além dos seus respectivos coeficientes de absorção.

Considerando um cenário de um quarto totalmente desocupado, sem utilização qualquer, a situação do objeto de estudo será a seguinte: 34,20 metros quadrados de parede de alvenaria com reboco e pintura; 15,70 metros quadrados de piso porcelanato; 15,70 metros quadrados de gesso acartonado 25mm; 3,96 metros quadrados de porta de madeira maciça com pintura; e 2,40 metros quadrados de vidro simples 6mm (**figuras 101,102 e 103**).

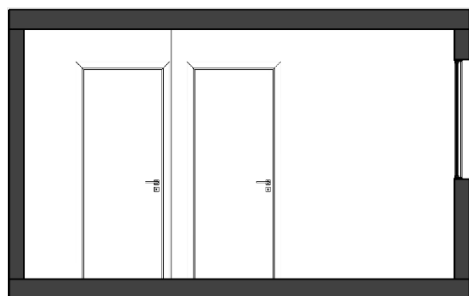
7 VISTAS E MATERIAIS

PISO

Porcelanato = 15.70 m²

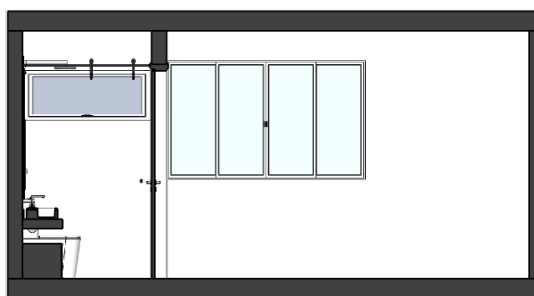
TETO

Gesso = 15.70 m²



ELEVAÇÃO A

Parede = 7.01 m²
Porta de madeira = 3.96 m²



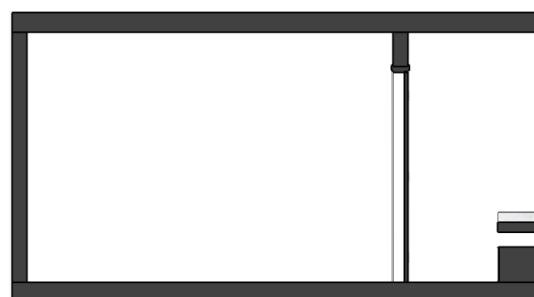
ELEVAÇÃO B

Parede = 6.91 m²
Vidro = 2.40 m²



ELEVAÇÃO C

Parede = 10.97 m²



ELEVAÇÃO D

Parede = 9.31 m²

Figura 101 - Análise do objeto de estudo. Vistas e materiais

Fonte: autoria própria (2020)

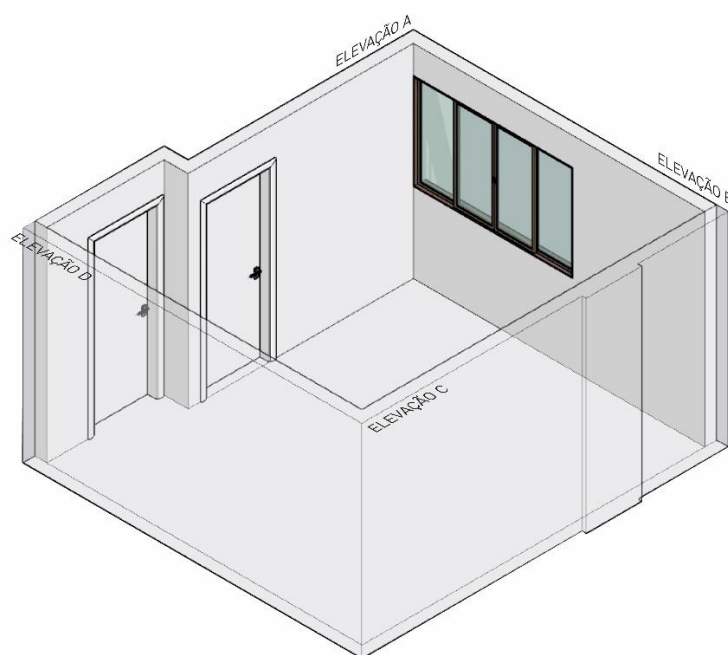


Figura 102 - Análise do objeto de estudo. Isométrica

Fonte: autoria própria (2020)

Com essas informações associadas ao coeficiente de absorção de cada material, é possível determinar a absorção total (A) através da soma de todas as absorções parciais. Os índices variam conforme a frequência, mas para fins de cálculos acústicos o padrão utilizado como referência é sempre o de 500 Hz (figura 102).

8 ABSORÇÃO TOTAL (A)

<i>Materiais</i>	<i>Frequências (Hz)</i>					
	<i>125</i>	<i>250</i>	<i>500</i>	<i>1000</i>	<i>2000</i>	<i>4000</i>
<i>Piso porcelanato</i>	<i>0,01</i>	<i>0,01</i>	<i>0,01</i>	<i>0,02</i>	<i>0,02</i>	<i>0,02</i>
<i>Área = 15.70 m²</i>	<i>0,16</i>	<i>0,16</i>	<i>0,16</i>	<i>0,31</i>	<i>0,31</i>	<i>0,31</i>
<i>Placa de gesso acartonado 25mm</i>	<i>0,29</i>	<i>0,10</i>	<i>0,05</i>	<i>0,04</i>	<i>0,07</i>	<i>0,09</i>
<i>Área = 15.70 m²</i>	<i>4,55</i>	<i>1,57</i>	<i>0,79</i>	<i>0,63</i>	<i>1,10</i>	<i>1,41</i>
<i>Parede de alvenaria com reboco e pintura</i>	<i>0,02</i>	<i>0,02</i>	<i>0,02</i>	<i>0,02</i>	<i>0,02</i>	<i>0,02</i>
<i>Área = 34.20 m²</i>	<i>0,68</i>	<i>0,68</i>	<i>0,68</i>	<i>0,68</i>	<i>0,68</i>	<i>0,68</i>
<i>Porta de madeira maciça com pintura</i>	<i>0,14</i>	<i>0,10</i>	<i>0,06</i>	<i>0,08</i>	<i>0,10</i>	<i>0,10</i>
<i>Área = 3.96 m²</i>	<i>0,55</i>	<i>0,40</i>	<i>0,24</i>	<i>0,32</i>	<i>0,40</i>	<i>0,40</i>
<i>Painel de vidro simples 6mm</i>	<i>0,10</i>	<i>0,06</i>	<i>0,04</i>	<i>0,03</i>	<i>0,02</i>	<i>0,02</i>
<i>Área = 2.40 m²</i>	<i>0,24</i>	<i>0,14</i>	<i>0,10</i>	<i>0,07</i>	<i>0,05</i>	<i>0,05</i>
<i>Pessoas</i>	<i>0,28</i>	<i>0,37</i>	<i>0,42</i>	<i>0,46</i>	<i>0,51</i>	<i>0,50</i>
<i>Número = 01</i>	<i>0,28</i>	<i>0,37</i>	<i>0,42</i>	<i>0,46</i>	<i>0,51</i>	<i>0,50</i>
<i>Ar</i>					<i>0,09</i>	<i>0,27</i>
ABSORÇÃO TOTAL (A)	6,47	3,32	2,38	2,47	3,14	3,62

Figura 103 - Análise do objeto de estudo. Absorção total

Fonte: autoria própria (2020)

O índice médio de absorção total (\bar{a}) é obtido pela divisão do valor da absorção total (A) pela superfície total (S) indicando a situação da reverberação no local: acima de 40% significam salas mortas; de 40% a 20% salas médias; e abaixo de 20% significam salas vivas. A análise do quarto escolhido como objeto de estudo aponta um índice médio de absorção total (\bar{a}) de 3% na frequência de 500 Hz, ou seja, é um ambiente “muito vivo” (figura 104).

Também foi calculado o índice médio de absorção (\bar{a}) para cada elevação do ambiente. Para tal, o cálculo considerou como superfície total somente a área da face dividindo a soma dos coeficientes de absorção³⁸ dos materiais presentes nela.

³⁸ Para este cálculo, somente os coeficientes de absorção da faixa de frequência de 500 Hz foram considerados.

9 ÍNDICE MÉDIO DE ABSORÇÃO TOTAL (\bar{a})

Superfície Total (S)						Área = 71.94 m
						Frequências (Hz)
						125 250 500 1000 2000 4000
						0,09 0,05 0,03 0,03 0,04 0,05
						9% 5% 3% 3% 3% 3%
SITUAÇÃO: <i>Muito viva</i>						
<i>Piso</i>	<i>Teto</i>	<i>Elevação A</i>	<i>Elevação B</i>	<i>Elevação C</i>	<i>Elevação D</i>	
$\bar{a} = 0,01$	$\bar{a} = 0,05$	$\bar{a} = 0,03$	$\bar{a} = 0,02$	$\bar{a} = 0,02$	$\bar{a} = 0,02$	

Figura 104 - Análise do objeto de estudo. Índice médio de absorção total

Fonte: autoria própria (2020)

A partir deste momento é possível determinar com maior precisão o tempo de reverberação (RT_{60}) no quarto que abrigará o *home studio*. O gráfico abaixo demonstra uma variação nos valores do tempo de reverberação conforme a frequência, fato justificado pela sua relação direta com os índices de absorção no local.

Além disso, existem duas linhas de cores distintas: a vermelha representa o RT_{60} calculado sob a fórmula de Sabine, enquanto a verde representa o RT_{60} da fórmula de Eyring³⁹. Para os cálculos acústicos, por se tratar de um ambiente de tamanho reduzido, será adotado o tempo da frequência de 500 Hz da fórmula de Sabine, ou seja: 2,69 segundos (figura 105).

³⁹ Os tempos calculados pela fórmula de Eyring apresentam uma correção nos valores, necessário quando é preciso calcular o tempo de reverberação de ambientes com grandes dimensões. Como não é o caso desse home studio, a fórmula de Sabine atende ao propósito sem apresentar erro.

10 TEMPO DE REVERBERAÇÃO (RT₆₀)

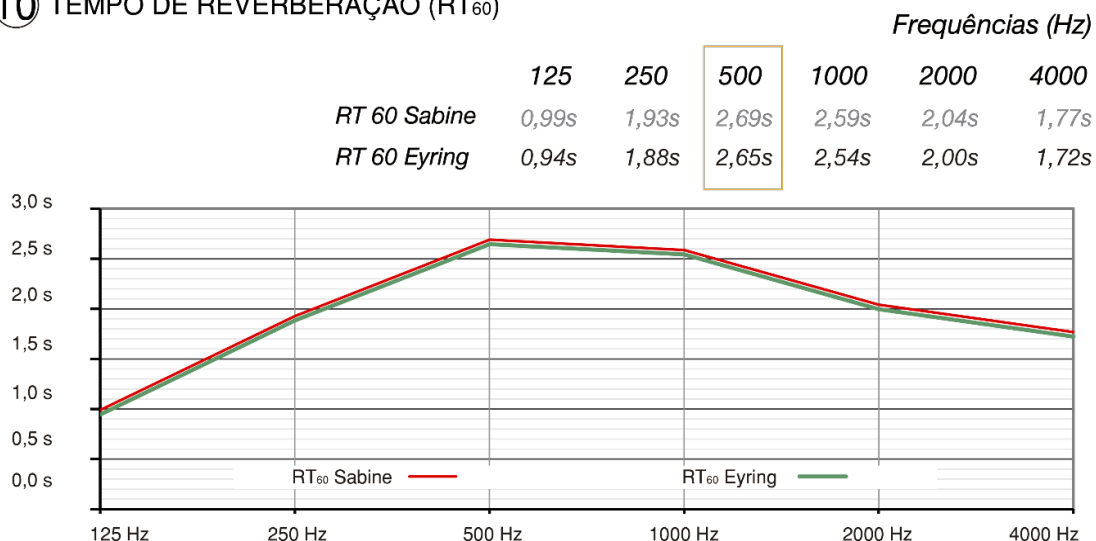


Figura 105 - Análise do objeto de estudo. Tempo de reverberação

Fonte: autoria própria (2020)

Por ser um quarto destinado à utilização de *home studio* e possuir dimensões relativamente reduzidas, o tempo de reverberação de 2,69 segundos está demasiadamente inadequado. O gráfico abaixo indica que o tempo atual do quarto está mais de 2 segundos acima do tempo ideal para um ambiente com o volume de 40 metros cúbicos, valor considerável quando se trata de reverberação (figura 106).

11 TEMPO DE REVERBERAÇÃO IDEAL

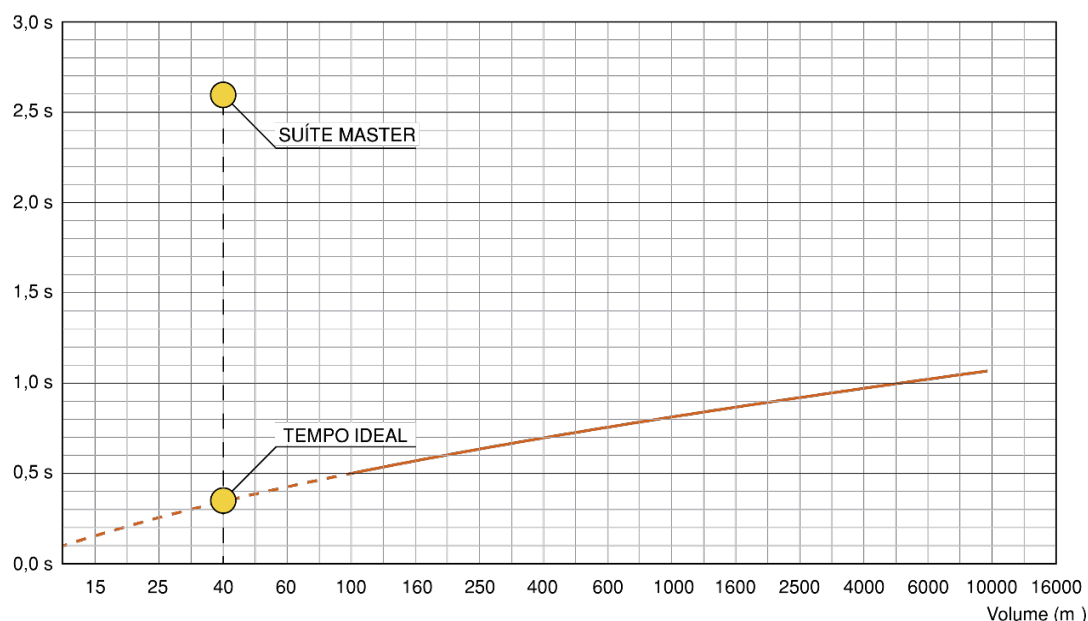


Figura 106 - Análise do objeto de estudo. Tempo de reverberação ideal

Fonte: autoria própria (2020)

Com o tempo de reverberação do quarto escolhido é possível, também identificar a coloração produzida pela variação do tempo conforme a faixa de frequência. O ponto central, ou seja, a variação do RT_{60} de 100% é sempre o tempo de reverberação da frequência de 500 Hz. A partir desse valor é mensurado o acréscimo ou decréscimo em porcentagem da variação das demais faixas de frequência.

No objeto de estudo analisado, o tempo de reverberação de 500 Hz é de 2,69 segundos, indicado no ponto de variação 100%. Nas frequências agudas há um decréscimo relativamente proporcional em relação a esse valor, com as frequências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz posicionadas nos pontos de 95%, 75% e 65%. Contudo, o gráfico mostra que esses valores representam uma sonoridade abafada para a faixa de agudos, com o índice para frequência de 2000 Hz tido como inaceitável (**figura 107**).

Nas frequências graves também há um decréscimo em relação ao valor de referência, contudo a situação é mais desfavorável, pois existe uma redução brusca, com frequências de 250 Hz e 125 Hz posicionadas, respectivamente, nos pontos de 71% e 35%; ambos apontados como índices inaceitáveis para a faixa de frequência dos graves (**figura 107**).

12 COLORAÇÃO

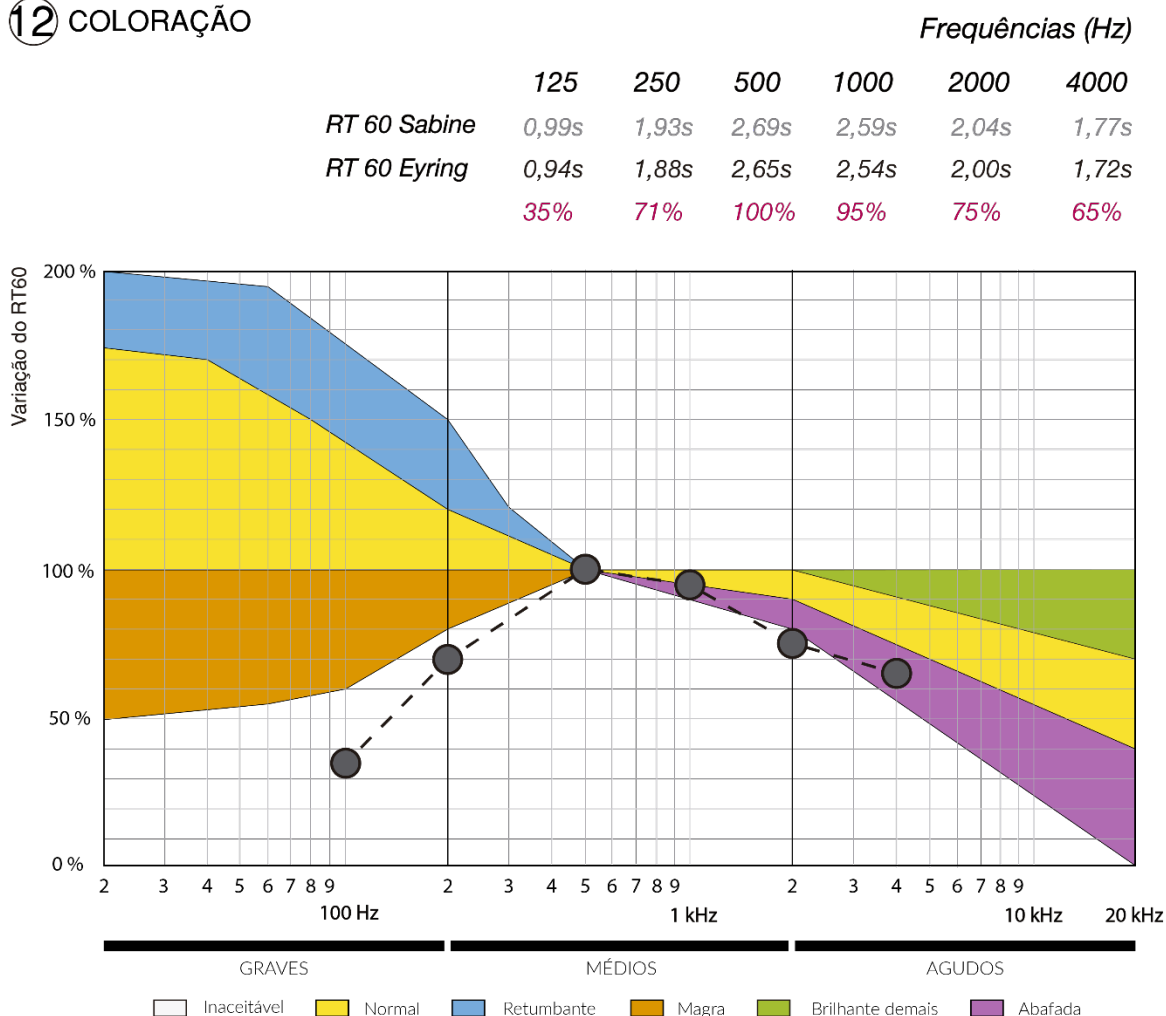


Figura 107 - Análise do objeto de estudo. Coloração

Fonte: autoria própria (2020)

Entretanto, a análise da coloração de acordo com a variação do tempo de reverberação pouco vale quando o RT_{60} de 500 Hz está totalmente inadequado com o tempo ideal sugerido para a futura utilização do local, neste caso, um *home studio*.

5.3 ETAPA 03: ISOLAMENTO ACÚSTICO

Qualquer tipo de som que seja irritante, distrativo ou indesejado é considerado como ruído; até mesmo na música, se ocorrido em lugar ou momento errado. Por essa razão, o isolamento acústico deve ser a primeira etapa de qualquer tratamento acústico, visto que é necessário garantir a correção de problemas de transmissão sonora entre ambientes: seja por transmissão aérea ou impacto estrutural.

Uma vez que toda a lógica de isolamento acústico é pautada na relação entre no mínimo duas referências - sendo elas representados por dois ambientes diferentes ou dois momentos distintos de um mesmo local-, é necessário mensurar, primeiramente, a situação inicial do ruído sonoro no ambiente selecionado. Assim, conseguiremos verificar quais as necessidades para o projeto de isolamento e, também, a sua eficácia após implantado.

Com a utilização do diagrama de perda de transmissão entre áreas (**figura 108**) em conjunto com uma tabela com índices de isolamento acústico por material⁴⁰ é possível determinar o quanto cada parede, piso e teto impedem a transmissão sonora⁴¹.

As seguintes análises foram feitas levando em consideração a singularidade de cada plano do ambiente, de forma a simplificar e facilitar o entendimento dos cálculos, como também, achar os seus pontos fracos que prejudicam esse primeiro critério do processo de tratamento acústico.

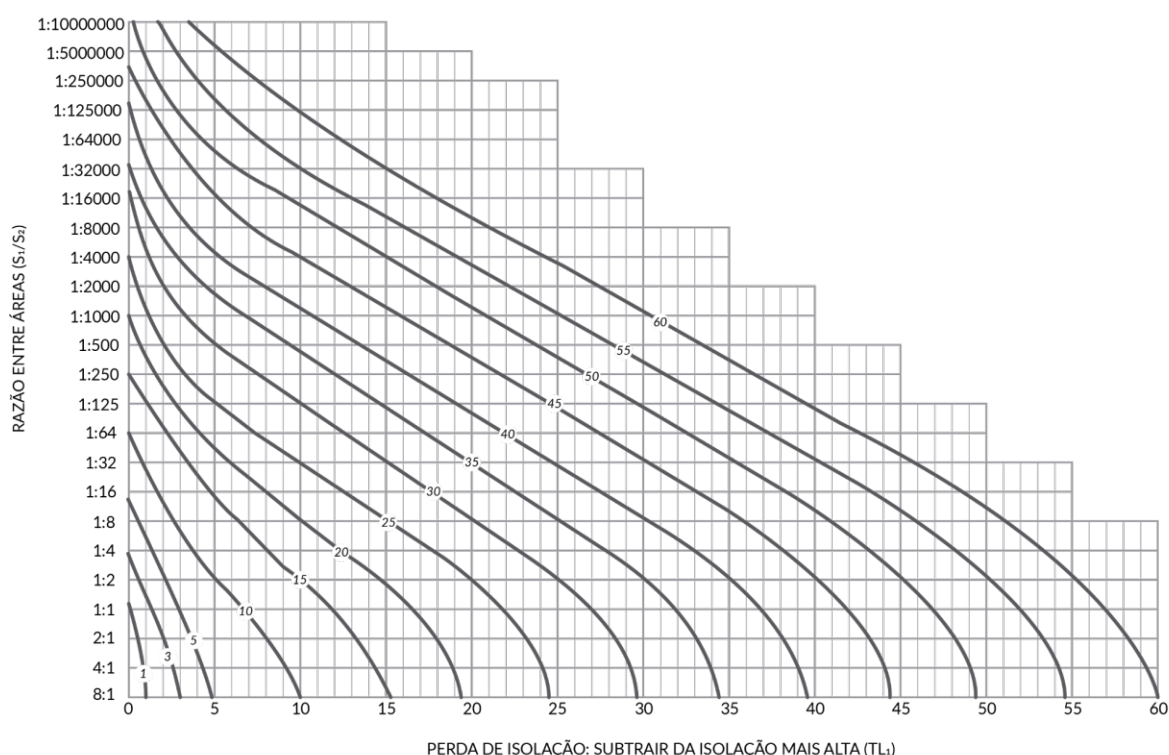


Figura 108 - Diagrama de perda de transmissão entre áreas

Fonte: adaptado de Valle (2009)

Iniciando pela elevação A (**figura 109**), o primeiro passo foi fazer a relação entre as diferentes áreas. Logo, a proporção entre a área da parede (7,01 m²) e a área da

⁴⁰ Tabelas encontradas em Carvalho (2010), páginas 57 a 60.

⁴¹ Os índices de isolamento acústico (IA) são referentes a frequência de 500 Hz.

porta (3,96 m²) é de 1:2. Em seguida, a identificação na tabela do índice de isolamento acústico de cada material na elevação: parede de alvenaria (49 dB) e porta de madeira (15 dB). Assim, foi possível obter a diferença entre eles, apenas subtraindo ambos os dados de maneira simples, chegando no resultado de 34 dB.

O diagrama de perda de transmissão entre áreas relaciona justamente essas duas informações para indicar o nível de isolamento acústico da parede analisada. Traçando uma linha da relação entre áreas até a curva da diferença de *transmission loss* (TL)⁴² será encontrado o valor de 30 dB, que é a perda em relação a isolação da parede. Ou seja, em uma parede de 49 dB com duas portas de 15 dB ocupando 1/2 de sua área, fica com uma TL de 49 – 30 = 19 dB.

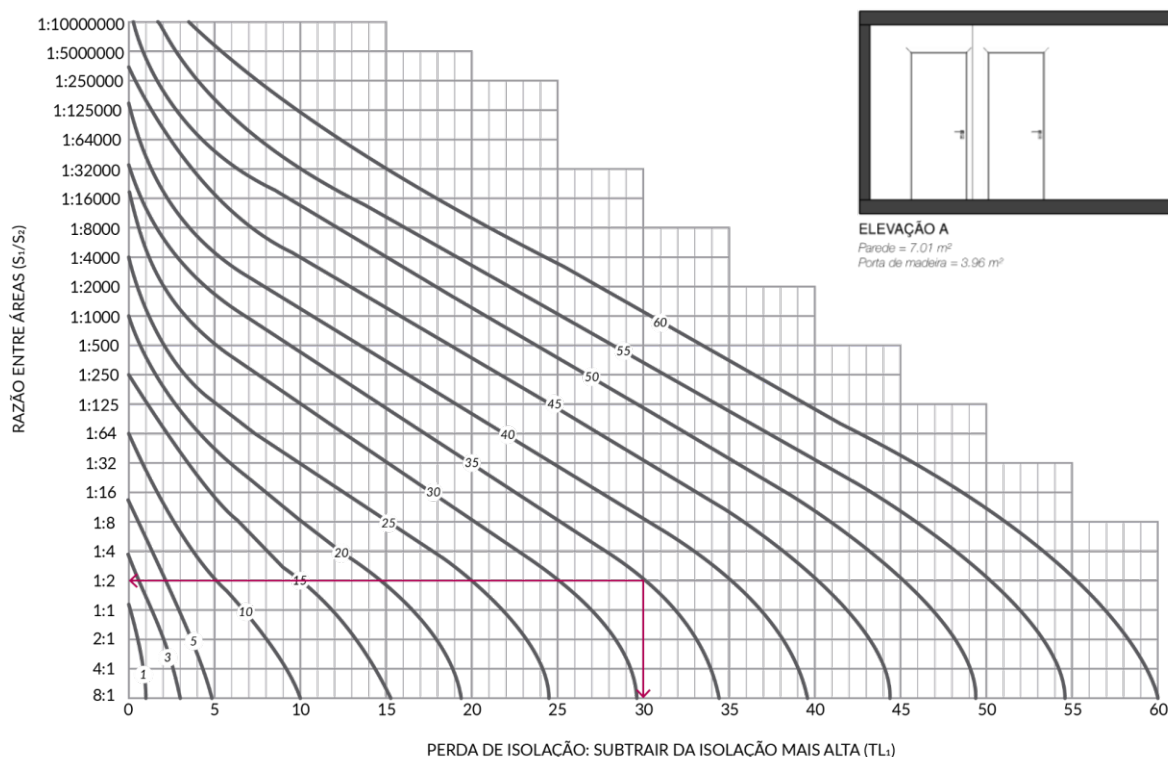


Figura 109 - Diagrama de perda de transmissão entre áreas (Elevação A)

Fonte: autoria própria (2021)

O mesmo será feito na elevação B (**figura 110**). A proporção entre a área da parede (6,91 m²) e a área da janela (2,40 m²) é de 1:3. O índice de isolamento acústico de cada material são os seguintes: parede de alvenaria (49 dB) e janela simples de vidro (20 dB). Subtraindo os dois valores o resultado é de 29 dB. Traçando uma linha da

⁴² O índice de isolamento acústico (IA) e o índice de *transmission loss* (TL) são informações equivalentes sobre o material.

relação entre áreas até a curva da diferença de *transmission loss* (TL) será encontrado o valor de 24 dB, que é a perda em relação a isolamento da parede. Logo, a TL dessa elevação é de $49 - 24 = 25$ dB.

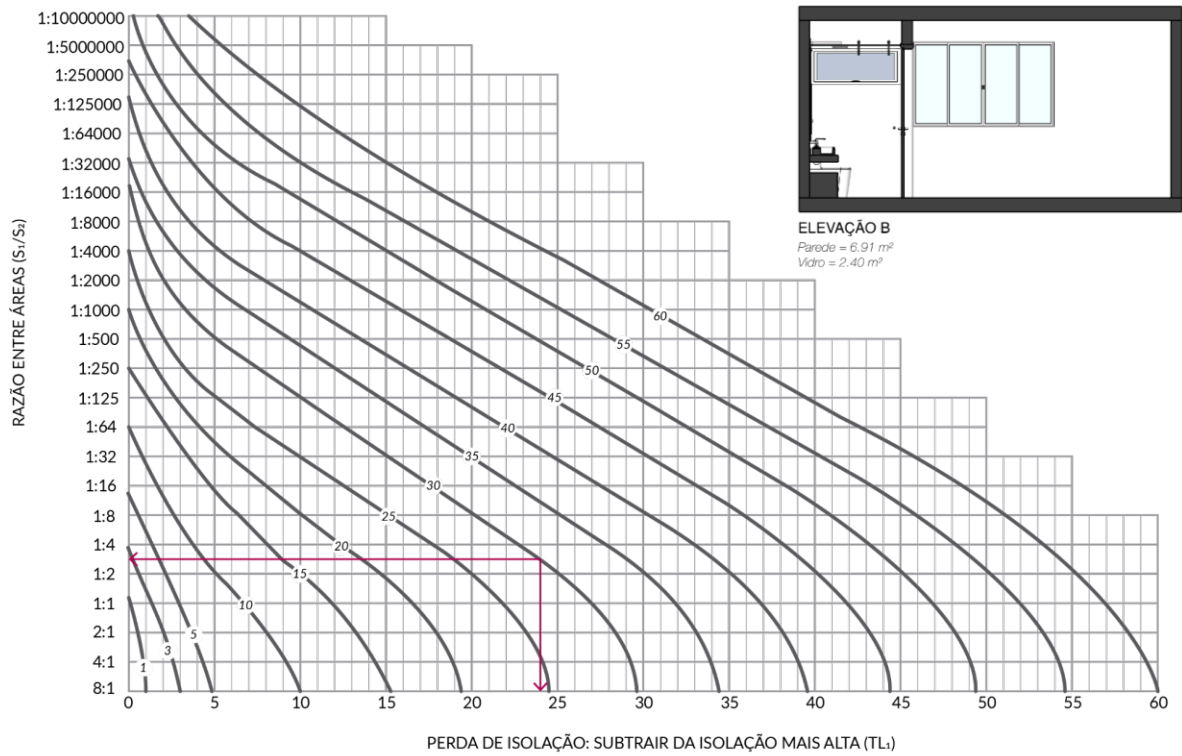


Figura 110 - Diagrama de perda de transmissão entre áreas (Elevação B)

Fonte: autoria própria (2021)

Nas demais elevações (C e D), teto e piso, por disporem de apenas um elemento e um índice de isolamento, não é necessário realizar o processo do gráfico, o qual é requisitado apenas quando existem diferentes materiais com diferentes índices de isolamento acústico. Logo, as elevações D são paredes alvenaria com isolamento acústico de 49 dB, enquanto o piso e o teto ambos são lajes de concreto rebocadas e isolamento acústico de 50 dB.

Elevação	Transmission Loss (TL)
A	19 dB
B	25 dB
C	49 dB
D	49 dB
Piso	50 dB
Teto	50 dB

Tabela 9 - Situação do isolamento acústico no ambiente (antes do tratamento)

Fonte: autoria própria (2021)

A partir do levantamento da situação inicial do ambiente foi possível identificar a existência de, ao menos, dois pontos fracos no isolamento: nas elevações A e B. Contudo, apesar das demais elevações estarem com um desempenho acústico admissível, a execução do isolamento acústico em todo o estúdio é extremamente necessária, pois não é somente a transmissão área que propaga ruído. A transmissão mecânica, ou de impacto, é a maior responsável por propagar sons a grandes distâncias nas edificações.

Por se tratar de um ambiente relativamente pequeno em um apartamento residencial e almejar a melhor qualidade para o tratamento acústico final, será imprescindível a adoção de duas diretrizes relacionadas ao diagrama Bolt Beranek & Newman e ao sistema construtivo.

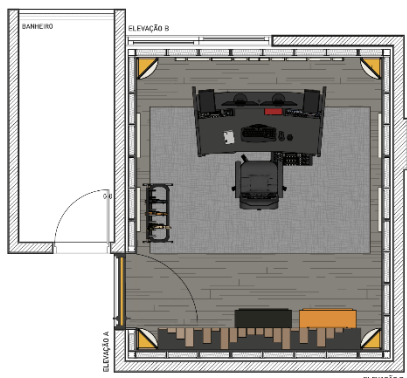
A primeira, relacionada ao diagrama de Bolt Beranek & Newman, é definir a melhor relação entre as novas medidas internas para que este ambiente seja enquadrado dentro da zona de excelência (DBN Ótimo), conferindo a melhor situação acústica inicial antes da etapa de condicionamento por possuir um melhor comportamento dos modos axiais, tangenciais e oblíquos, como é possível conferir nos gráficos abaixo.⁴³ As novas medidas, encontradas nessa condição, são de: 3,35 m de largura (x), 4,00 m de comprimento (y) e 2,60 m de altura (z) (**figura 111**);

⁴³ O rearranjo do espaço segundo as medidas encontradas no diagrama de Bolt Beranek & Newman necessitará da remoção do forro original do ambiente.

1 MEDIDAS

Altura: 2.60 m
Largura: 3.35 m
Comprimento: 4.00 m

Volume: 34,84 m³
Área Total: 65,02 m²



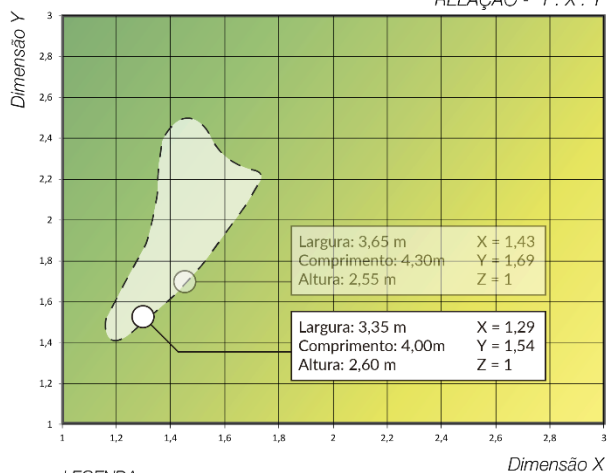
PLANTA BAIXA HOME STUDIO
APARTAMENTO 03 - EDIFÍCIO "S"

ESCALA GRÁFICA

0m 1m 2m 5m

2 DIAGRAMA DE BOLT BERANEK & NEWMAN

RELAÇÃO - 1 : X : Y



LEGENDA

Zona ideal do Diagrama Ambiente analisado

Figura 111 - Análise do objeto de estudo. Medidas e diagramas de Bolt Beranek & Newman (Reajuste)
Fonte: autoria própria (2021)

A segunda, com relação à parte construtivo do isolamento acústico, é que será utilizado o sistema de adaptação do sistema *box-in-a-box*, criando uma “caixa” dentro da outra utilizando o isolamento ponto a ponto; pois, além do maior aproveitamento do espaço físico, evita o sobrepeso evita o sobrepeso na estrutura da edificação, de forma a atender as novas medidas e proporções impostas pelo diagrama de Bolt Beranek & Newman com maior facilidade.

Para isso, será utilizado o *drywall* nas paredes e teto, pois, além de atender os dois critérios acima, é disposto segundo o princípio da massa-mola-massa, que consegue conferir altos índices de isolamento acústico para a estrutura empregada, sem a necessidade de dobrar um material em específico, como já explicado anteriormente.

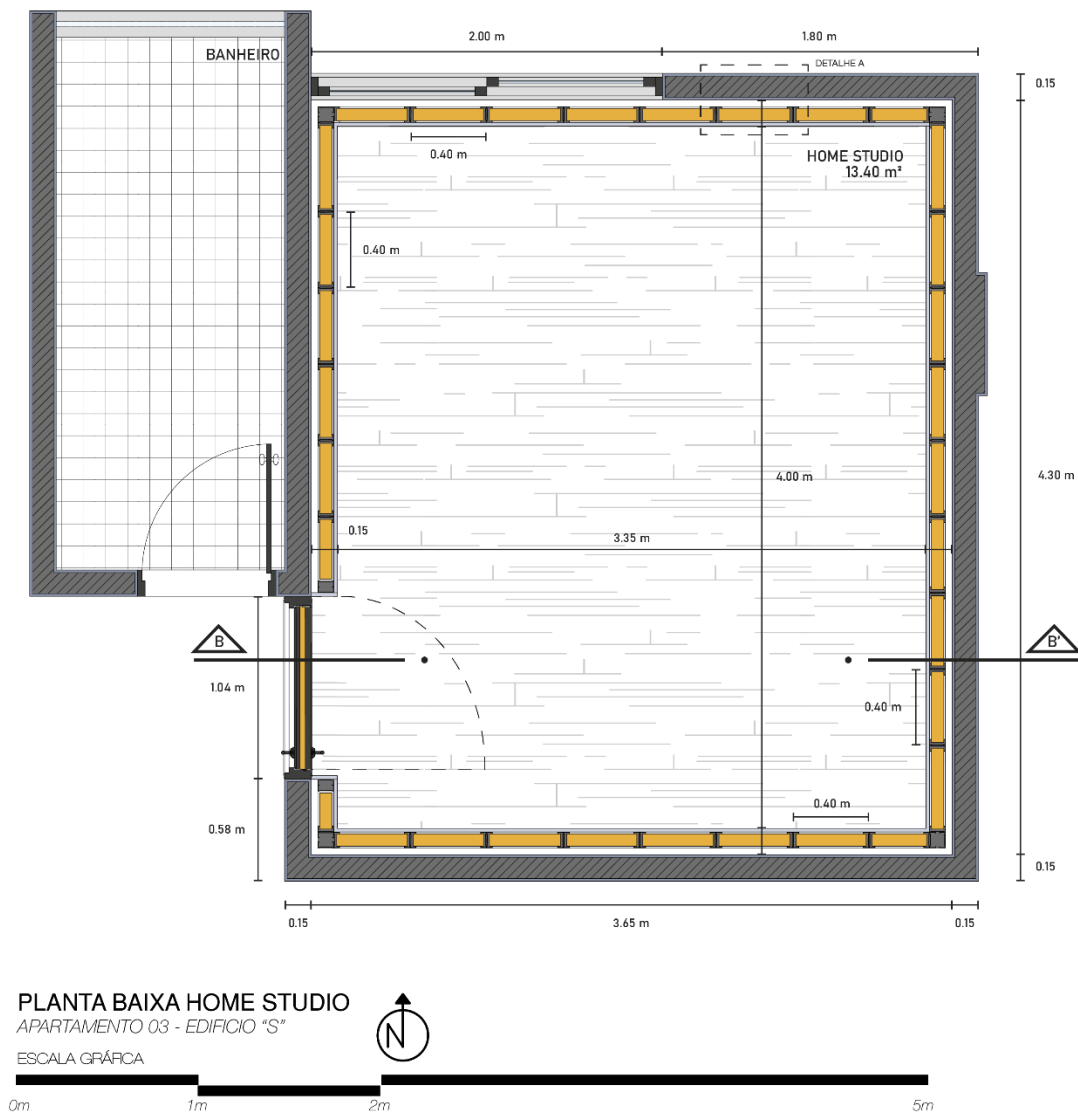


Figura 112 - Planta baixa. Proposta para o Isolamento Acústico (Reajuste das dimensões)
 Fonte: autoria própria (2021)

A planta baixa (figura 112) demonstra a proposta inicial para o isolamento acústico do futuro home studio, seguindo as duas diretrizes projetuais definidas no parágrafo acima. Além da redução do espaço físico⁴⁴, é possível perceber outras mudanças no *layout* do ambiente, tais como: mudança da porta de acesso ao banheiro; e obstrução da janela”. Ambas são justificadas pela necessidade de retirar as aberturas que não são de extrema necessidade para o novo uso e pelas quais são mais prováveis o vazamento sonoro (interno ou externo)⁴⁵.

⁴⁴ As novas superfícies não podem estar em contato direto com a estrutura original, necessitando de um afastamento entre elas para obter o efeito de massa-mola-massa.

⁴⁵ Se uma parede possui um elemento fraco, o TL geral da elevação será mais próximo de tal elemento (METHA, 1999)

5.3.1 Paredes em Sistema *Drywall*

Uma vez definido o sistema construtivo a ser adotado, é necessário conhecer as exigências das normas técnicas da ABNT NBR 15.575-4:2013, para determinar qual o nível mínimo de isolamento acústico que as novas estruturas precisarão atender de acordo com o tipo de ambiente ao qual as suas paredes estão interligadas.

Isolamento Acústico - Relação entre tipologia de parede e valor mínimo de exigência				
Item	Elemento	Desempenho		
		Mínimo	Médio	Máximo
A	Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação, nas situações onde não haja ambiente dormitório.	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB
B	Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB
C	Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria de pavimentos.	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB
D	Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	≥ 30 dB	≥ 35 dB	≥ 40 dB
E	Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência entre pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB
F	Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall.	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB

Obs: Os valores em negrito são normativos (obrigatórios) e os demais informativos

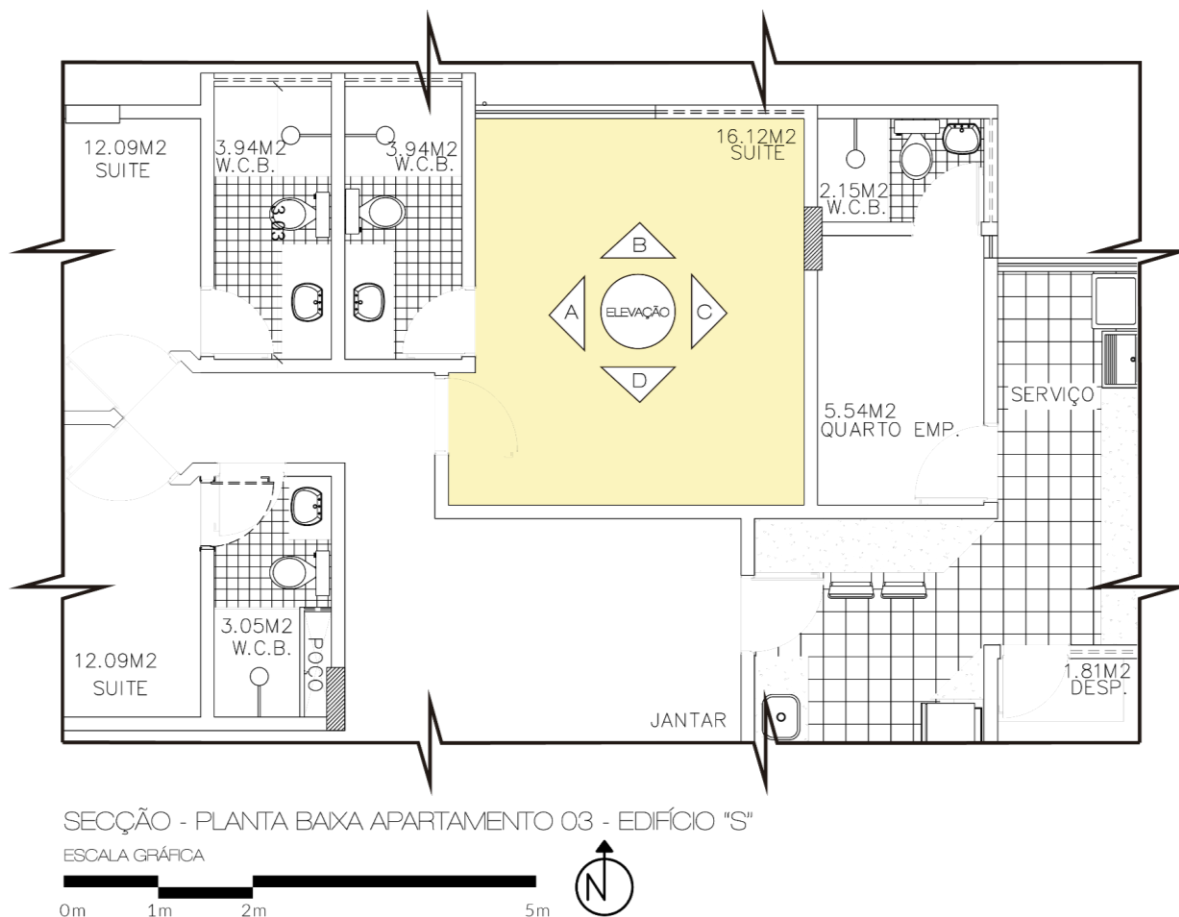
Tabela 10 - Relação entre tipologia de parede e valor mínimo de exigência para isolamento

Fonte: adaptado de DE LUCA (2015)

Dentre todos os itens abordados na tabela 08, os itens A, B, D e E são os que mais se aproximam da situação arquitetônica de cada parede do ambiente selecionado para a adaptação do *home studio*.

Ao correlacionar os itens encontrados nas suas respectivas elevações, foi possível identificar quais estavam atendendo o mínimo exigido pela norma e, como já era esperado, as elevações A e B apresentaram um desempenho bem inferior ao ideal. Em

contrapartida, ambas as elevações C e D atenderam os valores mínimos exigidos, aproximando-se do critério de desempenho médio ou intermediário (figura 113).



	DESEMPENHO			STATUS
	MIN.	MED.	MÁX.	
ELEVAÇÃO A - 19 dB ITEM A - Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall.	40 dB	45 dB	50 dB	Inadequado
ELEVAÇÃO B - 25 dB ITEM D - Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.	30 dB	35 dB	40 dB	Inadequado
ELEVAÇÃO C - 49 dB ITEM B - Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	45 dB	50 dB	55 dB	Adequado
ELEVAÇÃO D - 49 dB ITEM E - Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência entre pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	45 dB	50 dB	55 dB	Adequado

Figura 113 - Averiguação do desempenho das elevações quanto ao isolamento acústico
 Fonte: autoria própria (2021)

Devido às características tipológicas do ambiente, seria necessário atender um diferente nível de isolamento ao ruído aéreo de acordo com cada parede. Contudo, para atingir o melhor desempenho acústico e colaborar com a logística projetual arquitetônica, todas as superfícies do *home studio* serão equiparadas ao critério de maior valor, sendo

o item E, com a maior exigência para o nível de isolamento mínimo. Logo, todas as novas estruturas precisam isolar pelo menos 45 dB de ruído aéreo.

Esse fundamento favorece, também, a futura utilização do espaço, que por se tratar de um home studio, é sempre bom ter uma folga no critério de isolamento acústico, permitindo que o usuário exerça suas atividades com maior liberdade e em diferentes horários no dia.

Para a obtenção de maior precisão quanto aos índices de isolamento acústico, fora utilizado uma tabela contendo as especificações técnicas das paredes de *drywall* mais utilizadas no mercado, de forma a garantir que o modelo que seja escolhido para a implementação consiga atender o mínimo de atenuação necessária definida no projeto, segundo a norma da ABNT NBR 15.575-4:2013 (tabela 11).

Item	Paredes citadas na tabela 18	Corte da parede e designação	A = Distância entre montantes (mm)	Altura limite da parede (m)		Quantidade de chapas	Espessura das chapas (mm)	Isolamento acústico R_w (dB)		Resistência ao fogo (minutos)		Peso da parede (kg/m ²)																																																																																																						
				Montantes				Isolante		Chapas																																																																																																								
				Simples	Duplo			sem	com	ST ou RU	RF																																																																																																							
1	Item D	 73/48/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR	600	2,50	2,90	2	12,5	36dB	-	CF 30	CF 30	22																																																																																																						
			400	2,70	3,25								2	Item D	 73/48/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	2,50	2,90	2	12,5	-	44dB	CF 30	CF 30	23	400	2,70	3,25	3	Itens A, B, C, D, E e F	 98/48/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,50	4	12,5	-	50dB	CF 60	CF 90	43	400	3,20	3,80	4	Item D	 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR	600	3,00	3,60	2	12,5	38dB	-	CF 30	CF 30	22	400	3,30	4,05	5	Itens A, C, D e F	 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,00	3,60	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	23	400	3,30	4,05	6	Itens A, B, C, D, E e F	 120/70/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	3,70	4,40	4	12,5	-	51dB	CF 60	CF 90	43	400	4,10	4,80	7	Itens A, C, D e F	 115/90/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,50	4,15	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	22	400	3,85	4,60	8	Itens, A, B, C, D, E e F	 193/70/A/MS/DES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,40
2	Item D	 73/48/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	2,50	2,90	2	12,5	-	44dB	CF 30	CF 30	23																																																																																																						
			400	2,70	3,25								3	Itens A, B, C, D, E e F	 98/48/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,50	4	12,5	-	50dB	CF 60	CF 90	43	400	3,20	3,80	4	Item D	 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR	600	3,00	3,60	2	12,5	38dB	-	CF 30	CF 30	22	400	3,30	4,05	5	Itens A, C, D e F	 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,00	3,60	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	23	400	3,30	4,05	6	Itens A, B, C, D, E e F	 120/70/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	3,70	4,40	4	12,5	-	51dB	CF 60	CF 90	43	400	4,10	4,80	7	Itens A, C, D e F	 115/90/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,50	4,15	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	22	400	3,85	4,60	8	Itens, A, B, C, D, E e F	 193/70/A/MS/DES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,40	4	12,5	-	61dB	CF 60	CF 90	45	400	3,20	3,70						
3	Itens A, B, C, D, E e F	 98/48/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,50	4	12,5	-	50dB	CF 60	CF 90	43																																																																																																						
			400	3,20	3,80								4	Item D	 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR	600	3,00	3,60	2	12,5	38dB	-	CF 30	CF 30	22	400	3,30	4,05	5	Itens A, C, D e F	 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,00	3,60	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	23	400	3,30	4,05	6	Itens A, B, C, D, E e F	 120/70/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	3,70	4,40	4	12,5	-	51dB	CF 60	CF 90	43	400	4,10	4,80	7	Itens A, C, D e F	 115/90/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,50	4,15	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	22	400	3,85	4,60	8	Itens, A, B, C, D, E e F	 193/70/A/MS/DES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,40	4	12,5	-	61dB	CF 60	CF 90	45	400	3,20	3,70																						
4	Item D	 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR	600	3,00	3,60	2	12,5	38dB	-	CF 30	CF 30	22																																																																																																						
			400	3,30	4,05								5	Itens A, C, D e F	 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,00	3,60	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	23	400	3,30	4,05	6	Itens A, B, C, D, E e F	 120/70/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	3,70	4,40	4	12,5	-	51dB	CF 60	CF 90	43	400	4,10	4,80	7	Itens A, C, D e F	 115/90/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,50	4,15	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	22	400	3,85	4,60	8	Itens, A, B, C, D, E e F	 193/70/A/MS/DES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,40	4	12,5	-	61dB	CF 60	CF 90	45	400	3,20	3,70																																						
5	Itens A, C, D e F	 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,00	3,60	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	23																																																																																																						
			400	3,30	4,05								6	Itens A, B, C, D, E e F	 120/70/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	3,70	4,40	4	12,5	-	51dB	CF 60	CF 90	43	400	4,10	4,80	7	Itens A, C, D e F	 115/90/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,50	4,15	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	22	400	3,85	4,60	8	Itens, A, B, C, D, E e F	 193/70/A/MS/DES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,40	4	12,5	-	61dB	CF 60	CF 90	45	400	3,20	3,70																																																						
6	Itens A, B, C, D, E e F	 120/70/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	3,70	4,40	4	12,5	-	51dB	CF 60	CF 90	43																																																																																																						
			400	4,10	4,80								7	Itens A, C, D e F	 115/90/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,50	4,15	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	22	400	3,85	4,60	8	Itens, A, B, C, D, E e F	 193/70/A/MS/DES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,40	4	12,5	-	61dB	CF 60	CF 90	45	400	3,20	3,70																																																																						
7	Itens A, C, D e F	 115/90/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,50	4,15	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	22																																																																																																						
			400	3,85	4,60								8	Itens, A, B, C, D, E e F	 193/70/A/MS/DES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,40	4	12,5	-	61dB	CF 60	CF 90	45	400	3,20	3,70																																																																																						
8	Itens, A, B, C, D, E e F	 193/70/A/MS/DES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,40	4	12,5	-	61dB	CF 60	CF 90	45																																																																																																						
			400	3,20	3,70																																																																																																													

Tabela 11 - Padrões de desempenho das paredes drywall mais comuns

Fonte: DE LUCA (2015)

O primeiro critério a ser observado é o nível de isolamento acústico de cada modelo; e com o intuito de garantir um isolamento superior ao mínimo necessário para o ambiente, foram destacados todos os tipos com valores acima de 45 dB, sendo eles: modelo 3 (50 dB); modelo 6 (51 dB); e modelo 8 (61 dB).

Contudo, por se tratar de uma adaptação em um cômodo relativamente pequeno - em comparação às proporções ideais para um estúdio de música -, o manejo do espaço físico deve ser feito de maneira prudente. Sendo assim, é inviável a instalação do modelo 8, apesar de ter o maior índice de isolamento, pois sua espessura total de 193 mm representaria uma perda significativa para as proporções do ambiente estudado, perdendo quase 20 centímetros de todos os lados, resultando em complicações para enquadrar na zona de excelência do diagrama de Bolt Beranek & Newman (DBN Ótimo).

O modelo 3 leva vantagem sobre o modelo 6, pois, apesar de ambos serem equivalentes em praticamente todos os aspectos, diferindo em apenas 1 dB de isolamento, ele demanda menos uso de espaço com uma espessura de 98 mm e deixa o ambiente com as proporções ideais para a zona de excelência (DBN Ótimo). Portanto, é a melhor escolha de modelo de *drywall* para o uso no projeto de isolamento acústico do *home studio*.

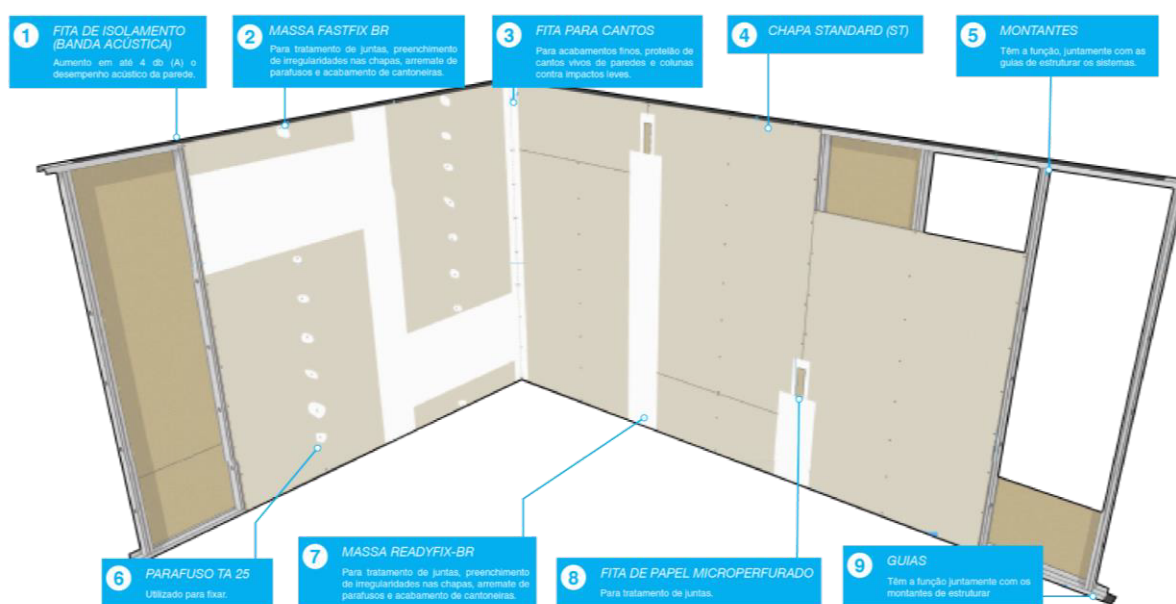


Figura 114 - Esquema gráfico. Instalação de parede flutuante em sistema *drywall*
Fonte: adaptado de KNAUF (2021)

3.3.2 Teto de Drywall

O teto e o piso não são os pontos fracos no isolamento do *home studio*, pois com 50 dB de *transmission loss* (TL) cada, atendem acima do nível mínimo de todos os itens de exigência da ABNT NBR 15.575-4:2013. Pelo menos quanto à transmissão aérea do ruído, porque quando se trata da transmissão mecânica, ou ruído de impacto, esses são os principais obstáculos de qualquer ambiente.

Nessa situação, é extremamente necessário fazer o isolamento completo, ponto a ponto, de forma a criar uma nova sala “flutuante” dentro do espaço físico original, garantindo a máxima proteção contra a natureza de qualquer vazamento sonoro.

Por esse motivo, o critério mais importante, e o primeiro a ser considerado, é o tamanho da espessura do *drywall*, uma vez que o pé direito final do ambiente deve estar contido entre 2,55 metros a 2,60 metros para que não comprometa as proporções ideais e situação acústica do ambiente, mantendo-se dentro da zona de excelência do diagrama de Bolt Beranek & Newman.

Contudo, é importante que a escolha do teto *drywall* deve contemplar as demais necessidades do projeto arquitetônico de forma mais ampla, não restrito somente à questão acústica, como também: conforto ambiental, absorção sonora e estética. Logo, dentre todos os diversos modelos existentes no mercado, os que mais se destacaram foram os painéis perfurados justamente por atender tais diretrizes.

Primeiro, quanto ao conforto ambiental, em resposta à necessidade do fechamento da única janela existente no layout original, se faz necessário a utilização de forro que melhore a qualidade do ar dentro do ambiente⁴⁶ (**figura 115**).

⁴⁶ Em poucas horas, as placas transformam partículas nocivas e odores em substâncias inofensivas, como água e CO₂. E agem 24 horas por dia, pois sua eficácia independe da luz solar, e não exigem manutenção

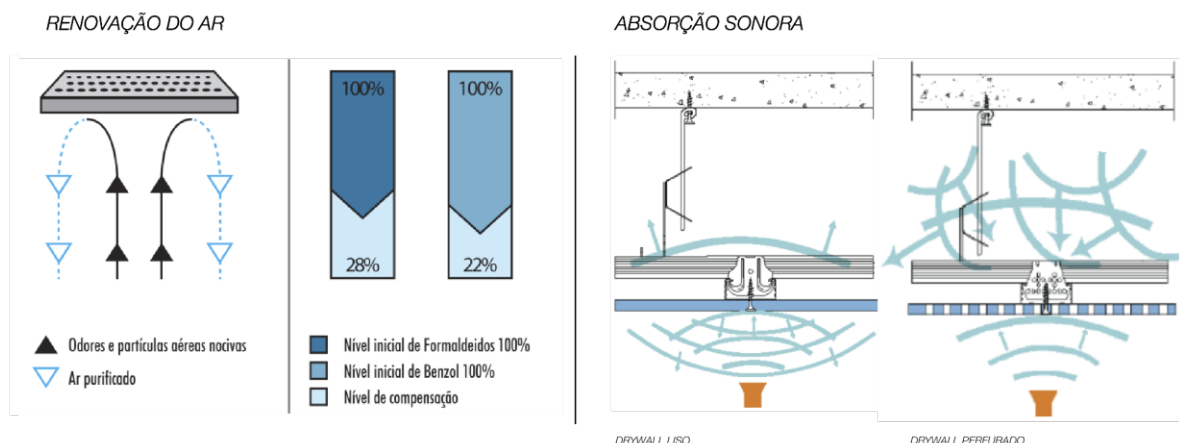


Figura 115 - Esquema gráfico. Funcionamento do painel drywall perfurado
 Fonte: adaptado de KNAUF (2020)

O elevado tempo de reverberação é um grande problema em ambientes reduzidos, como é o caso da maioria dos *home studios*, e a solução para esse defeito é ter uma sala mais “seca”. Entre todos os elementos de superfície dentro do ambiente, o teto tem a maior área livre para reflexão dos sons. Neste caso, além da função de distribuidor de pontos de instalações elétricas, iluminação e etc., o forro também precisa atuar como um absorvedor do ruído. A melhor escolha projetual continua sendo a utilização dos painéis perfurados, pois estes contribuem também para a absorção acústica, uma vez que permitem a passagem do som entre os orifícios fazendo com que a onda sonora perca energia ao ser interrompida⁴⁷. Dessa forma, auxilia no processo de condicionamento acústico além da atenuação dos ruídos sonoros no ambiente (**figura 115**).

A boa condição inicial do teto original quanto à atenuação do ruído sonoro permite a escolha do padrão do painel perfurado em função da estética, já que todos possuem a mesma espessura de chapa de 1,25 cm. Sendo assim, fora definido o painel perfurado retangular aleatório com utilização de lã mineral de 4 cm, totalizando 5 cm de espessura, com distância de 15 cm em relação a laje original, conferindo um TL de 55 dB e coeficiente de absorção de 0,60.

⁴⁷ Para que resulte no desempenho desejado, é preciso algumas outras considerações, como por exemplo, determinar a adição ou não da lã mineral e a distância entre o forro e a laje.

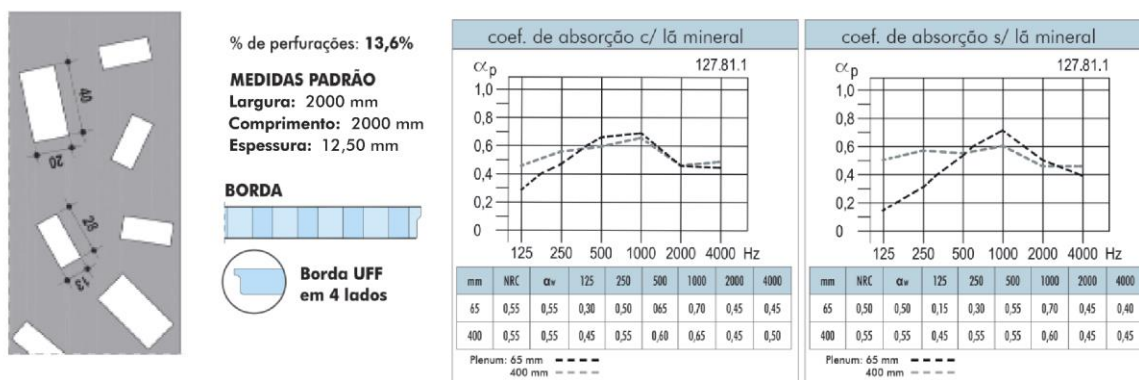


Figura 116 - Aspectos técnicos. Painel drywall perfurado (padrão aleatório)
 Fonte: KNAUF (2020)

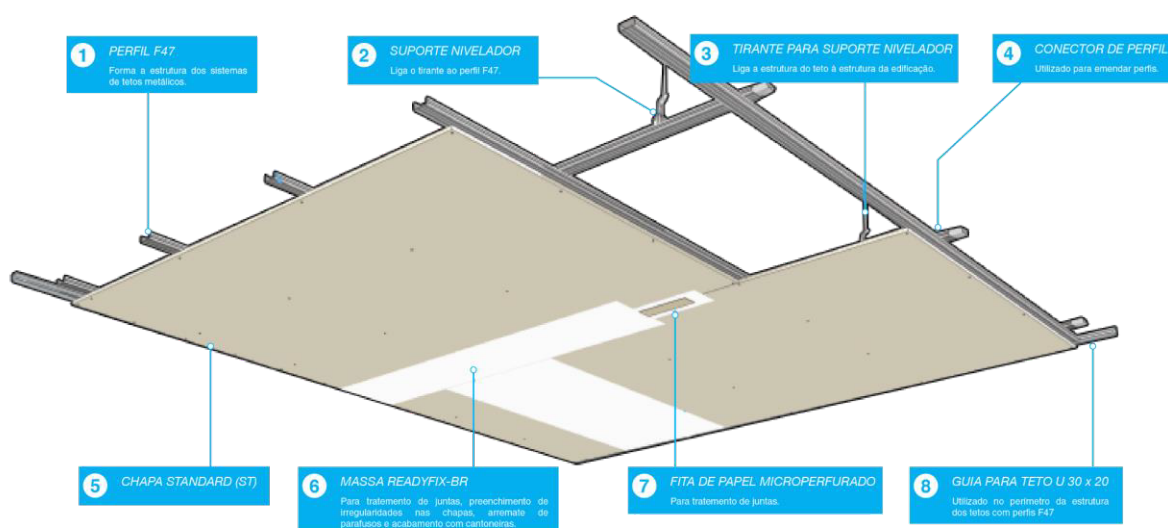


Figura 117 - Esquema gráfico. Instalação de teto flutuante em sistema drywall
 Fonte: adaptado de KNAUF (2021)

5.3.3 Piso em Manta Acústica

O método tradicional e mais comum para o isolamento do piso consiste em criar uma elevação através de uma estrutura em malha (madeira ou aço) na qual será apoiado o novo piso. Contudo, essa técnica exige alguns centímetros de espaço físico, que mesmo que pouco, em ambientes reduzidos, como é o caso desse home studio, podem prejudicar o comportamento das ondas e modos estacionários, e, conseqüentemente a acústica interna.

Visando manter as proporções ideais (DBN Ótimo) encontradas no diagrama de Bolt Beranek & Newman e também dar uma margem para melhor trabalhar com a instalação do teto flutuante, será utilizada a manta acústica.

Utilizada entre a laje e o contrapiso, a manta acústica é feita de material resiliente, apresentando alta resistência à compressão e permitindo uma execução com menor espessura. Sendo assim, é uma solução eficiente para atenuar os ruídos de impacto através do conceito massa-mola-massa.

Para o projeto será empregado a manta acústica de geometria ondulada de espessura 17/8 mm, cujo design reduz o contato da base vibratória com o restante da estrutura, atenuando em 27 dB o ruído de impacto e garantindo o amortecimento do sistema.

A grande vantagem, além da economia de espaço físico, é a liberdade de escolha do revestimento do piso de preferência, uma vez que a manta é inserida abaixo do contrapiso. Lembrando que é importante considerar as características acústicas de cada revestimento, principalmente na etapa posterior de condicionamento acústico, porém é sempre bom garantir uma vasta gama de opções.

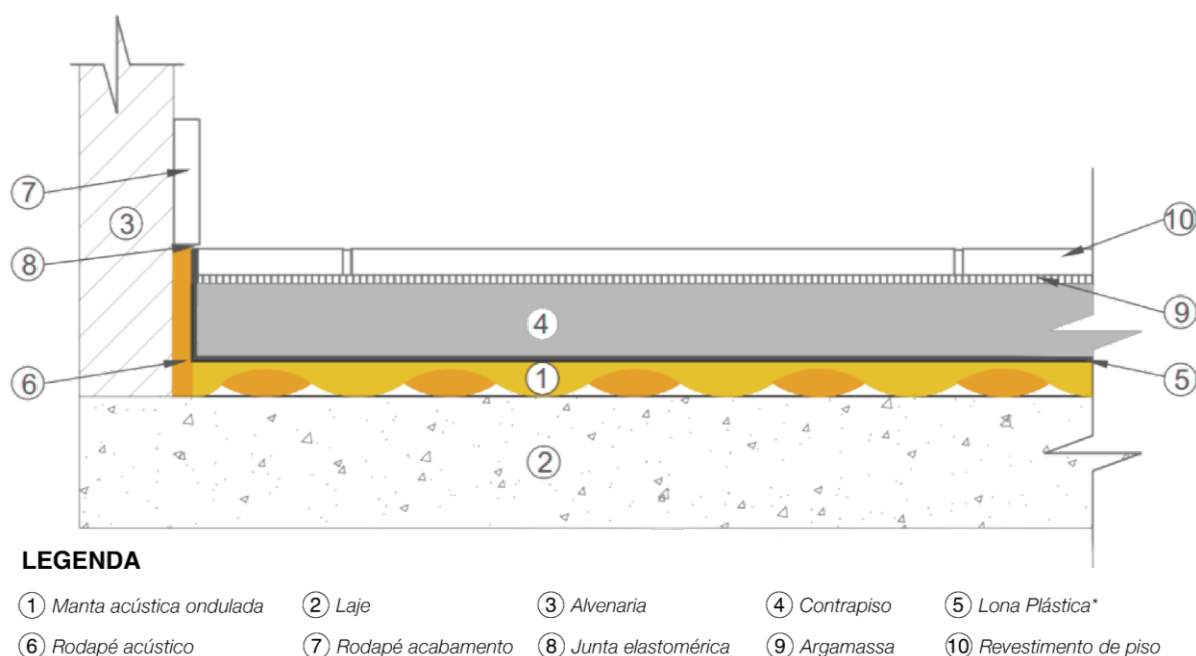


Figura 118 - Esquema gráfico. Instalação da manta acústica.

Fonte: Adaptado de AUBICON (2019)

3.3.4 Porta Acústica

A única comunicação entre ambientes interno e externo no home studio, não pode ser um ponto fraco no isolamento acústico. É comum que as aberturas, sejam janelas ou portas, prejudiquem o nível geral de TL da elevação em que se encontram, e pode ser explicado por duas razões: o material da qual é composta e problemas na vedação.

O segundo fator é de longe o mais grave, pois não importa se o melhor material acústico for empregado no isolamento, a existência de frestas, por menor que sejam, comprometem o seu desempenho, uma vez que o tem o TL igual a zero.

Um exemplo fácil de perceber é quando analisado o layout original do ambiente do home studio e comparado: a elevação (C), composta por somente alvenaria; a elevação (B), composta por alvenaria e janela de vidro; e a elevação (A), composta por alvenaria e duas portas de madeira.

A alvenaria pura, devido a densidade do seu material e espessura, possui um isolamento de 49 dB, o que garante o mínimo exigido pela norma e faz dela uma boa parede. Contudo, a presença de apenas uma janela de vidro na elevação B, reduz o isolamento geral de uma elevação para 25 dB, enquanto duas portas na mesma elevação decrescem o nível geral para 19 dB. Afetando em uma diferença de até 30 dB, uma variação exorbitante considerando o novo uso de *home studio*.

Com o intuito de evitar qualquer adversidade que possa comprometer o isolamento, foram removidas a porta de acesso ao banheiro e a janela, que foram julgadas como baixa necessidade para o propósito de *home studio*, sendo mantida apenas a porta de acesso ao ambiente.

Pelos motivos citados acima, é, portanto, recomendado que a porta acústica tenha o valor de perda de transmissão igual ou maior ao da elevação na qual se encontra, evitando, dessa forma, o decréscimo no índice de TL do conjunto⁴⁸. No caso presente, uma porta acústica com o isolamento de 50 dB ou mais.

⁴⁸ Quando o *transmission loss* (TL) do conjunto da elevação é superior ao TL mínimo exigido, a porta acústica poderá ser, também, igual ao valor mínimo. Dessa forma, apesar de haver um decréscimo no índice geral, este será, ainda sim, maior que o exigido pela norma.

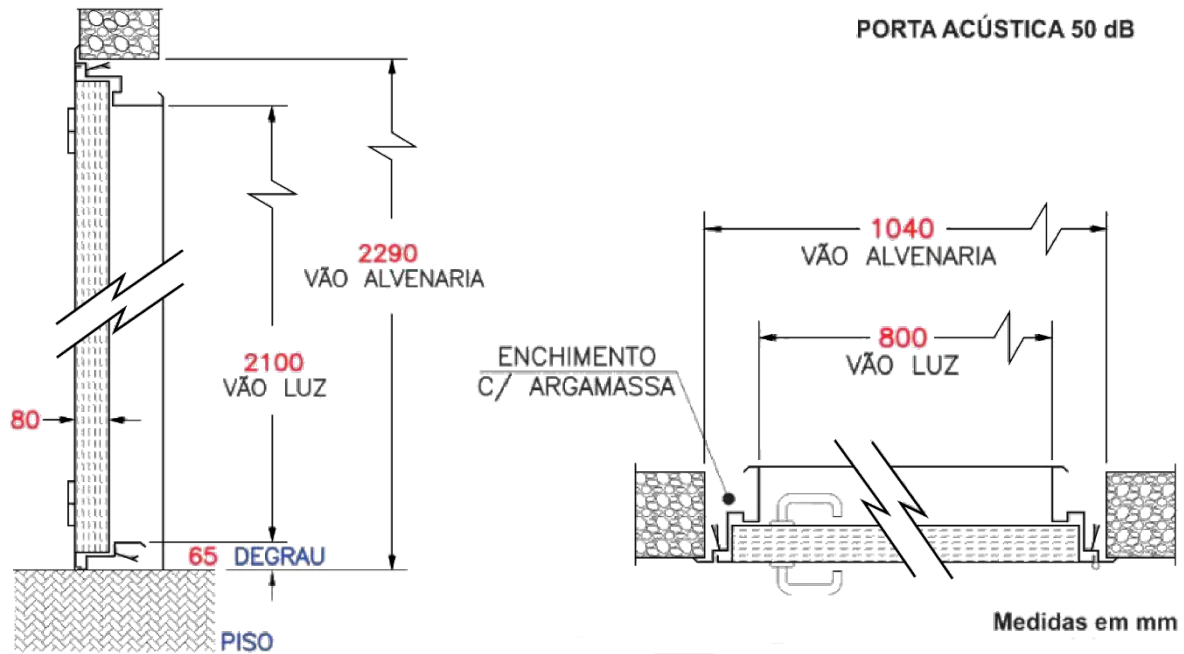


Figura 119 - Esquema gráfico. Instalação de porta acústica (50 dB)
 Fonte: VIBRASHOP (2021)

5.4 ETAPA 04: CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

O condicionamento acústico atua sobre dois quesitos que interferem diretamente na qualidade da acústica interna do local: os modos e as ondas estacionárias; e o tempo de reverberação do ambiente.

O primeiro já foi resolvido na etapa anterior e melhorada com a ajuda do diagrama de Bolt, consertando e evitando inúmeros problemas, o que é mais facilmente perceptível quando analisado o cálculo de ondas estacionárias e modos (**figura 120**).

As axiais primárias não possuem valores tão próximos entre si como antes, sendo elas apresentadas nas frequências de: 43 Hz, 51 Hz e 66 Hz. É um bom indicativo de que as ondas estacionárias e modos estão agindo em frequências mais distantes, diminuindo a chance de dois ou mais modos se sobreporem.

Conseqüentemente, houve a diminuição na quantidade de modos axiais, tangenciais e oblíquos, o que resulta em melhores gráficos de densidade modal, número de modos por banda e número de modos por frequência, como será visto adiante. Contudo, não houveram mudanças significativas na frequência de Schroeder, que apesar do reajuste para a otimização das dimensões do ambiente, continua com as medidas do espaço físico interno muito reduzidas para tal alteração.

3 ONDAS ESTACIONÁRIAS E MODOS

Velocidade do Som 1 = 343,4 m/s

Velocidade do Som 2 = 344,0 m/s

Frequência de Schroeder 1 = 331,8 Hz

Frequência de Schroeder 2 = 396,2 Hz

MODOS AXIAIS

x						y						z			
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
51	102	154	205	256		43	86	129	172	215	258	66	132	198	264

MODOS TANGENCIAIS

xy						xz				yz						
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4			
1	67	100	139	179	221	263	1	84	142	205	269	1	79	139	203	268
2	111	134	165	200	238	277	2	122	167	223	283	2	108	158	216	278
3	160	176	201	230	264	300	3	167	203	251	3	145	184	236	294	
4	209	222	242	267	297	4	215	244	285	4	184	217	262			
5	260	270	287	5	265	288	5	225	252	292	5	225	252	292		
							6	266	289	6	266	289				

MODOS OBLÍQUOS

P = 1						P = 2					P = 3				P = 4								
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3						
1	94	120	154	191	230	271	1	148	166	191	223	257	294	1	209	222	242	267	297	1	272	282	298
2	129	149	177	211	247	285	2	173	188	211	240	272	2	227	239	258	281	2	287	296			
3	173	188	211	240	272	3	207	220	240	266	295	3	254	265	282								
4	220	232	251	275	4	248	259	276	298	4	288	298											
5	268	278	294	5	291																		

HOME STUDIO (SITUAÇÃO ANTERIOR)

Velocidade do Som 1 = 343,4 m/s
Frequência de Schroeder 1 = 332,5 Hz

Velocidade do Som 2 = 344,0 m/s
Frequência de Schroeder 2 = 404,0 Hz

MODOS AXIAIS

x						y							z			
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4
47	94	141	188	235	282	40	80	120	160	200	240	279	67	135	202	269

MODOS TANGENCIAIS

xy							xz				yz						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	1	2	3	4			
1	62	93	129	166	205	244	283	1	82	143	207	273	1	78	140	206	272
2	102	123	152	185	221	257	295	2	116	164	223	285	2	104	157	217	281
3	147	162	185	213	244	278	3	156	195	246	3	137	180	235	295		
4	192	204	223	247	274	4	200	231	276	4	173	209	257				
5	239	248	264	284	5	245	271	5	211	241	284						
6	285	293	6	290	6	249	275	6	249	275							
							7	287	7	287							

MODOS OBLÍQUOS

P = 1						P = 2					P = 3				P = 4									
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3							
1	91	115	145	180	216	253	291	1	148	163	186	214	245	279	1	211	222	239	262	288	1	276	285	298
2	122	141	167	197	231	266	2	169	183	203	229	259	290	2	226	237	253	274	299	2	288	296		
3	161	176	197	223	254	286	3	199	211	229	252	279	3	250	259	274	294							
4	204	215	233	256	282	4	235	245	261	281	4	279	287											
5	248	257	272	292	5	274	283	296																
6	293																							

Figura 120 - Análise do objeto de estudo. Ondas estacionárias e modos (Reajuste)

Fonte: autoria própria (2022)

O gráfico de densidade modal anterior já apresentava um bom desempenho, com a curva em formato ascendente e pouca presença de acidentes e de baixa intensidade. Após o reajuste das dimensões, houve a correção dos picos nas frequências de 125 Hz e 200 Hz e do vale na frequência de 160 Hz, tornando a curva ainda mais suave e tornando imperceptível os acidentes. Porém o pico em 40 Hz permanece inalterado, assim como a baixa ou nenhuma resposta nas frequências de 25 Hz e 31,5 Hz (figura 121).

4 GRÁFICO DA DENSIDADE MODAL

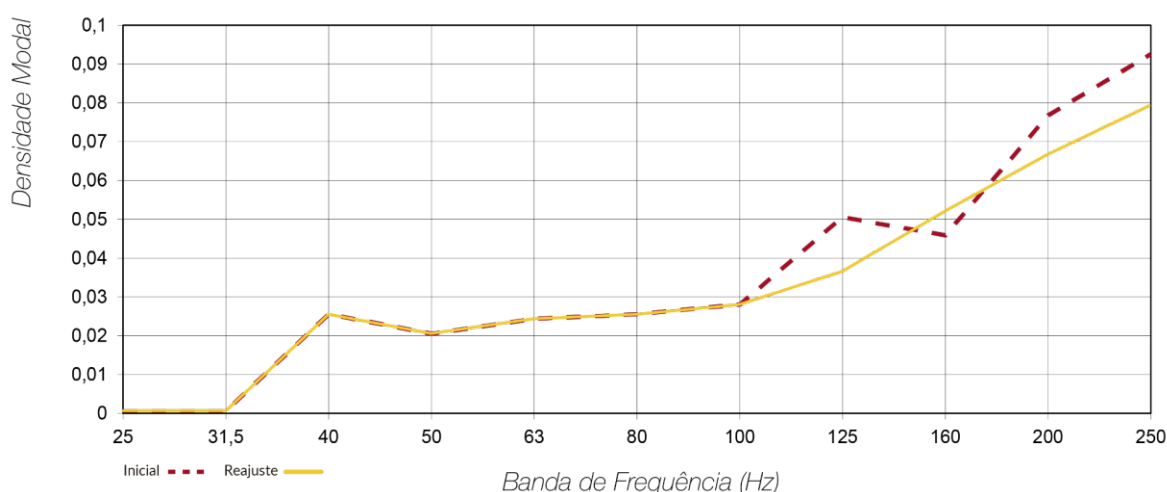


Figura 121 - Análise do objeto de estudo. Gráfico da densidade modal (Reajuste)

Fonte: autoria própria (2022)

No novo gráfico de número de modos por banda, após o reajuste de dimensões do *home studio*, fica mais fácil perceber a redução da quantidade de modos, como foi dito anteriormente. A diminuição dos valores na banda de 125 Hz, 200 Hz e 250 Hz, além do ligeiro aumento na frequência de 160 Hz, foram responsáveis por aproximar os valores entre si, amenizando as diferenças e tornando o gráfico mais suave, o que explica as alterações obtidas no gráfico da densidade modal (figura 122).

Essa melhora pode ser traduzida, também, no gráfico de modos por frequência, que além de continuar enquadrado nos critérios de Bonello, houve uma redução significativa da quantidade de linhas (modos) que ultrapassam a marca de indicação de um modo coincidente em uma banda de frequência (figura 123).

5 NÚMERO DE MODOS POR BANDA

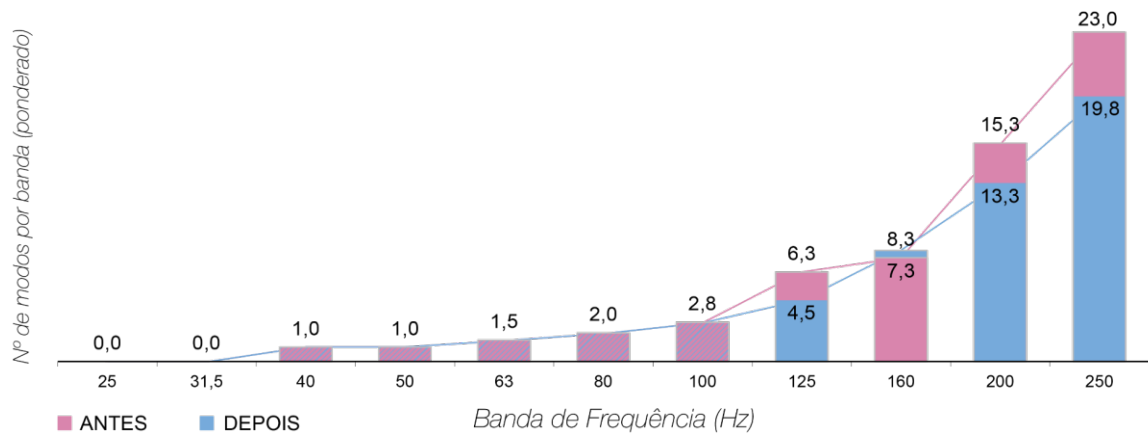
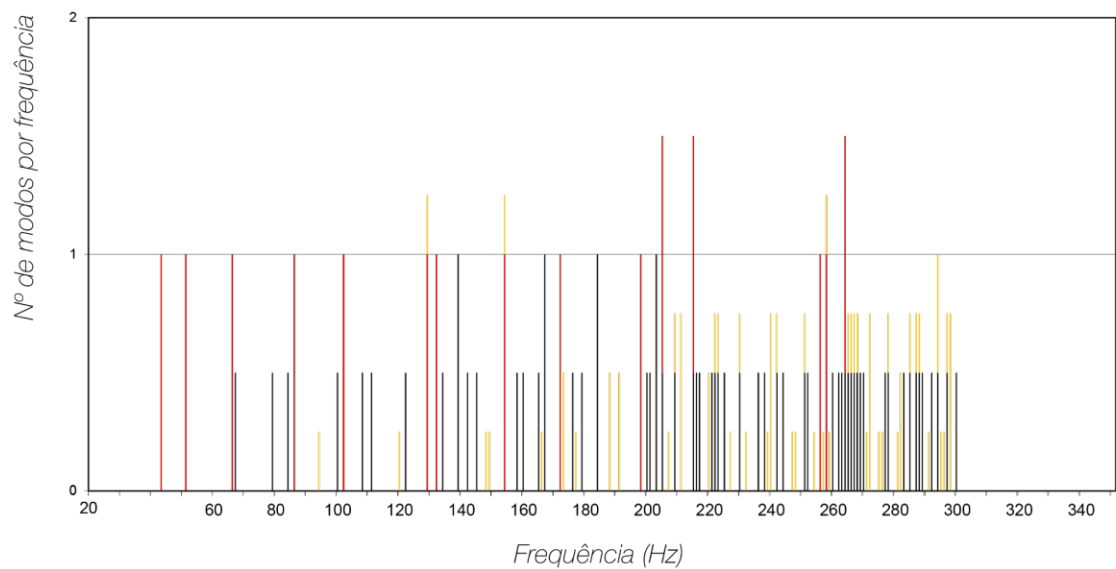


Figura 122 - Análise do objeto de estudo. Número de modos por banda (Reajuste)

Fonte: autoria própria (2022)

6 NÚMERO DE MODOS POR FREQUÊNCIA



LEGENDA

● Axial ● Oblíquo ● Tangencial

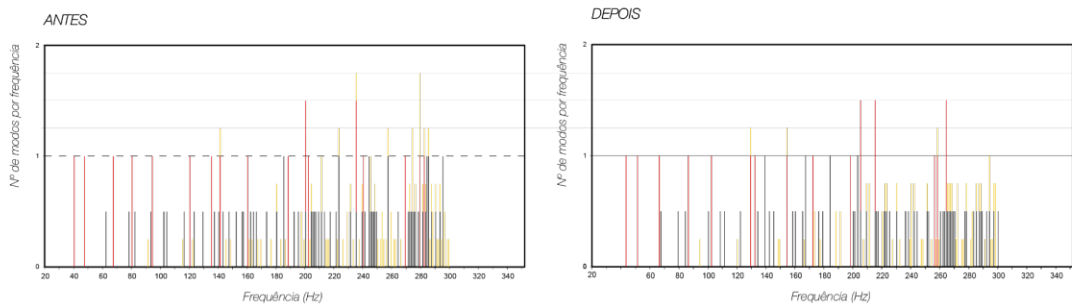


Figura 123 - Análise do objeto de estudo. Número de modos por frequência (Reajuste)

Fonte: autoria própria (2022)

O único quesito restante, portanto, para ser solucionado é o tempo de reverberação do home studio - índice que está inapropriadamente elevado para a relação de tamanho e uso do espaço como home studio.

Em qualquer ambiente, a reverberação é ocasionada pela refletividade de suas superfícies, e quando muito elevada, resulta em um maior número de reflexões, que espalham-se de maneira aleatória, demoram a dissipar-se, comprometendo a inteligibilidade do local. Sendo assim, a maneira mais eficaz de corrigir tal problema é através da utilização de materiais que possam aumentar a absorção geral do ambiente e diminuir o tempo de reverberação. É por essa razão que o coeficiente de absorção (α) dos materiais foi um critério fundamental para a escolha dos revestimentos e dispositivos acústicos utilizados na proposta do tratamento acústico, desde a etapa do isolamento (figura 125).

A situação final do condicionamento acústico do home studio será a seguinte: 7,40 metros quadrados de piso de madeira; 13,40 metros quadrados de forro de gesso acartonado perfurado; 18,62 metros quadrados de parede em sistema *drywall*; 2,18 metros quadrados de porta acústica vedada; 8,18 metros quadrados de painel absorvedor; 6,24 metros quadrados de armadilha de graves (*bass traps*); 3,00 metros quadrados de difusor acústico do tipo QRD 23; e 6,00 metros quadrados de tapete (figuras 124 e 125).

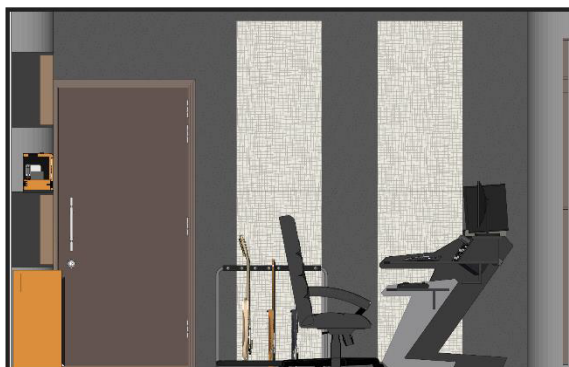
7 VISTAS E MATERIAIS

PISO

Madeira = 4.70 m² Carpete = 6.00 m²

TETO

Gesso perfurado = 13.40 m²



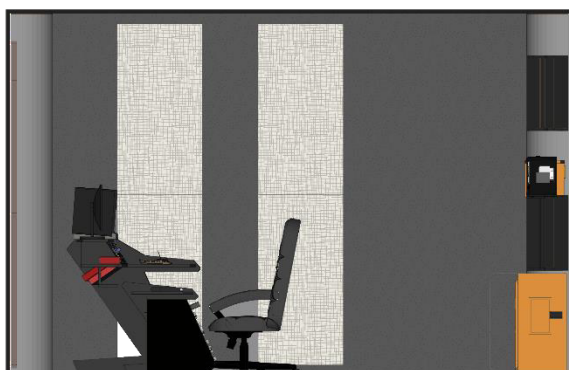
ELEVAÇÃO A

Parede drywall = 7.01 m²
Painel absorvedor = 2.88 m²
Bass trap = 1.56 m²
Porta acústica = 2.18 m²



ELEVAÇÃO B

Parede drywall = 4.73 m²
Painel absorvedor = 2.42 m²
Bass trap = 1.56 m²



ELEVAÇÃO C

Parede drywall = 5.96 m²
Painel absorvedor = 2.88 m²
Bass trap = 1.56 m²



ELEVAÇÃO D

Parede drywall = 4.15 m²
Difusor QRD 23 = 3.00 m²
Bass trap = 1.56 m²

Figura 124 - Análise do objeto de estudo. Vistas e materiais (Reajuste)

Fonte: autoria própria (2022)

Através do levantamento de cada elevação do home studio, incluindo o piso e o teto, e as informações de coeficiente de absorção e área de cada material, é possível determinar a absorção total (A) por meio da soma de todas as absorções parciais. Assim, constata-se o aumento considerável no índice de absorção da frequência de 500 Hz após a introdução dos novos revestimentos e dispositivos, variando em pouco mais de 10 vezes o valor na situação anterior e posterior ao tratamento acústico (figura 125).

8 ABSORÇÃO TOTAL (A)

Materiais	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Piso de Madeira Área = 7.40 m ²	0,15 1,11	0,11 0,81	0,10 0,74	0,07 0,52	0,06 0,44	0,07 0,52
Forro de gesso acartonado perfurado Área = 13.40 m ²	0,45 6,03	0,55 7,37	0,60 8,04	0,65 8,71	0,45 6,03	0,50 6,70
Parede de Drywall Área = 18.62 m ²	0,30 5,59	0,12 2,23	0,08 1,49	0,06 1,12	0,06 1,12	0,05 0,93
Porta Acústica Vedada Área = 2.18 m ²	0,35 0,76	0,39 0,85	0,44 0,96	0,49 1,07	0,54 1,18	0,57 1,24
Painel Absorvedor Área = 8.18 m ²	0,65 5,32	1,00 8,18	1,00 8,18	1,00 8,18	1,00 8,18	1,00 8,18
Bass Trap Área = 6.24 m ²	0,17 1,06	0,45 2,81	0,80 4,99	0,89 5,55	0,97 6,05	0,94 5,87
Difusor Área = 3.00 m ²	0,31 0,93	0,33 0,99	0,14 0,42	0,10 0,30	0,10 0,30	0,12 0,36
Carpete Área = 6.00 m ²	0,20 1,20	0,25 1,50	0,30 1,80	0,30 1,80	0,30 1,80	0,30 1,80
Pessoas Número = 01	0,28 0,28	0,37 0,37	0,42 0,42	0,46 0,46	0,51 0,51	0,50 0,50
Ar					0,07	0,23
ABSORÇÃO TOTAL (A)	22,28	25,12	27,04	27,21	25,69	26,33

HOME STUDIO (SITUAÇÃO ANTERIOR)

Materiais	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Piso porcelanato Área = 15.70 m ²	0,01 0,16	0,01 0,16	0,01 0,16	0,02 0,31	0,02 0,31	0,02 0,31
Placa de gesso acartonado 25mm Área = 15.70 m ²	0,29 4,55	0,10 1,57	0,05 0,79	0,04 0,63	0,07 1,10	0,09 1,41
Parede de alvenaria com reboco e pintura Área = 34.20 m ²	0,02 0,68	0,02 0,68	0,02 0,68	0,02 0,68	0,02 0,68	0,02 0,68
Porta de madeira maciça com pintura Área = 3.96 m ²	0,14 0,55	0,10 0,40	0,06 0,24	0,08 0,32	0,10 0,40	0,10 0,40
Painel de vidro simples 6mm Área = 2.40 m ²	0,10 0,24	0,06 0,14	0,04 0,10	0,03 0,07	0,02 0,05	0,02 0,05
Pessoas Número = 01	0,28 0,28	0,37 0,37	0,42 0,42	0,46 0,46	0,51 0,51	0,50 0,50
					0,09	0,27
ABSORÇÃO TOTAL (A)	6,47	3,32	2,38	2,47	3,14	3,62

Figura 125 - Análise do objeto de estudo. Absorção total (Reajuste)

Fonte: autoria própria (2022)

Já o índice médio de absorção total ($\bar{\alpha}$), obtido pela divisão do valor da absorção total (A) pela superfície total (S), indica a situação da reverberação no local, que, nesse caso, por apresentar o valor igual à 42% na frequência de 500 Hz é considerado é um ambiente considerado “morto” (figura 126).

Contudo, essa situação, apesar da nomenclatura, não é, necessariamente, uma indicação negativa sobre a condição de reverberação do *home studio*, pois assim foi projetado propositalmente, uma vez que quando não é possível atingir exatamente o tempo de reverberação ideal é melhor abaixar até o máximo possível, principalmente quando se trata de ambientes muito reduzidos.

9 ÍNDICE MÉDIO DE ABSORÇÃO TOTAL (\bar{a})

Superfície Total (S)		Área = 65.02 m					
		Frequências (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
		0,34	0,39	0,42	0,43	0,40	0,40
		34%	39%	42%	43%	40%	40%
SITUAÇÃO: <i>Morta</i>							
Piso	Teto	Elevação A	Elevação B	Elevação C	Elevação D		
$\bar{a} = 0,22$	$\bar{a} = 0,63$	$\bar{a} = 0,55$	$\bar{a} = 0,51$	$\bar{a} = 0,48$	$\bar{a} = 0,27$		

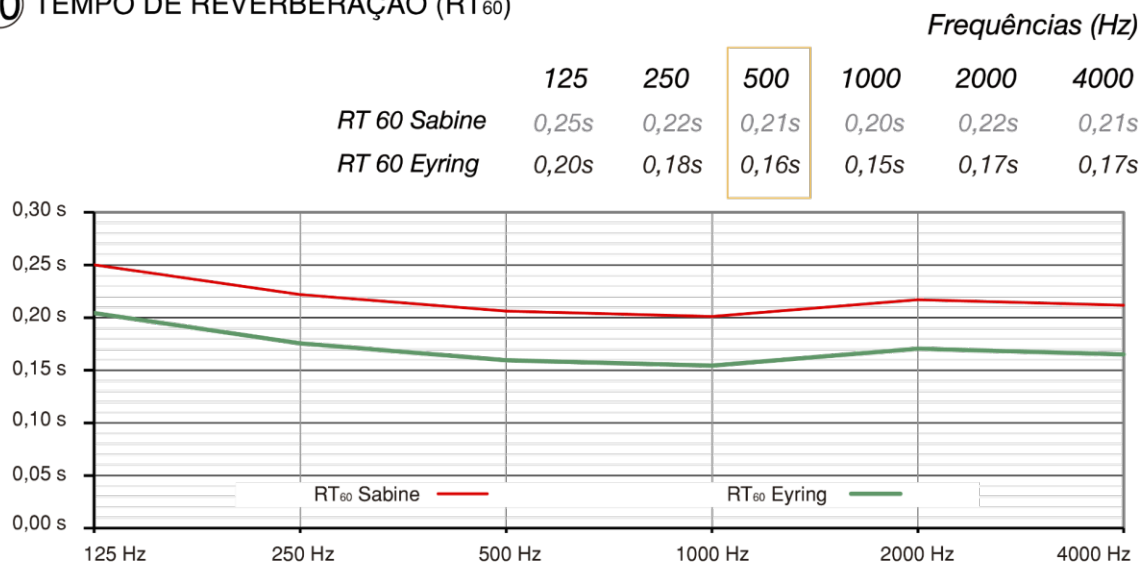
Figura 126 - Análise do objeto de estudo. Índice médio de absorção total. (Reajuste)

Fonte: autoria própria (2022)

Agora, já com todos os dados disponíveis, é possível verificar com maior precisão o tempo de reverberação (RT_{60}) do *home studio* após todo o tratamento acústico e intervenções arquitetônicas.

O gráfico do tempo de reverberação (RT_{60}) demonstra um bom comportamento na variação do tempo de acordo com a banda de frequência, mostrando-se mais uniforme e sem alterações bruscas - o que será traduzido em uma melhor coloração na acústica interna do ambiente (figura 127).

10 TEMPO DE REVERBERAÇÃO (RT₆₀)



HOME STUDIO (SITUAÇÃO ANTERIOR)

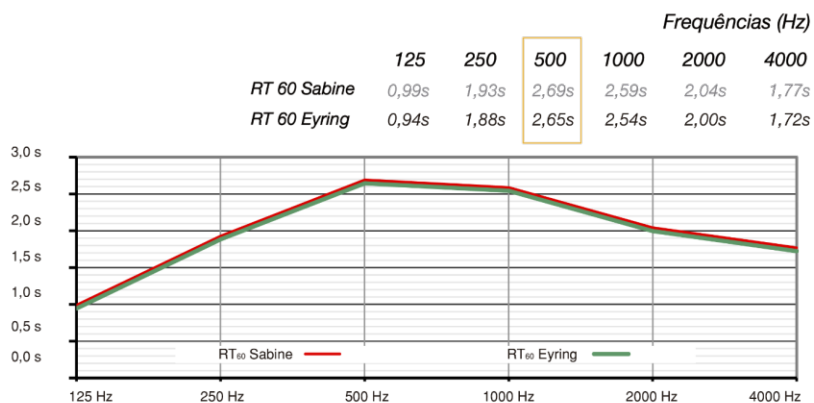


Figura 127 - Análise do objeto de estudo. Tempo de reverberação. (Reajuste)

Fonte: autoria própria (2022)

Mas, o mais importante é perceber o novo valor de 0,21 segundos para o RT₆₀ na frequência de 500 Hz após todo o processo de tratamento acústico. Pois esse é um dos dados mais significativos que comprovam a eficácia do tratamento acústico, ao demonstrar a redução do antigo valor em mais de dois segundos e colocar o tempo de reverberação do home studio próximo ao ideal para o seu volume⁴⁹ (figuras 127 e 128).

⁴⁹ É importante lembrar que, quando não for possível deixar igual ao tempo de reverberação ideal, recomenda-se abaixar o índice o máximo possível, principalmente se tratando de ambientes muito reduzidos.

11 TEMPO DE REVERBERAÇÃO IDEAL

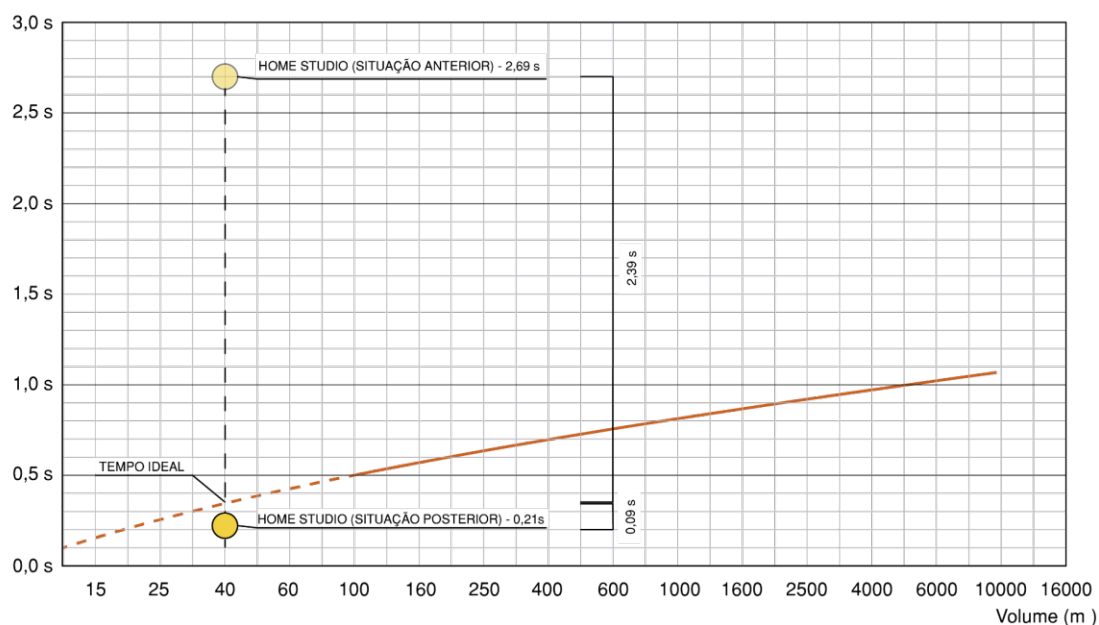


Figura 128 - Análise do objeto de estudo. Tempo de reverberação ideal. (Reajuste)

Fonte: autoria própria (2022)

Como dito anteriormente, a melhora no comportamento do tempo de reverberação produzirá uma melhor coloração na acústica do ambiente e isso é possível de ser identificado pela variação do tempo conforme a faixa de frequência.

Ao comparar os gráficos de coloração dos dois momentos do home studio fica claro notar uma grande evolução. Na situação anterior ao tratamento acústico, os índices de 100 Hz, 200 Hz e 2 kHz encontram-se fora das zonas de identificação, ou seja, são inaceitáveis, e o índice de 4 kHz está na região “abafada” (figura 129).

Enquanto que a situação posterior ao tratamento acústico, por ter o tempo de reverberação próximo ao ideal para o seu uso e um melhor comportamento de acordo com a faixa de frequência, mais estável e sem grandes variações, os índices de 100 Hz, 200 Hz 1 kHz e 2 kHz se apresentam dentro da normalidade (figura 129).

12 COLORAÇÃO

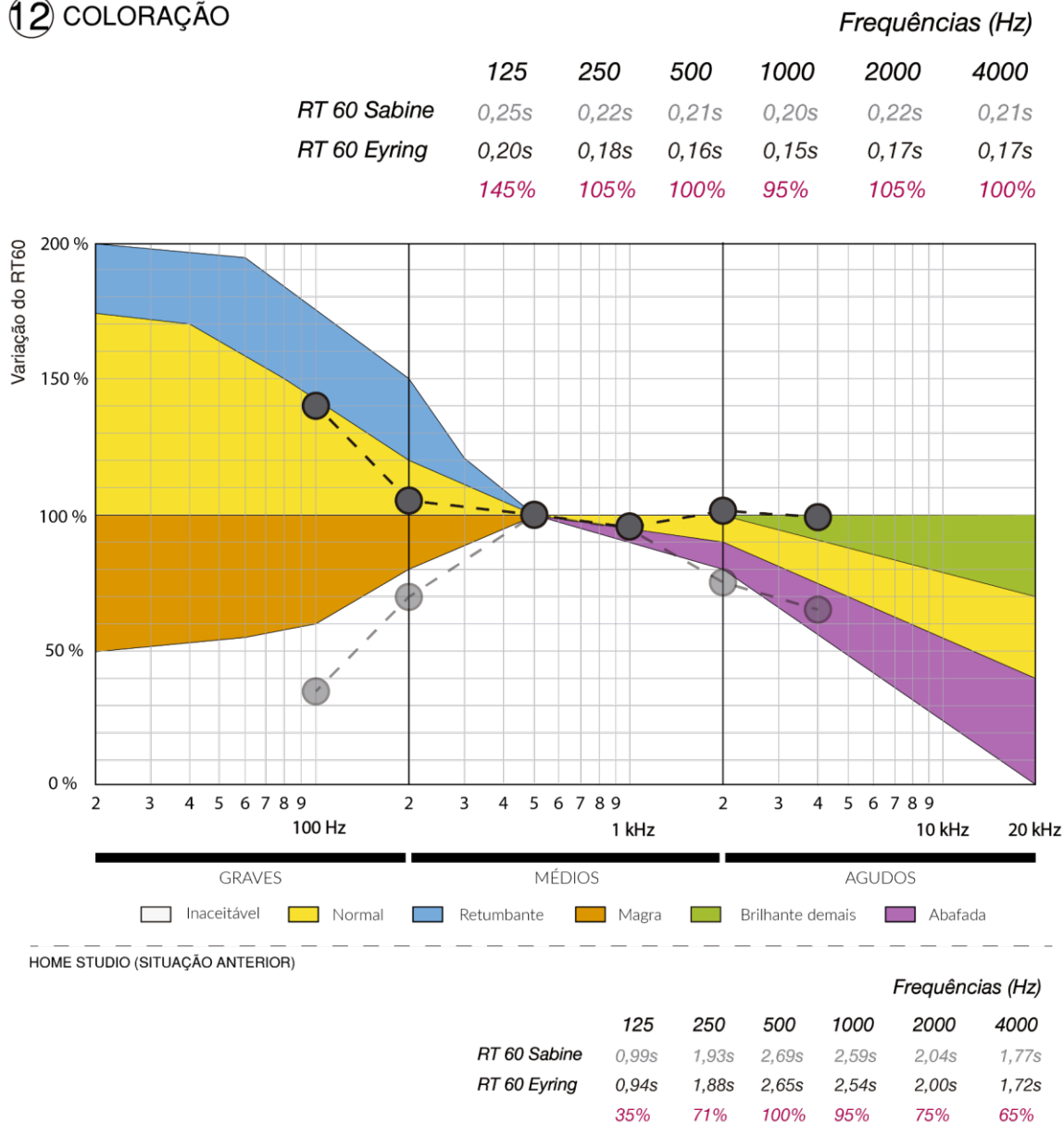
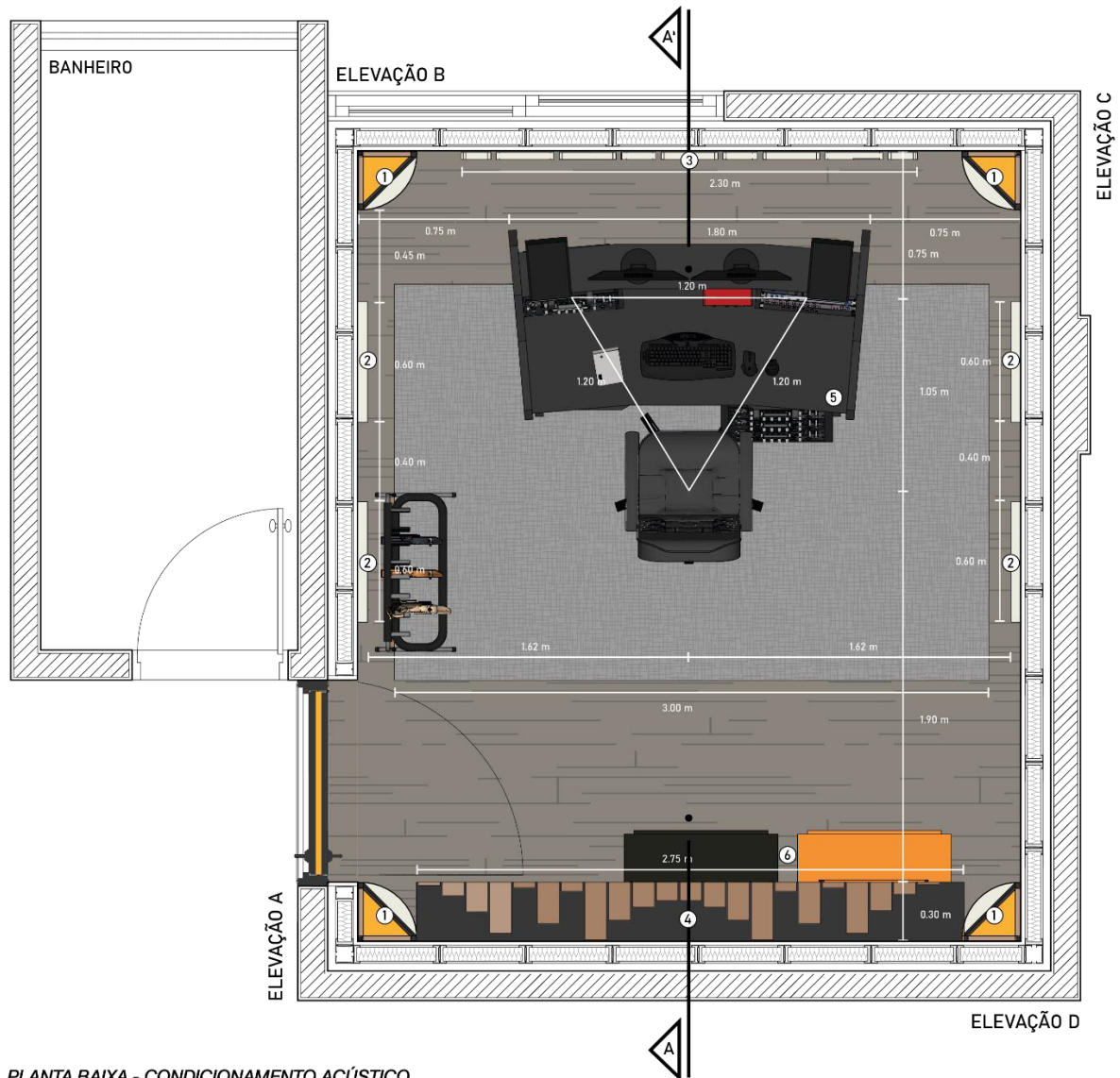


Figura 129 - Análise do objeto de estudo. Coloração (Reajuste)

Fonte: autoria própria (2022)

É importante salientar, nesse processo de condicionamento acústico, a importância dos dispositivos acústicos para que, em associação a uma disposição de layout planejada, corrigissem o comportamento das ondas, atuassem em frequências específicas na acústica interna do ambiente, além de contribuir na absorção e redução do tempo de reverberação.

Um layout de home studio nunca deve ser feito de maneira arbitrária, pois o posicionamento correto de cada peça é fundamental para um bom desempenho acústico⁵⁰.



PLANTA BAIXA - CONDICIONAMENTO ACÚSTICO
 ESCALA 1:25

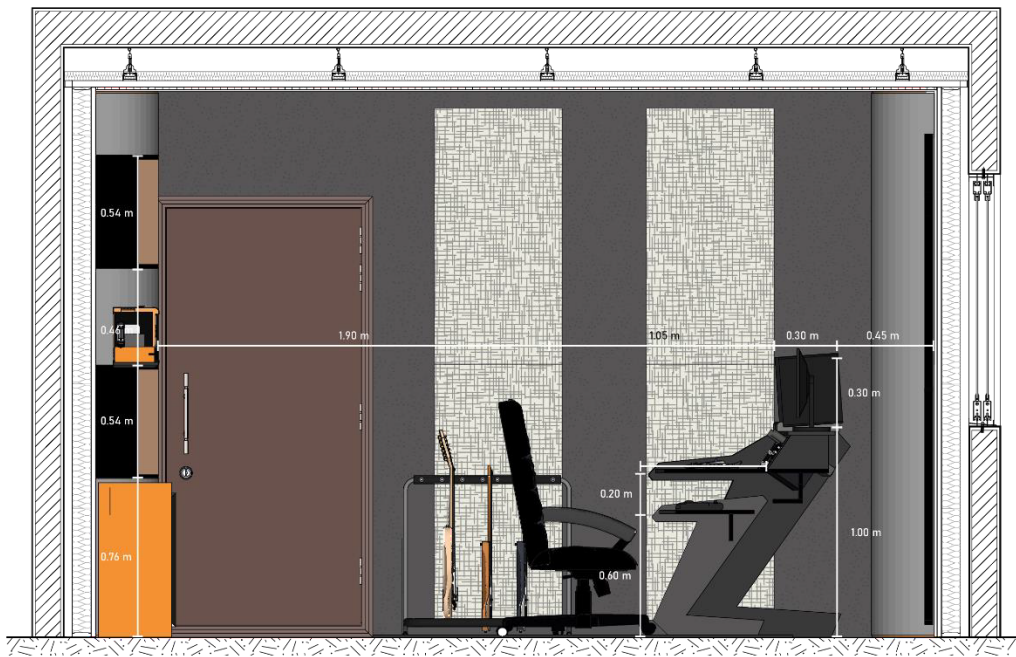
LEGENDA

- ① Bass Trap (Armadilhas de graves)
 Dimensões: 0.30 m x 0.30 m x 2.60 m Área: 6.24 m² Quantidade: 4 unidades
- ② Absorvedor Customizado
 Dimensões: Painéis variáveis Área: 2.42 m² Quantidade: 1 unidade
- ③ Absorvedor Padrão
 Dimensões: 0.60 m x 0.05 x 1.20 m Área: 5.76 m² Quantidade: 4 unidades
- ④ Difusor QRD 23
 Dimensões: 2.76 m x 0.30 m x 0.54 m Área: 3.00 m² Quantidade: 2 unidades

Figura 130 – Planta baixa. Definição de Layout (Condicionamento Acústico)

Fonte: autoria própria (2022)

⁵⁰ As plantas e cortes referentes ao isolamento e condicionamento acústico, demonstrando layout e medidas podem ser encontradas com maiores detalhes no anexo do trabalho.



CORTE AA' - CONDICIONAMENTO ACÚSTICO
 ESCALA 1:25

Figura 131 – Corte BB. Definição de Layout (Condicionamento Acústico)
 Fonte: autoria própria (2022)

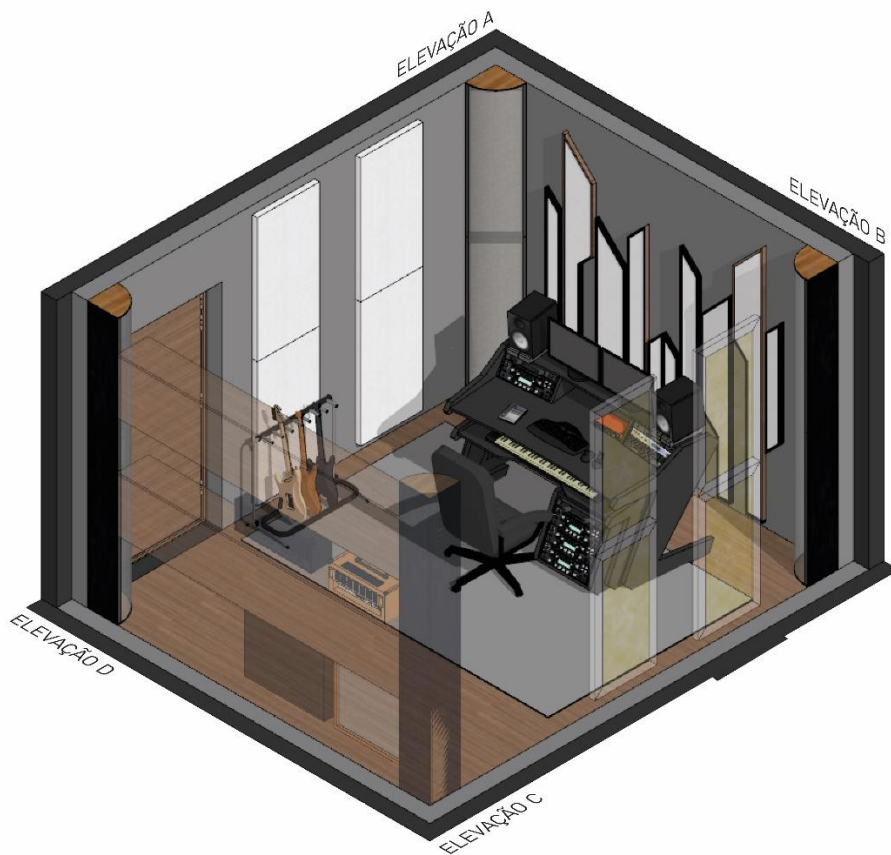


Figura 132 – Isométrica. Definição de Layout (Condicionamento Acústico)
 Fonte: autoria própria (2022)

O primeiro passo é a definição da posição dos monitores de áudio em relação à sala, do distanciamento entre si e também ao usuário principal. É recomendado que os monitores estabeleçam um "triângulo equilátero" - ou seja, medidas iguais entre o par de monitores e o usuário principal -, estejam posicionados à altura da cabeça do usuário principal e estejam afastados da parede traseira. Este último ponto, associado com uma base de apoio de espumas, evitam o excesso de vibração e atenuam a ressonância das frequências mais graves, pois estas, pelo comprimento de onda, são, geralmente, o principal problema em estúdios reduzidos.

No layout proposto (**figuras 130, 131 e 132**) essa relação é estabelecida com valor de 1,20 metros entre todas as distâncias do "triângulo"; 1,05 metros do usuário até a linha base dos monitores de áudio; e um afastamento de 0,75 metros da dianteira dos falantes para a parede traseira. Foram, também, posicionados a uma altura de 1,00 metro a 1,30 metros, medida ideal para proporcionar que as pessoas com diferentes tamanhos consigam posicionar-se dentro do campo de cobertura dos monitores, além de compor toda a questão ergonômica da mesa de trabalho (*workstation*), pensada para o maior conforto de um usuário que dispenderá muitas horas sentado no local.

Quanto aos absorvedores acústicos, o objetivo, além do aumento do coeficiente de absorção e diminuição do tempo de reverberação, é que o usuário perceba mais e de melhor forma a fonte sonora principal, com o mínimo de reflexões possíveis. Assim, para garantir a maior eficácia e atenuar os possíveis pontos de reflexão, esses elementos são geralmente posicionados próximos e com um relativo afastamento em relação a posição dos monitores de áudio.

Dessa forma, painéis absorvedores foram distribuídos na elevação B com o intuito de absorver as primeiras reflexões advindas da parte traseira dos monitores, por onde atuam, principalmente as frequências mais graves (**figuras 130, 131 e 132**). A outra parte dos absorvedores foi posicionada nas elevações A e C, localizadas lateralmente ao usuário principal e aos monitores de áudio, garantindo maior controle da quantidade de reflexões que incide no campo do ouvinte, melhorando a inteligibilidade e qualidade do som (**figura 131**)⁵¹.

⁵¹ Os afastamentos foram equivalentes a 0,75 metros para ambas situações. Valor suficiente para garantir bom desempenho dos dispositivos, além de permitir a circulação para a instalação e manutenção dos equipamentos de áudio e elétricos.

Já as armadilhas de graves, ou *bass traps*, atenuam as frequências baixas, mais precisamente abaixo de 250 Hz. Em teoria, são como absorvedores acústicos, mas devido ao seu posicionamento, sempre colocados nas quinas das paredes, onde a pressão é maior e a velocidade é zero, além de criar uma maior abertura no ângulo de encontro, conferindo controle sobre os graves no monitoramento da sala. Esse tipo é chamado de “absorvedor de pressão”, mas também pode ser utilizado o absorvedor de Helmholtz para que atuem em uma frequência ou banda de frequência específica (**figura 131**).

Por fim, na elevação D, oposta aos monitores de áudio, foi posicionado o difusor acústico do tipo QRD 23, com o objetivo de distribuir o som de maneira mais uniforme pelo ambiente, pois além da dispersão espacial, oferecem a difusão temporal⁵², o que contribui decisivamente para eliminar qualquer sensação de eco definido (**figura 133**). No projeto, além de servir como um dispositivo acústico, o difusor foi projetado para ter um uso secundário de “estante” para os amplificadores, devido ao seu posicionamento na sala de gravação e contribuição estética (**figuras 130, 131 e 132**).

1	1.7 cm	Sn = 1	7	5.0 cm	Sn = 3	13	13.2 cm	Sn = 8	19	26.4 cm	Sn = 16
2	6.6 cm	Sn = 4	8	29.7 cm	Sn = 18	14	19.8 cm	Sn = 12	20	14.9 cm	Sn = 9
3	14.9 cm	Sn = 9	9	19.8 cm	Sn = 12	15	29.7 cm	Sn = 18	21	6.6 cm	Sn = 4
4	26.4 cm	Sn = 16	10	13.2 cm	Sn = 8	16	5.0 cm	Sn = 3	22	1.7 cm	Sn = 1
5	3.3 cm	Sn = 2	11	9.9 cm	Sn = 6	17	21.5 cm	Sn = 13	23	0.0 cm	Sn = 0
6	21.5 cm	Sn = 13	12	9.9 cm	Sn = 6	18	3.3 cm	Sn = 2	Largura = 12 cm Banda = 321 Hz ~ 1748 Hz		

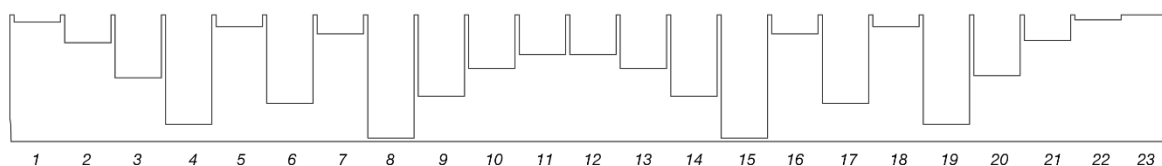


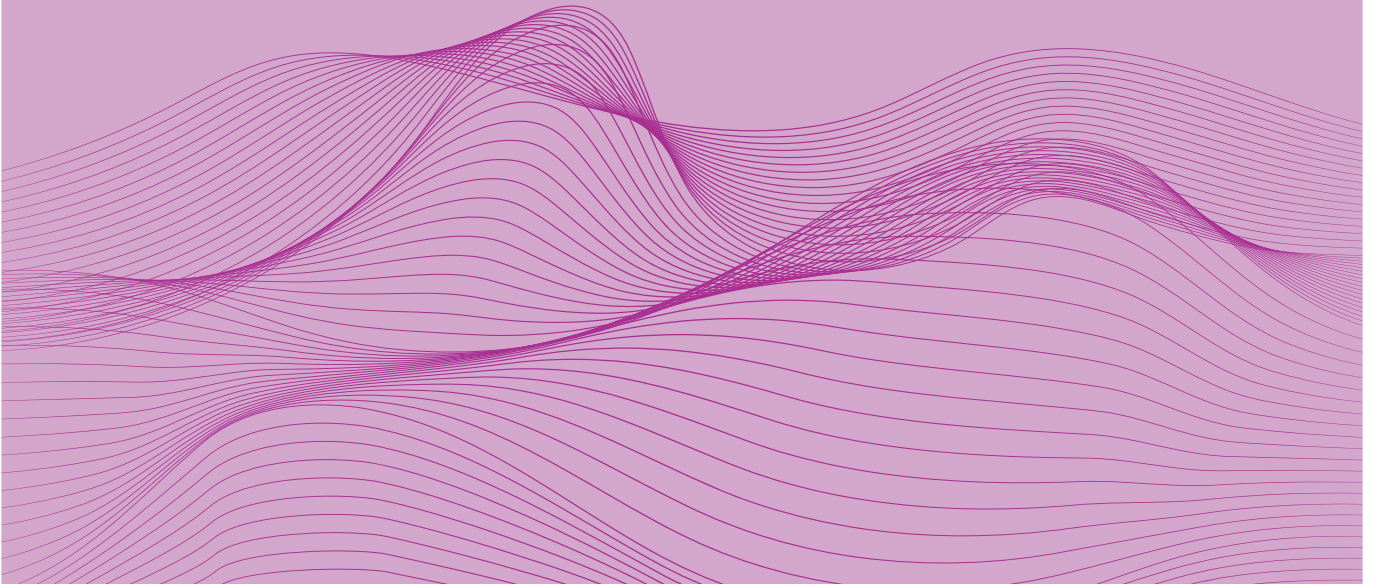
Figura 133 – Cálculo do Difusor QRD 23

Fonte: autoria própria (2022)

⁵² As ondas sonoras que retornam do difusor não são alinhadas no tempo (VALLE, 2009)

6

CONCLUSÃO



6. CONCLUSÃO

A qualidade de um *home office* estará sempre diretamente relacionada às condições do seu espaço físico. Pois, com um ambiente implementado dentro de uma residência, ele é ponto de apoio para atividades profissionais diversas, devendo atender às exigências de cada ofício, sem deixar de proporcionar conforto, funcionalidade e estética para os seus usuários.

Ao tratar-se de *home studio*, as premissas não são diferentes, sendo ainda mais importante a correlação com o espaço físico do que na maioria dos diversos outros usos de *home office*, uma vez que, na acústica, os comportamentos das ondas sonoras dependem do tamanho, formato e superfícies do local no qual o som é reproduzido.

Dentro desse contexto, o presente trabalho determina que é possível a adaptação de cômodos residenciais em *home studio* semiprofissional através do uso do método estabelecido para esse processo, demonstrando: a) como identificar e escolher os melhores ambientais para implantação de um *home studio*; b) como evitar ou amenizar a interferências e transmissão de ruídos; c) como modificar e potencializar as características acústicas e comportamentos sonoros para obter os melhores resultados de desempenho acústico.

Além disso, a metodologia empregada estabelece um guia para as mais diversas situações que podem ser encontradas em uma adaptação, sejam elas referentes à tipologia de apartamento ou localização, tamanho e formato do cômodo, indicando quais procedimentos devem ser tomados em cada cenário para obter um bom desempenho acústico.

A sua eficácia teórica é comprovada ao analisar e comparar os dados obtidos do objeto de estudo, e verificar uma grande melhora da situação posterior ao processo de adaptação, apresentando índices e desempenhos superiores em todos os indicadores de: perda de transmissão (TL); diagrama de Bolt Beranek & Newman; densidade modal; número de modos por banda; número de modos por frequência; frequência de Schroeder; ondas estacionárias e modos; absorção total (A); índice médio de absorção total ($\bar{\alpha}$); tempo de reverberação (RT60); e coloração.

Conclui-se, então, que ao utilizar o método proposto no presente trabalho, é possível adaptar os mais diversos cômodos residenciais em um home studio semiprofissional com boa qualidade e desempenho acústico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAU, H. **ABC de la acústica arquitectonica**. Barcelona: CEAC, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2000.

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

AUBICON. **Mantas acústicas: Sound soft ondulada**. [S. l.]: Aubicon, 2019. Disponível em: <https://www.aubicon.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Instalacao-Ondulada.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2022.

AUDIOFANZINE. PreSonus HP60. Disponível em: <<https://fr.audiofanzine.com/amplificasque/presonus/HP60/medias/photos/a.play,m.299032.html>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

BEAT, AKW. **How to start a home recording studio**. Outubro, 2017. Disponível em: <<http://akwbeats.com/akwbeats/how-to-start-a-home-recording-studio/>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

BRANDÃO, Monique. **O que é MIDI? O Guia do Iniciante para a Ferramenta Mais Poderosa da Música**. Março, 2017. Disponível em: <<https://blog.landr.com/pt-br/o-que-e-midi-o-guia-iniciante-para-ferramenta-mais-poderosa-da-musica/>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

BRIK, Marina; BRIK, André. **As 100 Dicas do Home Office: Um guia básico para montar e manter seu escritório em casa**. 1 ed. Curitiba: Ed. do autor, 2011. 64 p.

BRIK, Marina; BRIK, André. **Trabalho Portátil: Produtividade, economia e qualidade de vida no home office das empresas**. 1. ed. Curitiba: Ed. do autor, 2013. 188 p.

CARVALHO, Benjamin. **Acústica Aplicada à Arquitetura**. Biblioteca Técnica Freitas Basto; 1967.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica**. 2. ed. rev. e aum. Brasília: Thesaurus, 2010. 238 p. ISBN 978-85-7062-877-0.

CONTATORI, Rafael. **O tratamento acústico**. [S. l.: s. n.], 29 mar. 2008. Disponível em: <https://meuhomestudio.blogspot.com/2008/03/o-tratamento-acstico.html>. Acesso em: 13 maio 2019.

COULTER, Leo; JONES, Richard. **Como gravar suas músicas e colocar na internet**. Barueri: Girassol, 2010. 192 p.

CROCE, Bruna. **Captura de grave ou bass trap funciona mesmo?**. [S. l.]: Portal Acústica, 27 mai. 2019. Disponível em: <https://portalacustica.info/captura-de-grave-ou-bass-trap-funciona-mesmo/>. Acesso em: 8 dez. 2021.

DE LUCA, Carlos Roberto. **Desempenho acústico em sistemas drywall**. Associação Brasileira do Drywall - Folheto Acústica, [S. l.], ano 2015, n. 2, p. 1-23, 22 abr. 2015. Disponível em: https://etexassets.azureedge.net/-/dam/manual-de-desempenho-acustico-drywall/pi4702/original/gypsum-manual_desempenho_acustico_drywall.pdf?v=-906815970. Acesso em: 21 jul. 2021.

DE PAULA, Mariluz. **Como reduzir o ruído de impacto: o famoso Toc Toc entre lajes**. [S. l.]: Portal Acústica, 23 set. 2019. Disponível em: <https://portalacustica.info/como-reduzir-o-ruído-de-impacto-o-famoso-toc-toc-entre-lajes/>. Acesso em: 7 dez. 2021.

DE SOUZA, Ingrid Knochenhauer; SERRANO, Pablo Giordani. **Contra piso flutuante: Chega de ruído**. [S. l.]: Portal Acústica, 17 out. 2018. Disponível em: <https://portalacustica.info/contrapiso-flutuante/>. Acesso em: 7 dez. 2021.

DIAS, Luiz Lima. **Desempenho acústicos em sistemas drywall**. [S. l.]: Portal Metalica - Construção civil, Outubro 2014. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/desempenho-acusticos-em-sistemas-drywall>.> Acesso em: 6 abr. 2019.

GARCIA, Carlos. **Mosh Studios: Estúdio A**. São Paulo, 2012. Fotografia, 1349 x 399 pixels. Disponível em: <http://www.mosh.com.br/wearemosh>. Acesso em: 20 mar. 2018.

GUARINO, Mark. **Could home recording doom professional music studios?** Chicago. 17 de Dezembro, 2009. Disponível em: <http://www.csmonitor.com/Technology/2009/1217/Could-home-recording-doom-professional-music-studios>.> Acesso em: 17 mai. 2017

Guia definitivo sobre tratamento acústico para Home Studios. [S. l.]: E-Home Recording Studio, 2019. Disponível em: <https://pt.ehomerecordingstudio.com/tratamento-acustico/>. Acesso em: 20 mar. 2019.>

GUSTAVO, Danilo. **Isolamento Acústico para Home Studio**. [S. l.]: Art Som Studio, 29 maio 2011. Disponível em: <http://www.artsomstudio.com.br/blog/isolamento-acustico-para-home-studio>. Acesso em: 23 mar. 2019.

GUSTAVO, Danilo. **Tratamento acústico**. [S. l.]: Art Som Studio, 12 set. 2016. Disponível em: <http://www.artsomstudio.com.br/blog/tratamento-acustico>. Acesso em: 23 mar. 2019.

IZECKSOHN, Sérgio. **Tratamento acústico**. [S. l.]: Jacarandá, 24 jul. 2014. Disponível em: <https://jacarandatrilhas.com/2014/07/tratamento-acustico-por-sergio-izecksohn/>. Acesso em: 13 maio 2019.

KLEIN, Steve. **Design considerations for recording studios**. Flórida, 2014. Disponível em: <<http://www.soundcontrolroom.com/design-considerations-for-recording-studios.php>>. Acesso em: 17 mai. 2017

KNAUF. **Sistemas drywall: Parede e teto drywall**. [S. l.]: Knauf, 2021. Disponível em: <https://montare.com.br/sistemas/drywall-curitiba-cwb/?fbclid=IwAR0KY67waxTTGmcSdEaM7K0QUcodRYKUhBiLgRKCnMSiTlyyMvZZyuUhisY>. Acesso em: 29 nov. 2021.

KNAUF. **Catálogo Cleano Knauf Drywall**. [S. l.], Julho de 2020. Disponível em: <https://knauf.com.br/produtos/drywall-cleano/>. Acesso em: 3 jan. 2022.

MAIOCCHI, Caio. **Modos de resonancia y ondas estacionarias en recintos**. [S. l.]: Equaphon, 5 abr. 2013. Disponível em: <<http://www.equaphon-university.net/modos-de-resonancia-y-ondas-estacionarias-en-recintos/>> Acesso em: 16 abr. 2019.

MAZZEU, Fábio. **Tratamento acústico para Home Studio: O guia completo para iniciantes**. [S. l.]: Fabio Mazzeu - Audio Blog, 22 set. 2016. Disponível em: <http://fabiomazzeu.com/tratamento-acustico-para-home-studio/>. Acesso em: 23 mar. 2019.

MAZZEU, Fábio. **Bass Trap: o que é e para quê serve?**. [S. l.], 11 set. 2018. Disponível em: <https://fabiomazzeu.com/o-que-e-bass-trap-para-que-serve/>. Acesso em: 16 dez. 2021.

MEDEIROS, Alan. **O que significa VST e VSTi**. [S. l.]: A música conecta, 24 nov. 2014. Disponível em: <http://alataj.com.br/dicas-de-producao/o-que-e-vst-e-vsti>. Acesso em: 25 jun. 2019.

MEHTA, Madan; JOHNSON, James; ROCAFORT, Jorge. **Architectural Acoustics: Principles and Design**. New Jersey: Prentice-Hall do Brasil Ltda., 1999. 228 p. ISBN 0-13-793795-4.

MHR, Audio. **Starting your home studio like a pro: The room**. Novembro, 2011. Disponível em: <<http://mrhaudio.blogspot.com.br/2016/11/monkey-stories-starting-your-home.html>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

MICHALSKI, Ranny. **AUT 0278 - Desempenho Acústico, Arquitetura e Urbanismo: Som**. 2017. 36 f. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0278/Aulas/AUT0278%20Aula%2003%20-%20Som%2C%20ouvido%20e%20percep%C3%A7%C3%A3o%20sonora.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

NAMBA, Collin. **CAPÍTULO 6: Lista Completa de Equipamentos para Estúdios de Gravação. Havaí**. Disponível em: <<https://ehomerecordingstudio.com/pt/lista-de-equipamentos-para-estudios-de-gravacao/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

OLIVAREZ-GILES, Nathan. **Recording studios are being left out of the mix**. Los Angeles. 13 de Outubro, 2009. Disponível em: <<http://articles.latimes.com/2009/oct/13/business/fi-smallbiz-studios13>>. Acesso em: 17 mai. 2017

PATAQUIM, Ricardo. **O que é acústica?** 2017. Disponível em: <<http://ambibrasil.com.br/blog/o-que-e-acustica/>>. Acesso em: 30 jun. 2018.

PRATA-SHIMOMURA, Alessandra *et al.* **Ruído, Legislação e Normas Técnicas**. Apresentação de Slide (Curso de Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo: [s. n.], 2017. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0278/Aulas/AUT0278%20Aula%2010%20-%20Ruído%2C%20Legislação%20e%20Normas%20Técnicas%20-%202017.pdf>> Acesso em: 24 abr. 2019.

SEBRAE, Nacional. **Vantagens e desvantagens do home office**. 30 de Dezembro, 2014. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/vantagens-e-desvantagens-do-home-office,78f89e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

SILVA, Eduardo Henrique. **Análise de dispositivos acústicos utilizados em home studio**. 2016. 122 p. Trabalho Final de Graduação (Curso de Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

SOARES, Ana Catarina. **Som e características do som: Frequência, amplitude e timbre**. 2011. Disponível em: <<https://anasoares1.wordpress.com/2011/01/31/som-e-caracteristicas-do-som-frequencia-amplitude-e-timbre/>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

Som e sua propagação. [S. l.]: Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008. Disponível em: <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/som.php>> Acesso em: 27 jun. 2018.

SONO, Music. **Recording music at home**. 4 de Setembro, 2015. Disponível em: <<https://sonomusic.com.au/recording-music-at-home/>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

SOUZA, Léa Cristina de; ALMEIDA, Manuela; BRAGANÇA, Luis; NASCIMENTO, Luiz Renato do. **Bê-á-bá da Acústica Arquitetônica: ouvindo a Arquitetura**. Editora EDUFSCar, 2003.

STORYK, John; CIPRIANO, Renato. **Frequências baixas em salas pequenas: Condições e soluções de controle**. 182. ed. [S. l.]: Audio Musica & Tecnologia, Novembro 2006. Disponível em: <<http://www.musitec.com.br/revistas/?c=2110>> Acesso em: 20 mar. 2019.

TELE52, Tele52. *Rooms and Interiors*. [S. l.]: Envato Market, 20 mai. 2019. Disponível em: <https://graphicriver.net/user/tele52>. Acesso em: 11 out. 2019.

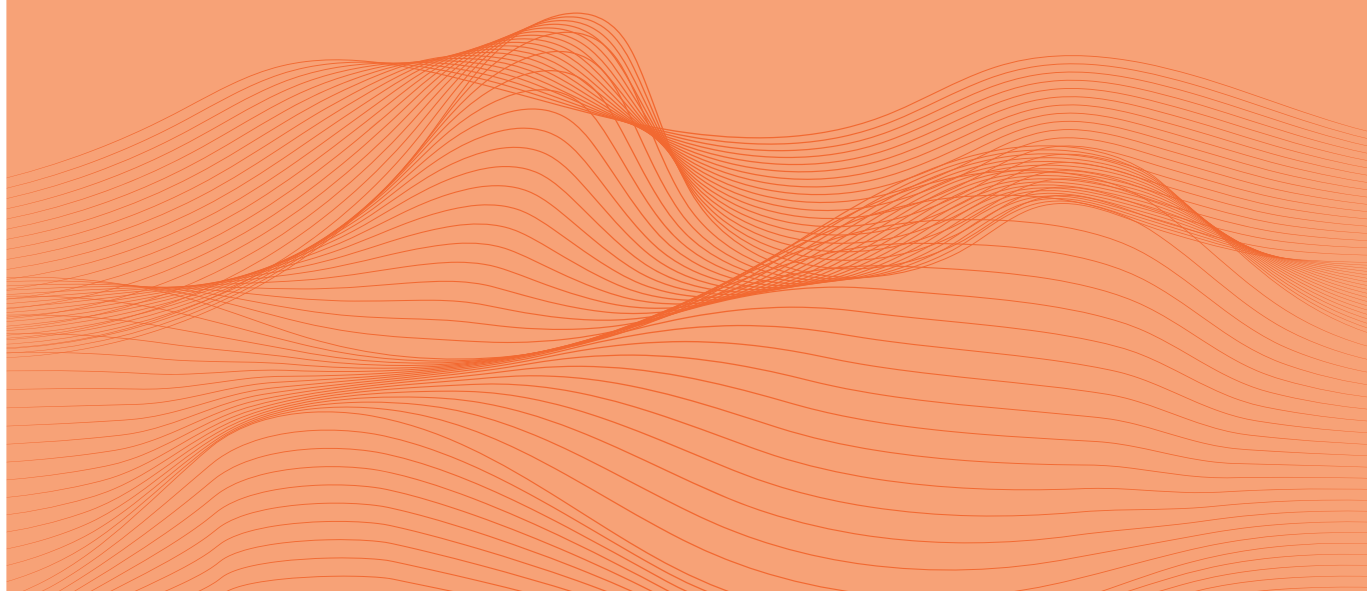
VALLE, Sólton do. **Manual prático de acústica**. 3. ed. Rio de Janeiro. Música & Tecnologia, 2009. 355p.

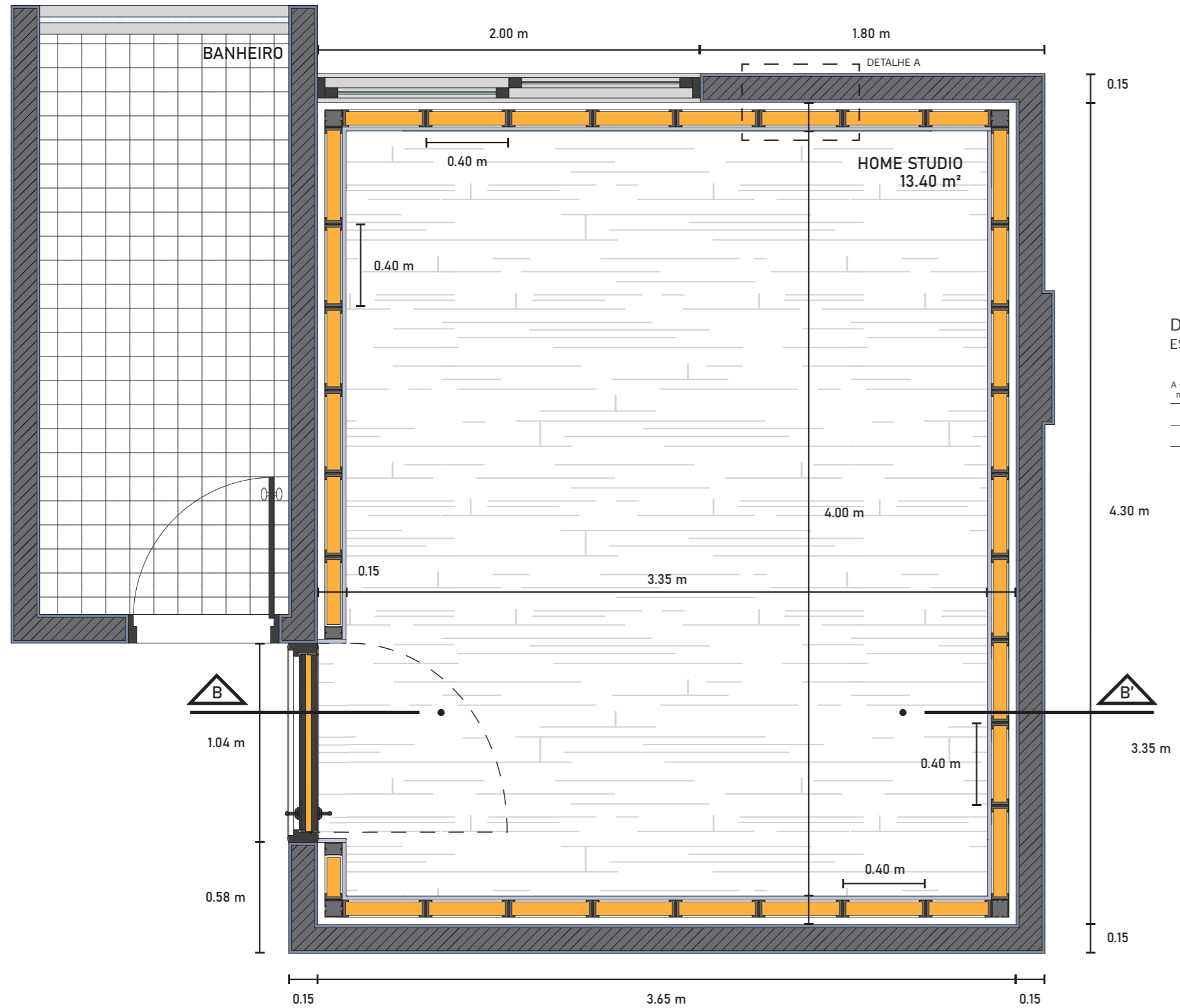
VIBRASHOP. **Porta acústica profissional 50 dB - com fecho**. [S. l.]: VibraShop, 2021. Disponível em: <https://www.vibrashop.com.br/portas-acusticas/porta-acustica-50db>. Acesso em: 14 dez. 2021.

WALSH, Michael. **Understanding Audio Interfaces: DACs, Bit Depth, Sampling Rate, Analog vs Digital**. 10 de Novembro, 2011. Disponível em: <http://blog.dubspot.com/understanding-audio-interfaces/>. Acesso em: 27 mar. 2018.

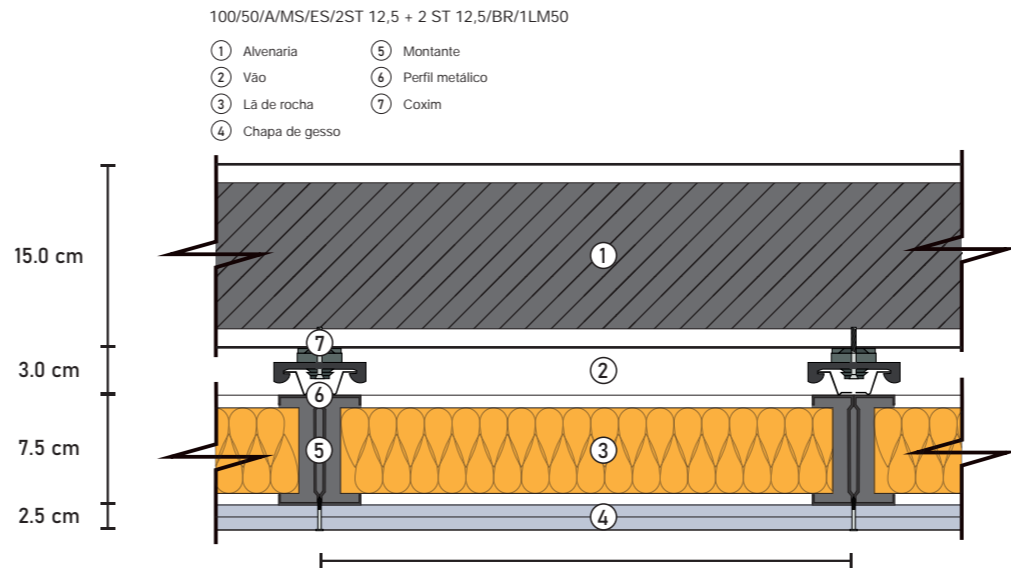
WRIGHT, Chris Mayes. **A Beginners' Guide To Acoustic Treatment: Treat Yourself**. Dezembro, 2009. Disponível em: <https://www.soundonsound.com/sound-advice/beginners-guide-acoustic-treatment>. Acesso em: 16 maio 2017.

ANEXOS



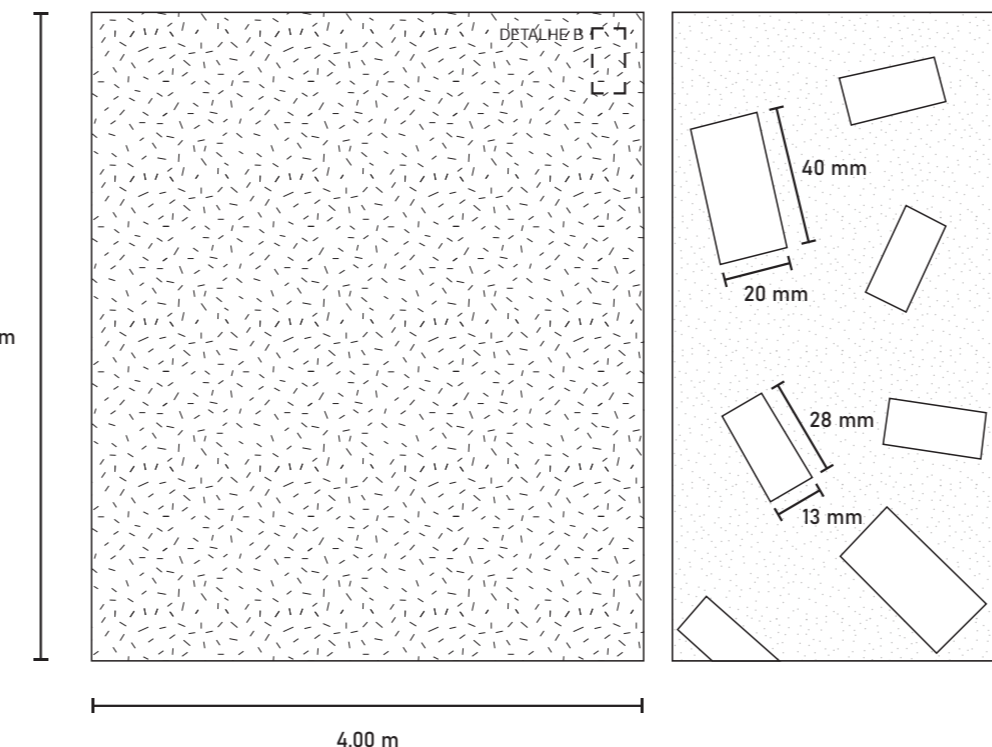


PLANTA BAIXA - ISOLAMENTO ACÚSTICO
ESCALA 1:25



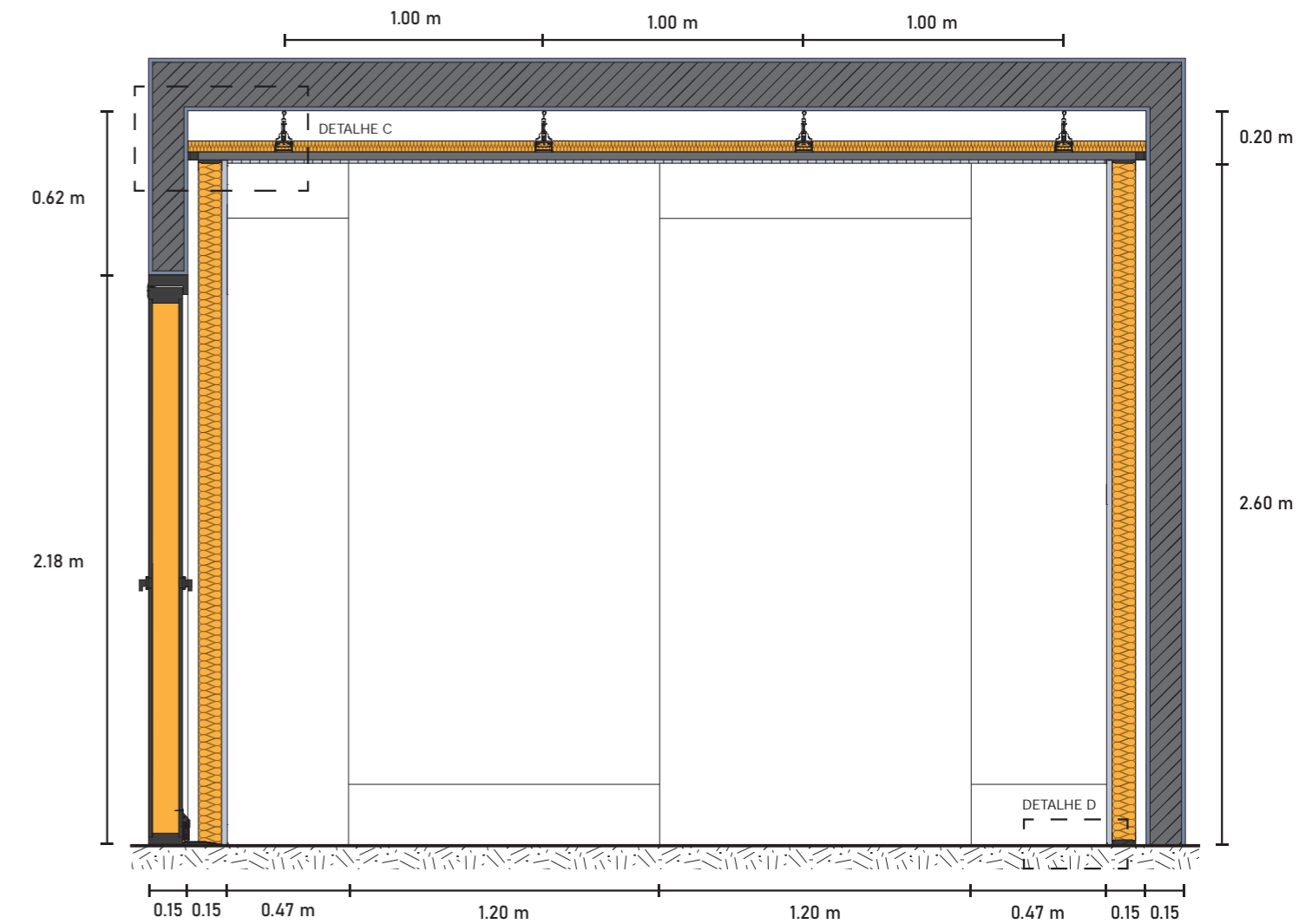
DETALHE A - PAREDE DRYWALL
ESCALA 1:10

A = Distância entre montantes (mm)	Altura limite da parede (m)		Quantidade de chapas	Espessura das chapas (mm)	Isolamento acústico R _w (dB)	Resistência ao fogo (minutos)		Peso da parede (kg/m²)
	Simples	Duplos				ST	RF	
600	2,90	3,50	2	12,5	50 dB	CF 60	CF 90	43
400	3,20	3,80						

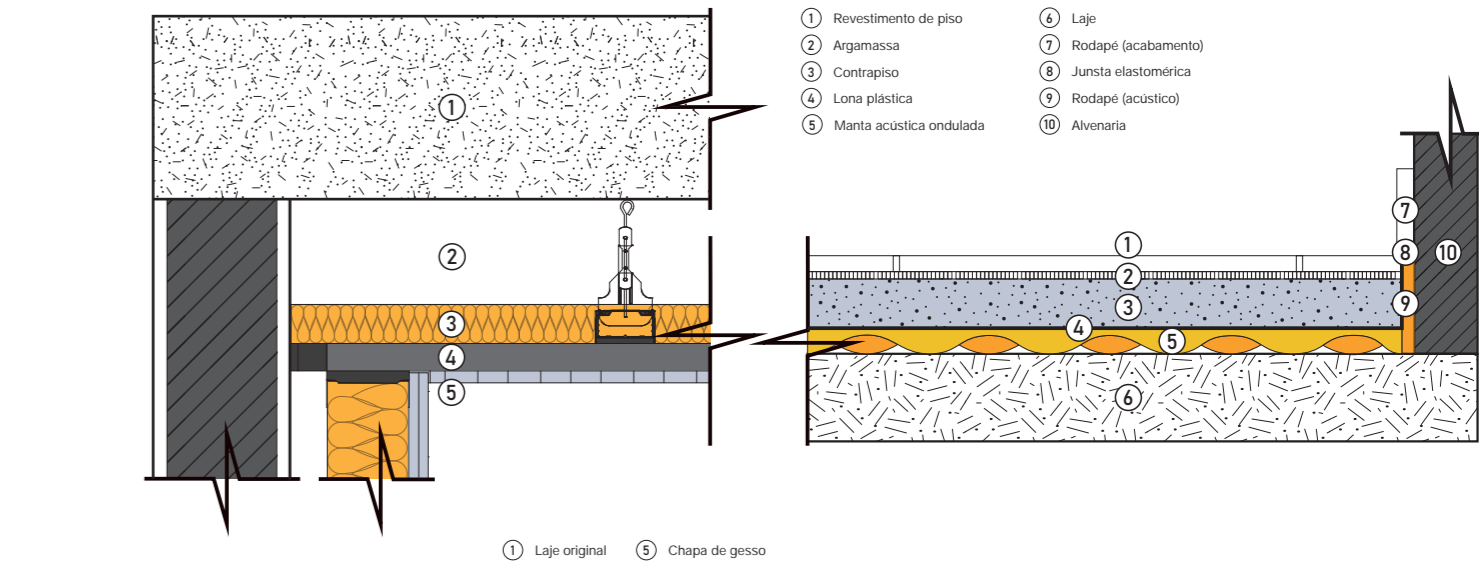


GESSO ACARTONADO PERFURADO
ESCALA 1:50

DETALHE B - PERFURAÇÃO
ESCALA N/D

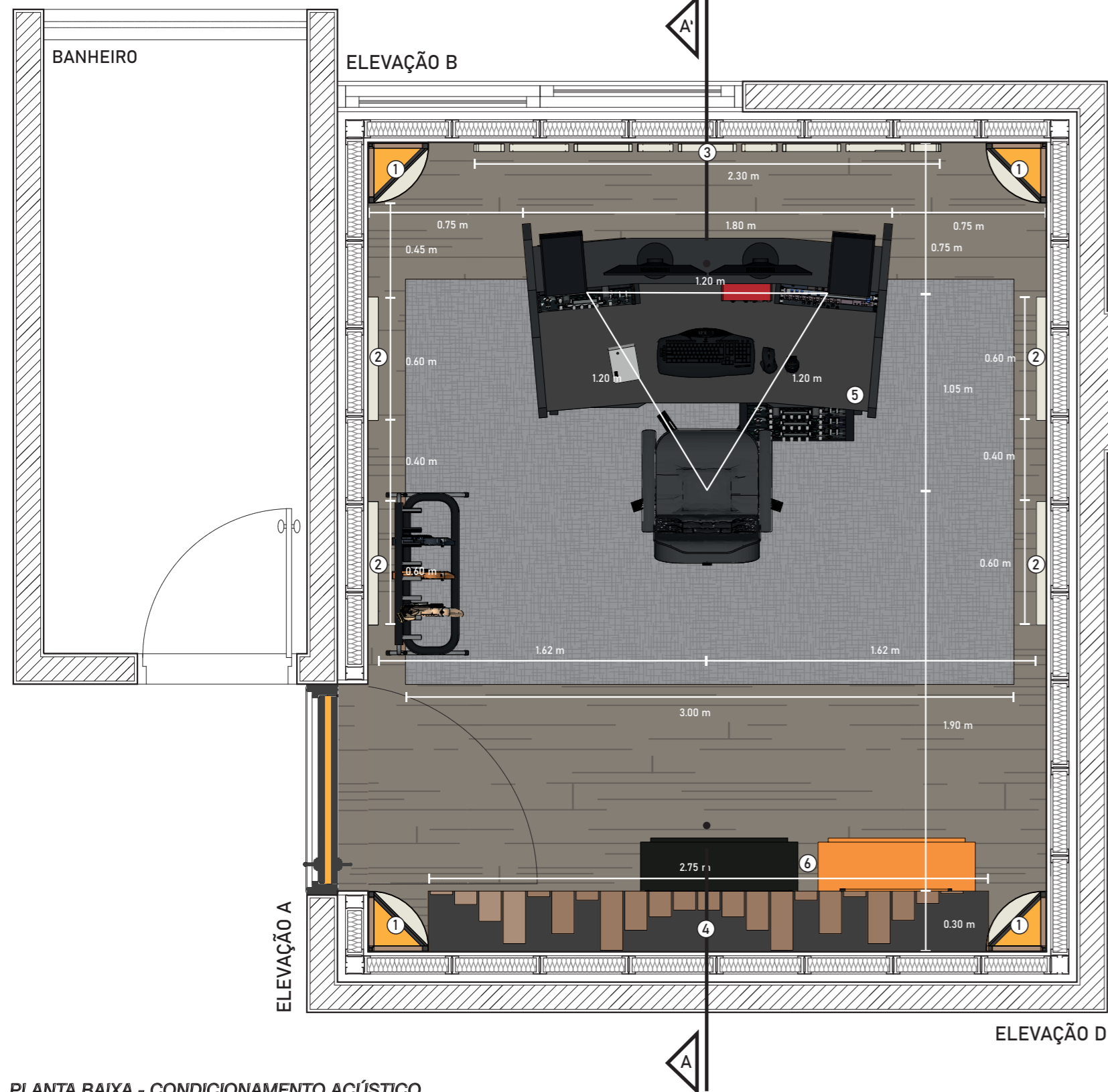


CORTE BB' - ISOLAMENTO ACÚSTICO
ESCALA 1:25

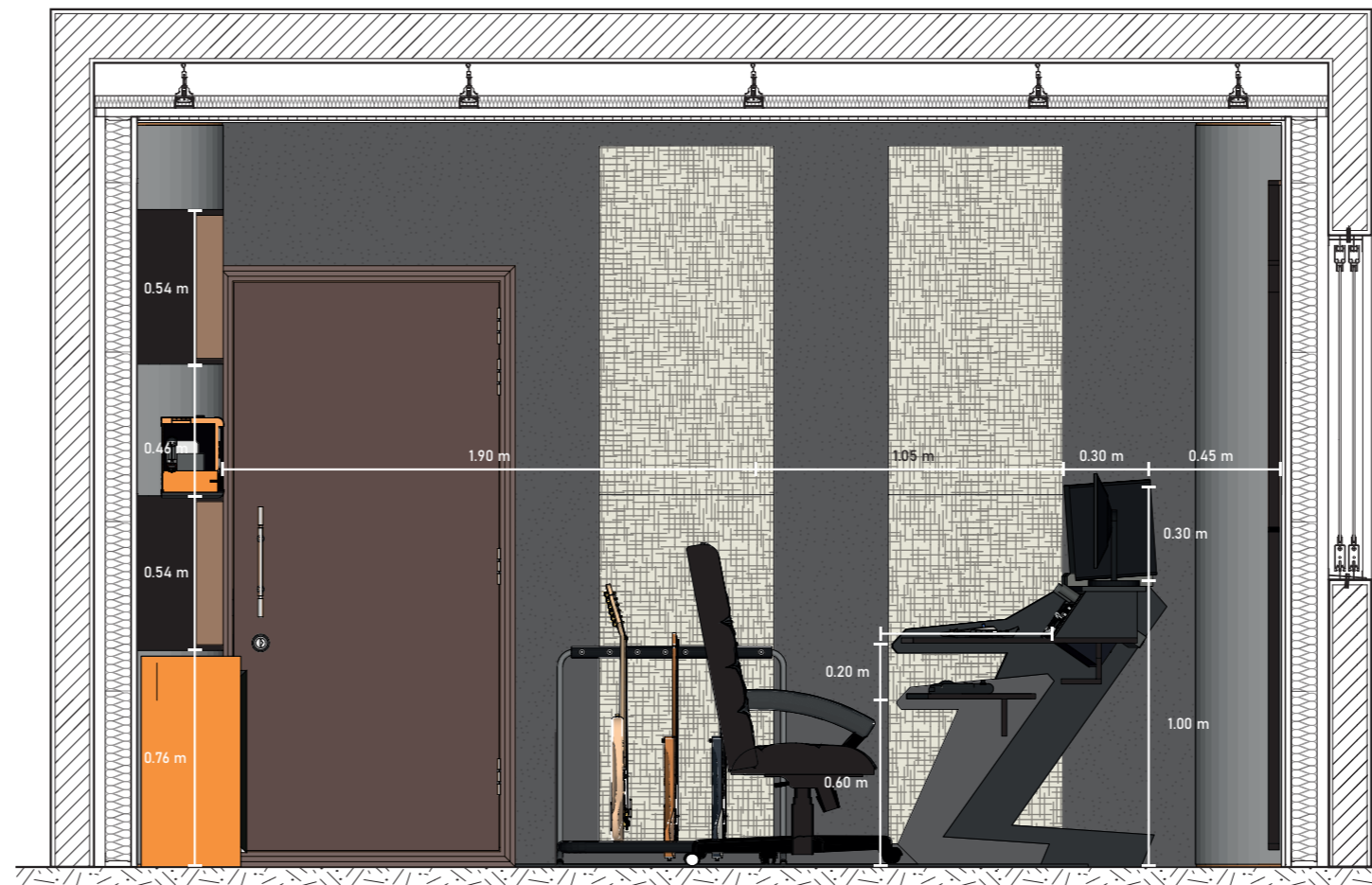


DETALHE C - FORRO DRYWALL
ESCALA 1:15

DETALHE D - MANTA ONDULADA
ESCALA N/D



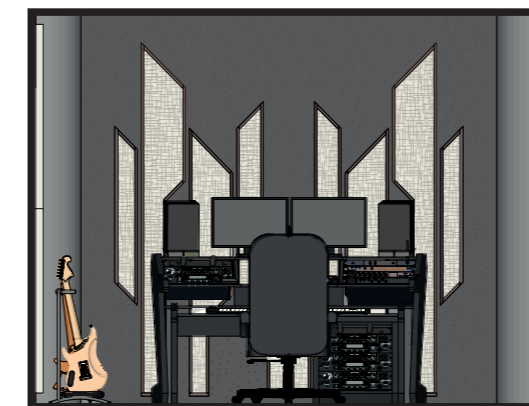
PLANTA BAIXA - CONDICIONAMENTO ACÚSTICO
ESCALA 1:25



CORTE AA' - CONDICIONAMENTO ACÚSTICO
ESCALA 1:25



ELEVAÇÃO A - VISTA
ESCALA 1:50



ELEVAÇÃO B - VISTA
ESCALA 1:50



ELEVAÇÃO C - VISTA
ESCALA 1:50

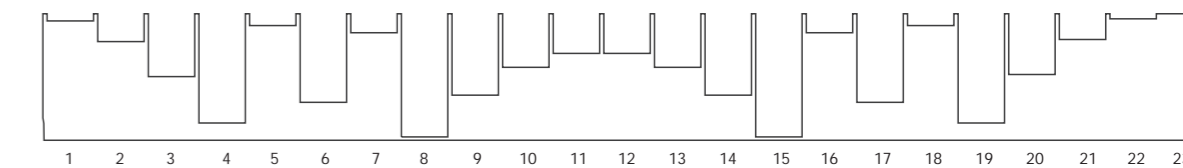


ELEVAÇÃO D - VISTA
ESCALA 1:50

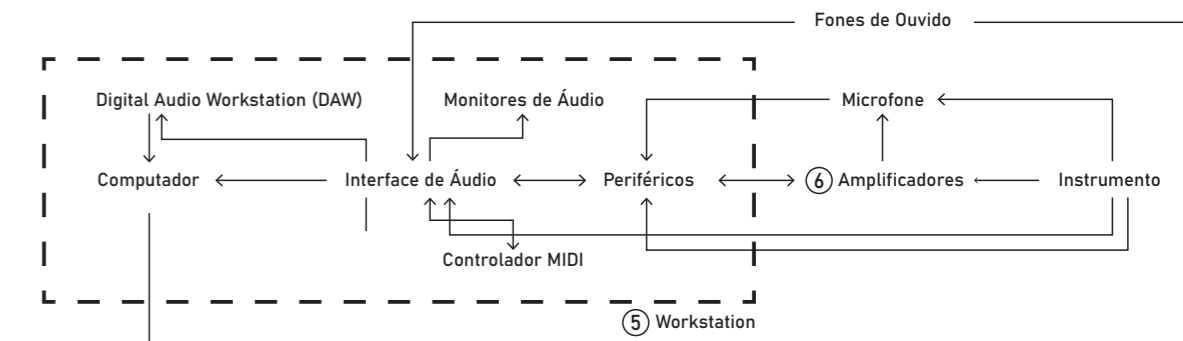
DISPOSITIVOS ACÚSTICOS

- ① Bass Trap (Armadilhas de graves)
Dimensões: 0.30 m x 0.30 m x 2.60 m Área: 6.24 m² Quantidade: 4 unidades
- ② Absorvedor Customizado
Dimensões: Painéis variáveis Área: 2.42 m² Quantidade: 1 unidade
- ③ Absorvedor Padrão
Dimensões: 0.60 m x 0.05 m x 1.20 m Área: 5.76 m² Quantidade: 4 unidades
- ④ Difusor QRD 23
Dimensões: 2.76 m x 0.30 m x 0.54 m Área: 3.00 m² Quantidade: 2 unidades

1	1.7 cm	Sn = 1	7	5.0 cm	Sn = 3	13	13.2 cm	Sn = 8	19	26.4 cm	Sn = 16
2	6.6 cm	Sn = 4	8	29.7 cm	Sn = 18	14	19.8 cm	Sn = 12	20	14.9 cm	Sn = 9
3	14.9 cm	Sn = 9	9	19.8 cm	Sn = 12	15	29.7 cm	Sn = 18	21	6.6 cm	Sn = 4
4	26.4 cm	Sn = 16	10	13.2 cm	Sn = 8	16	5.0 cm	Sn = 3	22	1.7 cm	Sn = 1
5	3.3 cm	Sn = 2	11	9.9 cm	Sn = 6	17	21.5 cm	Sn = 13	23	0.0 cm	Sn = 0
6	21.5 cm	Sn = 13	12	9.9 cm	Sn = 6	18	3.3 cm	Sn = 2	Largura = 12 cm Banda = 321 Hz - 1748 Hz		



EQUIPAMENTOS DE ÁUDIO



EDIFÍCIO A – PAJUÇARA

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
2	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
3	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
4	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
5	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
6	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
7	3,00	3,30	2,60	✓	DBN REGULAR
8	3,00	3,30	2,60	✓	DBN REGULAR
9	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
10	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
11	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
12	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
13	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM
14	2,70	3,15	2,60	✓	DBN RUIM

TOTAL: 14 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 02 DBN RUIM: 12 DBN PÉSSIMO: 00

EDIFÍCIO B – PONTA VERDE

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,70	3,35	2,50		DBN REGULAR
2	2,80	3,55	2,50		DBN REGULAR
3	2,70	3,10	2,50		DBN RUIM
4	2,60	4,00	2,50		DBN RUIM
5	2,90	3,20	2,50		DBN RUIM
6	2,75	3,65	2,50		DBN REGULAR
7	2,75	4,15	2,50		DBN REGULAR
8	2,70	4,15	2,50		DBN REGULAR
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1					
2					
3					
4					
5	2,65	3,80	2,50	✓	DBN RUIM
6					
7					
8					

TOTAL: 09 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 05 DBN RUIM: 04 DBN PÉSSIMO: 00

EDIFÍCIO C – JATIÚCA

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,15	3,35	2,60		DBN REGULAR
2	3,15	3,36	2,60		DBN REGULAR
3	2,60	2,85	2,60		DBN RUIM
4	2,60	6,02	2,60		DBN RUIM
5	2,60	6,02	2,60		DBN RUIM
6	2,60	2,85	2,60		DBN RUIM
7	2,95	3,23	2,60		DBN RUIM
8	2,95	2,32	2,60		DBN RUIM
9	2,60	2,85	2,60		DBN RUIM
10	2,60	6,02	2,60		DBN RUIM
11	2,60	6,02	2,60		DBN RUIM
12	2,60	2,85	2,60		DBN RUIM
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1					
2					
3	2,70	4,20	2,60	✓	DBN RUIM
4					
5					
6	3,70	4,20	2,60	✓	DBN ÓTIMO
7					
8					
9	3,70	4,20	2,60	✓	DBN RUIM
10					
11					
12	2,77	4,20	2,60	✓	DBN RUIM

TOTAL: 16 DBN ÓTIMO: 01 DBN REGULAR: 02 DBN RUIM: 13 DBN PÉSSIMO: 00

EDIFÍCIO D – PONTA VERDE

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,40	2,80	2,45		DBN PÉSSIMO
2	2,40	2,80	2,45		DBN PÉSSIMO
3	2,40	2,80	2,45		DBN PÉSSIMO
4	2,40	2,80	2,45		DBN PÉSSIMO
5	2,40	2,80	2,45		DBN PÉSSIMO
6	2,40	2,80	2,45		DBN PÉSSIMO
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,55	3,95	2,45	✓	DBN RUIM
2	2,40	3,95	2,45	✓	DBN PÉSSIMO
3	2,55	3,95	2,45	✓	DBN RUIM
4	2,55	3,95	2,45	✓	DBN RUIM
5	2,40	3,95	2,45	✓	DBN PÉSSIMO
6	2,55	3,95	2,45	✓	DBN RUIM

TOTAL: 12 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 00 DBN RUIM: 04 DBN PÉSSIMO: 08

EDIFÍCIO E – JATIUCA

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,65	3,50	2,50	✓	DBN RUIM
2	2,65	4,30	2,50	✓	DBN RUIM
3	2,65	3,30	2,50		DBN RUIM
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1					
2					
3	2,65	3,24	2,50	✓	DBN RUIM
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1					
2					
3	2,65	3,50	2,50	✓	DBN RUIM

TOTAL: 05 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 00 DBN RUIM: 05 DBN PÉSSIMO: 00

EDIFÍCIO F – GRUTA DE LOURDES

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,45	3,25	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
2	2,85	3,35	2,50	✓	DBN REGULAR
3	2,40	4,40	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
4	2,40	4,40	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
5	2,40	4,40	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
6	2,85	3,35	2,50	✓	DBN REGULAR
7	2,45	3,25	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,20	3,25	2,50		DBN PÉSSIMO
2	2,20	2,90	2,50		DBN PÉSSIMO
3	2,20	2,90	2,50		DBN PÉSSIMO
4	2,20	2,90	2,50		DBN PÉSSIMO
5	2,20	2,90	2,50		DBN PÉSSIMO
6	2,20	2,90	2,50		DBN PÉSSIMO
7	2,20	3,25	2,50		DBN PÉSSIMO
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1					
2	2,40	2,90	2,50		DBN PÉSSIMO
3					
4					
5					
6	2,40	2,90	2,50		DBN PÉSSIMO
7					

TOTAL: 16 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 02 DBN RUIM: 00 DBN PÉSSIMO: 14

EDIFÍCIO G – PONTA DA TERRA

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,25	3,10	2,50		DBN PÉSSIMO
2	2,25	3,10	2,50		DBN PÉSSIMO
3	2,25	3,00	2,50		DBN PÉSSIMO
4	2,25	3,00	2,50		DBN PÉSSIMO
5	2,25	3,00	2,50		DBN PÉSSIMO
6	2,25	3,10	2,50		DBN PÉSSIMO
7	2,25	3,10	2,50		DBN PÉSSIMO
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,35	2,85	2,50		DBN PÉSSIMO
2	2,35	2,85	2,50		DBN PÉSSIMO
3	2,35	4,15	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
4	2,35	4,15	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
5	2,35	4,15	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
6	2,35	2,85	2,50		DBN PÉSSIMO
7	2,35	2,85	2,50		DBN PÉSSIMO
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,60	3,45	2,50	✓	DBN RUIM
2	2,60	3,45	2,50	✓	DBN RUIM
3					
4					
5					
6	2,60	3,45	2,50	✓	DBN RUIM
7	2,60	3,45	2,50	✓	DBN RUIM

TOTAL: 18 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 00 DBN RUIM: 04 DBN PÉSSIMO: 14

EDIFÍCIO H – PONTA VERDE

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,50	3,27	2,60		DBN PÉSSIMO
2	2,29	3,05	2,60		DBN PÉSSIMO
3	2,40	2,80	2,60		DBN PÉSSIMO
4	2,40	2,80	2,60		DBN PÉSSIMO
5	2,40	3,30	2,60		DBN PÉSSIMO
6	2,50	3,27	2,60		DBN PÉSSIMO
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,40	2,73	2,60		DBN PÉSSIMO
2	2,40	3,30	2,60		DBN PÉSSIMO
3	2,40	3,95	2,60	✓	DBN PÉSSIMO
4	2,40	3,95	2,60	✓	DBN PÉSSIMO
5	2,30	3,05	2,60		DBN PÉSSIMO
6	2,40	2,73	2,60		DBN PÉSSIMO
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,40	4,28	2,60	✓	DBN PÉSSIMO
2	2,53	3,30	2,60	✓	DBN PÉSSIMO
3			2,60		
4			2,60		
5	2,53	3,30	2,60	✓	DBN PÉSSIMO
6	2,40	4,28	2,60	✓	DBN PÉSSIMO

TOTAL: 16 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 00 DBN RUIM: 00 DBN PÉSSIMO: 16

EDIFÍCIO I – PINHEIRO

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,40	3,55	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
2	2,25	3,15	2,50		DBN PÉSSIMO
3	2,40	3,55	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
4	2,40	3,55	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
5	2,25	3,15	2,50		DBN PÉSSIMO
6	2,40	3,55	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,40	3,20	2,50		DBN PÉSSIMO
2	2,55	3,15	2,50		DBN PÉSSIMO
3	2,40	3,20	2,50		DBN PÉSSIMO
4	2,40	3,20	2,50		DBN PÉSSIMO
5	2,55	3,15	2,50		DBN PÉSSIMO
6	2,40	3,20	2,50		DBN PÉSSIMO
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,19	2,50	2,50		DBN PÉSSIMO
2					
3	2,19	2,50	2,50		DBN PÉSSIMO
4	2,19	2,50	2,50		DBN PÉSSIMO
5					
6	2,19	2,50	2,50		DBN PÉSSIMO

TOTAL: 16 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 00 DBN RUIM: 00 DBN PÉSSIMO: 16

EDIFÍCIO J – PINHEIRO

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,65	3,00	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
2	2,30	4,35	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
3	2,20	3,40	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
4	2,17	4,60	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
5	2,52	3,40	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
6	2,52	3,40	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
7	2,40	4,30	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
8	2,40	4,30	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
9	2,55	3,40	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
10	2,30	4,35	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
11	2,40	3,00	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,40	3,00	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
2	3,35	2,20	2,75		DBN PÉSSIMO
3	2,55	3,40	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
4	2,20	3,30	2,75		DBN PÉSSIMO
5	2,90	2,20	2,75		DBN PÉSSIMO
6	2,90	2,20	2,75		DBN PÉSSIMO
7	2,20	3,30	2,75		DBN PÉSSIMO
8	2,20	3,30	2,75		DBN PÉSSIMO
9	2,15	3,40	2,75	✓	DBN PÉSSIMO
10	2,20	3,35	2,75		DBN PÉSSIMO
11	2,47	3,00	2,75	✓	DBN PÉSSIMO

QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,20	3,60	2,75		DBN PÉSSIMO
2					
3	2,20	2,93	2,75		DBN PÉSSIMO
4					
5					
6					
7					
8					
9	2,20	2,93	2,75		DBN PÉSSIMO
10					
11	2,20	2,93	2,75		DBN PÉSSIMO

TOTAL: 12 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 02 DBN RUIM: 08 DBN PÉSSIMO: 02

EDIFÍCIO K – PAJUÇARA

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,87	3,10	2,50	✓	DBN RUIM
2	2,80	3,50	2,50	✓	DBN REGULAR
3	2,80	3,50	2,50	✓	DBN REGULAR
4	2,87	3,10	2,50	✓	DBN RUIM
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,87	3,10	2,50		DBN RUIM
2	2,65	3,55	2,50		DBN RUIM
3	2,65	3,55	2,50		DBN RUIM
4	2,87	3,10	2,50		DBN RUIM
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,18	2,87	2,50		DBN PÉSSIMO
2	2,55	3,12	2,50		DBN RUIM
3	2,55	3,12	2,50		DBN RUIM
4	2,18	2,87	2,50		DBN PÉSSIMO

TOTAL: 12 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 02 DBN RUIM: 08 DBN PÉSSIMO: 02

EDIFÍCIO L – JATIUCA

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,67	2,70	2,65	✓	DBN RUIM
2	2,67	2,70	2,65	✓	DBN RUIM
3	2,59	3,33	2,65	✓	DBN PÉSSIMO
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,10	2,48	2,65	✓	DBN PÉSSIMO
2	2,10	2,46	2,65		DBN PÉSSIMO
3	2,14	2,57	2,65		DBN PÉSSIMO
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,50	3,00	2,65		DBN PÉSSIMO
2	2,50	3,00	2,65	✓	DBN PÉSSIMO
3	2,50	3,00	2,65		DBN PÉSSIMO

TOTAL: 09 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 00 DBN RUIM: 02 DBN PÉSSIMO: 07

EDIFÍCIO M – JATIUCA

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,10	3,72	2,70	✓	DBN REGULAR
2	3,05	3,18	2,70	✓	DBN RUIM
3	3,05	3,18	2,70	✓	DBN RUIM
4	3,10	3,72	2,70	✓	DBN REGULAR
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,30	4,80	2,70	✓	DBN PÉSSIMO
2	2,80	3,19	2,70	✓	DBN RUIM
3	2,80	3,19	2,70	✓	DBN RUIM
4	2,30	4,80	2,70	✓	DBN PÉSSIMO
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,37	3,70	2,70		DBN PÉSSIMO
2	2,20	4,35	2,70		DBN PÉSSIMO
3	2,20	4,35	2,70		DBN PÉSSIMO
4	2,37	3,70	2,70		DBN PÉSSIMO
TOTAL: 12					
DBN ÓTIMO: 00		DBN REGULAR: 02		DBN RUIM: 04	
DBN PÉSSIMO: 06					

EDIFÍCIO N – PONTA VERDE

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,09	4,38	2,50	✓	DBN REGULAR
2	3,00	3,45	2,50	✓	DBN REGULAR
3	3,00	3,45	2,50	✓	DBN REGULAR
4	3,09	4,38	2,50	✓	DBN REGULAR
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,03	3,91	2,50	✓	DBN ÓTIMO
2	3,00	3,50	2,50	✓	DBN REGULAR
3	3,00	3,50	2,50	✓	DBN REGULAR
4	3,03	3,91	2,50	✓	DBN ÓTIMO
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,72	3,91	2,50		DBN REGULAR
2	3,00	3,50	2,50		DBN REGULAR
3	3,00	3,50	2,50		DBN REGULAR
4	2,72	3,91	2,50		DBN REGULAR
QUARTO SERVIÇO					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,29	2,67	2,50		DBN PÉSSIMO
2	2,00	3,05	2,50		DBN PÉSSIMO
3	2,00	3,05	2,50		DBN PÉSSIMO
4	2,29	2,67	2,50		DBN PÉSSIMO
TOTAL: 16					
DBN ÓTIMO: 02		DBN REGULAR: 10		DBN RUIM: 00	
DBN PESSIMO: 04					

EDIFÍCIO O – JACARECICA

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,75	3,95	2,50	✓	DBN REGULAR
2	2,70	3,95	2,50	✓	DBN REGULAR
3	2,70	3,95	2,50	✓	DBN REGULAR
4	2,75	3,95	2,50	✓	DBN REGULAR
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,75	3,95	2,50	✓	DBN REGULAR
2	2,65	3,70	2,50	✓	DBN RUIM
3	2,65	3,70	2,50	✓	DBN RUIM
4	2,75	3,95	2,50	✓	DBN REGULAR
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,98	3,00	2,50	✓	DBN RUIM
2	2,60	3,75	2,50	✓	DBN RUIM
3	2,60	3,75	2,50	✓	DBN RUIM
4	2,98	3,00	2,50	✓	DBN RUIM
QUARTO SERVIÇO					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,00	2,14	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
2	2,02	2,45	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
3	2,02	2,45	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
4	2,00	2,14	2,50	✓	DBN PÉSSIMO

TOTAL: 16 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 06 DBN RUIM: 06 DBN PÉSSIMO: 04

EDIFÍCIO P – JATIÚCA

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,06	4,06	2,50	✓	DBN ÓTIMO
2	3,31	4,01	2,50	✓	DBN ÓTIMO
3	2,76	5,11	2,50	✓	DBN REGULAR
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,60	3,58	2,50	✓	DBN RUIM
2	2,90	3,61	2,50	✓	DBN ÓTIMO
3	2,71	4,01	2,50	✓	DBN REGULAR
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,70	4,11	2,50	✓	DBN REGULAR
2	2,60	4,66	2,50	✓	DBN RUIM
3	2,61	3,81	2,50	✓	DBN RUIM
QUARTO SERVIÇO					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,00	2,00	2,50	✓	DBN REGULAR
2	1,96	2,22	2,50	✓	DBN RUIM
3	2,01	2,36	2,50	✓	DBN RUIM

TOTAL: 12 DBN ÓTIMO: 03 DBN REGULAR: 03 DBN RUIM: 03 DBN PÉSSIMO: 03

EDIFÍCIO Q – FAROL

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,46	4,40	2,50	✓	DBN ÓTIMO
2	2,70	4,32	2,50		DBN REGULAR
3	2,70	4,32	2,50		DBN REGULAR
4	3,46	4,40	2,50	✓	DBN ÓTIMO
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,85	3,95	2,50	✓	DBN REGULAR
2	3,10	4,01	2,50	✓	DBN ÓTIMO
3	3,10	4,01	2,50	✓	DBN ÓTIMO
4	2,85	3,95	2,50	✓	DBN REGULAR
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,90	3,11	2,50		DBN ÓTIMO
2	3,00	4,01	2,50		DBN ÓTIMO
3	3,00	4,01	2,50		DBN ÓTIMO
4	3,90	3,11	2,50		DBN ÓTIMO
QUARTO SERVIÇO					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	1,86	2,00	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
2	2,10	2,56	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
3	2,10	2,56	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
4	1,86	2,00	2,50	✓	DBN PÉSSIMO

TOTAL: 16 DBN ÓTIMO: 08 DBN REGULAR: 04 DBN RUIM: 00 DBN PÉSSIMO: 04

EDIFÍCIO R – FAROL

QUARTO 01					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,60	3,75	2,50	✓	DBN RUIM
2	2,60	3,75	2,50	✓	DBN RUIM
3	2,60	3,75	2,50	✓	DBN RUIM
4	2,60	3,75	2,50	✓	DBN RUIM
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,50	3,30	2,50	✓	DBN RUIM
2	2,50	3,30	2,50	✓	DBN RUIM
3	2,50	3,30	2,50	✓	DBN RUIM
4	2,50	3,30	2,50	✓	DBN RUIM
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,45	3,30	2,50		DBN RUIM
2	2,50	3,30	2,50		DBN RUIM
3	2,50	3,30	2,50		DBN RUIM
4	2,45	3,30	2,50		DBN RUIM
QUARTO SERVIÇO					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,35	2,81	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
2	2,00	3,00	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
3	2,00	3,00	2,50	✓	DBN PÉSSIMO
4	2,35	2,81	2,50	✓	DBN PÉSSIMO

TOTAL: 16 DBN ÓTIMO: 00 DBN REGULAR: 00 DBN RUIM: 12 DBN PÉSSIMO: 04

EDIFÍCIO S – PONTA VERDE

SUITE MASTER					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,00	5,60	2,55	✓	DBN REGULAR
2	3,65	4,30	2,55	✓	DBN ÓTIMO
3	3,65	4,30	2,55	✓	DBN ÓTIMO
4	3,00	5,60	2,55	✓	DBN REGULAR
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,10	3,93	2,55	✓	DBN ÓTIMO
2	3,25	3,90	2,55	✓	DBN ÓTIMO
3	3,25	3,90	2,55	✓	DBN ÓTIMO
4	3,10	3,93	2,55	✓	DBN ÓTIMO
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,80	3,93	2,55	✓	DBN REGULAR
2	3,25	3,90	2,55	✓	DBN ÓTIMO
3	3,25	3,90	2,55	✓	DBN ÓTIMO
4	2,80	3,93	2,55	✓	DBN REGULAR
QUARTO SERVIÇO					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	1,90	2,50	2,55		DBN PÉSSIMO
2	1,85	3,00	2,55	✓	DBN PÉSSIMO
3	1,85	3,00	2,55	✓	DBN PÉSSIMO
4	1,90	2,50	2,55		DBN PÉSSIMO

TOTAL: 16 DBN ÓTIMO: 08 DBN REGULAR: 04 DBN RUIM: 00 DBN PÉSSIMO: 04

EDIFÍCIO T – PONTA VERDE

SUITE MASTER					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,25	5,02	2,50	✓	DBN REGULAR
2	3,00	6,90	2,50	✓	DBN REGULAR
3	3,25	5,02	2,50	✓	DBN REGULAR
QUARTO 02					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,11	3,24	2,50	✓	DBN RUIM
2	2,80	4,70	2,50	✓	DBN REGULAR
3	3,11	3,24	2,50	✓	DBN RUIM
QUARTO 03					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,55	3,80	2,50	✓	DBN REGULAR
2	2,80	4,70	2,50	✓	DBN REGULAR
3	3,55	3,80	2,50	✓	DBN REGULAR
QUARTO 04					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	3,15	4,40	2,50	✓	DBN ÓTIMO
2	2,80	5,41	2,50	✓	DBN REGULAR
3	3,15	4,40	2,50	✓	DBN ÓTIMO
QUARTO SERVIÇO					
APT	DIMENSÕES				DIAGRAMA DE BOLT
TERMINAÇÃO	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	SUÍTE	
1	2,00	3,00	2,50		DBN PÉSSIMO
2	2,00	2,85	2,50		DBN PÉSSIMO
3	2,00	3,00	2,50		DBN PÉSSIMO

TOTAL: 15

DBN ÓTIMO: 02

DBN REGULAR: 08

DBN RUIM: 02

DBN PÉSSIMO: 03

TAMANHO MÉDIO DOS QUARTOS

APARTAMENTO DE 1 QUARTO				
	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	DIAGRAMA DE BOLT
MÉDIA	2,75	3,69	2,57	DBN RUIM

APARTAMENTO DE 2 QUARTOS				
	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	DIAGRAMA DE BOLT
MÉDIA	2,42	3,36	2,57	DBN PÉSSIMO
MÉDIA	2,52	3,53	2,57	DBN PÉSSIMO

APARTAMENTO DE 3 QUARTOS				
	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	DIAGRAMA DE BOLT
MÉDIA	2,60	3,27	2,59	DBN RUIM
MÉDIA	2,42	3,15	2,59	DBN PÉSSIMO
MÉDIA	2,38	3,26	2,59	DBN PÉSSIMO

APARTAMENTO DE 4 QUARTOS				
	LARGURA	COMPRIMENTO	ALTURA	DIAGRAMA DE BOLT
MÉDIA	2,97	4,21	2,51	DBN REGULAR
MÉDIA	2,86	3,74	2,51	DBN REGULAR
MÉDIA	2,88	3,65	2,51	DBN REGULAR
MÉDIA	2,03	2,56	2,51	DBN PÉSSIMO

ANÁLISE GERAL DOS QUARTOS

ANÁLISE GERAL QUARTOS					
TOTAL	288	24	50	79	135
	100%	8,33%	17,36%	27,43%	46,88%

ANÁLISE - APARTAMENTO DE 01 QUARTO					
TOTAL	31	0	9	22	0
	100%	0,00%	29,03%	70,97%	0,00%

ANÁLISE - APARTAMENTO DE 02 QUARTOS					
TOTAL	60	1	0	13	46
	100%	1,67%	0,00%	21,67%	76,67%

ANÁLISE - APARTAMENTO DE 03 QUARTOS					
TOTAL	90	0	6	21	63
	100%	0,00%	6,67%	23,33%	70,00%

ANÁLISE - APARTAMENTO DE 04 QUARTOS					
TOTAL	92	21	27	21	23
	100%	22,83%	29,35%	22,83%	25,00%

ANÁLISE - APARTAMENTO DE 05 QUARTOS					
TOTAL	15	2	8	2	3
	100%	13,33%	53,33%	13,33%	20,00%

