

Monografia

"TRATAMENTO ACÚSTICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Autor: Paulo Henrique de Faria

Orientadora: Prof^a. Maria Teresa Paulino Aguiar

Agosto/2013

PAULO HENRIQUE DE FARIA

TRATAMENTO ACÚSTICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia das construções

Orientadora: Prof^a. Maria Teresa Paulino Aguilar

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013

A minha família pelo apoio, carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por estar abençoando minha vida. A Arcelor Mittal por me oferecer esta oportunidade. Aos Professores do curso de Especialização em Construção Civil, da Escola de Engenharia da UFMG, em especial, à Professora Dra. Maria Teresa Paulino Aguiar, ilustre orientadora deste trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Conceito Geral.....	13
2.2 Propriedades Acústicas	18
2.3 Conforto Acústico	21
2.3.1 NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade	21
2.3.2 NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico.....	22
2.3.3 NBR 12179 – Tratamento acústico de recintos fechados	22
2.4 Tratamento Acústico.....	23
2.4.1 Absorção Acústica	23
2.4.2 Condicionamento Acústico	24
2.5 Materiais Acústicos.....	24
2.5.1 Lã de Vidro	24
2.5.2 Lã de Rocha	25
2.5.3 Vermiculite Expandida	26
2.5.4 <i>Drywall</i>	28
2.5.5 <i>Masterboard</i>	30
2.5.6 Vidro Duplo.....	31
2.5.7 Vidro Laminado.....	32
3. ESTUDO DE CASO	34
3.1 Descrição do Objeto de Estudo	34

3.2 Soluções Abortadas.....	37
3.2.1 Parede.....	37
3.2.2 Piso.....	40
3.2.3 Visor.....	41
3.2.4 Forro.....	42
3.2.5 Painel Vibrante.....	43
3.2.6 Portas.....	44
3.3 Avaliação.....	46
3.3.1 Econômica.....	46
3.3.2 Teste.....	46
4. CONCLUSÃO.....	48
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Amplitude da onda sonora (SOUZA, 2012).....	13
Figura 2 – Frequências audíveis e comprimento de onda (SOUZA, 2012).....	14
Figura 3: Distribuição da energia sonora com a distância (SOUZA, 2012).....	17
Figura 4: Curvas Isofônicas (SOUZA, 2012).....	17
Figura 5: Reflexão de raios em um espelho (SOUZA, 2012).....	18
Figura 6: Sombra acústica e frequências sonoras (SOUZA, 2012).....	19
Figura 7: Incidência sonora sobre Superfície (SOUZA, 2012).....	20
Figura 8: Ondas estacionárias (SOUZA, 2012).....	21
Figura 9: Lã de Vidro (Sengel Construções Ltda, 2011).....	24
Figura 10: Lã de Rocha (Sengel Construções Ltda, 2011).....	26
Figura 11: Vermiculita Expandida (reflatil, 2011).....	27
Figura 12: Divisórias em <i>Drywall</i> (Sengel Construções Ltda, 2011).....	28
Figura 13: Tipos de Placas de Gesso (Sengel Construções Ltda, 2011).....	29
Figura 14: Painel <i>Masterboard</i> (Placo Center, 2013).....	31
Figura 15: Vidro Duplo (Security, 2013).....	32
Figura 16: Vidro Laminado (Tecnovidro, 2013).....	33
Figura 17: Planta de localização dos blocos Plug Minas (Sengel Construções Ltda, 2012).....	35

Figura 18: <i>Lay Out</i> Valores de Minas (Sengel Construções Ltda, 2012).....	36
Figura 19: Esquema – Tratamento Acústico (Sengel Construções Ltda, 2012).....	37
Figura 20: Detalhe Sistema de Isolamento Acústica 3 (Sengel Construções Ltda, 2012).....	38
Figura 21: Detalhe Sistema de Isolamento Acústica 1 (Sengel Construções Ltda, 2012).....	38
Figura 22: Detalhe Sistema de Isolamento Acústica 4 (Sengel Construções Ltda, 2012).....	39
Figura 23: Detalhe Sistema de Isolamento Acústica 2 (Sengel Construções Ltda, 2012).....	40
Figura 24: Detalhe Piso Flutuante (Sengel Construções Ltda, 2012).....	41
Figura 25: Visor Triplo de Vidro (Sengel Construções Ltda, 2012).....	42
Figura 26: Forro de Gesso (Sengel Construções Ltda, 2012).....	43
Figura 27: Painéis Vibrantes (Sengel Construções Ltda, 2012).....	44
Figura 28: Porta Dupla com Visor (Sengel Construções Ltda, 2012).....	45
Figura 29: Porta Dupla com Visores (Sengel Construções Ltda, 2012).....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comprimento de Ondas por faixa de frequência (Moreira, 2009).....	15
--	----

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

NBR = Norma Brasileira

Hz = Hertz

λ = Comprimento da Onda

c = Velocidade de Propagação do Som

f = Frequência

W = Potência

NIS = Nível de Intensidade Sonora

NPS = Nível de Pressão Sonora

Pa = Pascal

I = Intensidade

r = Raio da Circunferência

π = Pi

dB = Decibel

OSB = Painel de Tiras de Madeira Orientadas

CRFS = Cimento Reforçado por Fios Sintéticos

SIA = Sistema de Isolamento Acústico

FR = Forro Gessonador

PV = Painel Vibrante

RESUMO

O tratamento acústico na construção civil é de grande importância na atualidade, principalmente com crescimento das áreas urbanas, que seguem gerando um aumento considerável na poluição sonora. Para proporcionar aos empreendimentos ambientes que apresentem condições acústicas com qualidade, assim, evitando-se efeitos psico-fisiológicos, estão disponíveis para consultas diversas normas técnicas e um conjunto de critérios, quer em fase de projeto ou no andamento da obra. Foi realizado um estudo do tratamento acústico aplicado no bloco 10 que pertence a um núcleo do Projeto Plug Minas, onde foi aplicado materiais com características acústicas e variados sistemas construtivos. Após conclusão da obra foram executados alguns testes/medição de ruídos que constataram vazamento acústico de um ambiente para outro através dos difusores de ar condicionado, o recurso técnico para solucionar o vazamento foi revestir os tubos flexíveis e equipamentos que pertencem ao sistema de ar condicionado com painel de lã mineral revestido em suas faces com lençol de chumbo.

Palavras-chave: *Conforto; Acústica; Drywall; Critérios; Normas.*

1. INTRODUÇÃO

A acústica é a ciência do som, envolvendo sua geração, transmissão e efeitos. A palavra som é muito ampla, enviada não apenas à sensação de audição, e também a tudo aquilo que é semelhante. O som é um movimento ondulatório mecânico, cujas vibrações sonoras se propagam no meio que está em torno de seu corpo sonoro, produzindo compressões e distensões sucessivas, com velocidade uniforme em todo seu perímetro, se a propriedade elástica do meio for igual em todos os pontos.

A acústica na construção civil é um assunto de grande importância na atualidade, principalmente pelo surgimento de novos empreendimentos que necessitam das funções acústicas em vários ambientes. Com o crescimento urbano nas cidades, é de extrema importância que as edificações e ambientes externos, passem por um tratamento acústico adequado, assim, evitando-se efeitos psicofisiológicos, como exemplo o estresse, distúrbio auditivo, hipertensão, etc., desenvolvidos por pessoas expostas a ruídos por um grande período. O objetivo da acústica na construção é garantir condições de conforto acústico nos edifícios, cumprindo um conjunto de critérios e normas técnicas que devem ser observadas no processo construtivo, quer em fase de projeto ou no andamento da obra.

A acústica na construção civil envolve a qualidade no espaço arquitetônico sob os aspectos de propagação do som de forma a diminuir os efeitos, redução de sua programação ou reforça-lo, quando se for necessário. Com a grande necessidade de tratamento acústico eficaz nas edificações, já na fase inicial de projeto é tratado com grande importância, iniciando estudos dos ambientes. Qualificar acusticamente o espaço requer do profissional conhecimento das interferências acústicas que o projeto tem em relação ao ambiente e suas consequências.

1.1 Objetivo

O objetivo do presente trabalho é fazer um estudo do tratamento acústico realizado no bloco 10 que pertence a um núcleo do Projeto Plug Minas e apresentar materiais com características acústicas aplicados na obra, observando um estudo de caso.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Conceitos Básicos

O som origina-se na vibração de um objeto, capaz de provocar a vibração de partículas do meio. Segundo Souza (2012), o meio de propagação do som é pelo ar até chegar ao ouvido do ser humano. Para essa propagação é de extrema necessidade o meio ser vibrante, mesmo que as vibrações sejam pequenas oscilações.

A amplitude é o deslocamento máximo de uma partícula em relação ao seu centro de equilíbrio, o número de vezes que uma partícula movimenta-se até completar o ciclo de compressão e rarefação em período de tempo, sua unidade de medida é em Hertz (Hz).

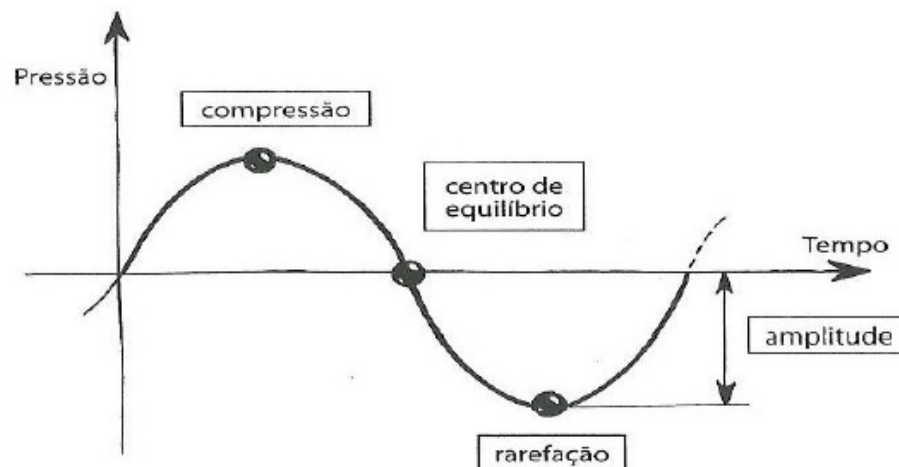


Figura 1 – Amplitude da onda sonora (SOUZA, 2012)

Grande parte das fontes sonoras são compostas por diversas frequências. Quando se trata de uma fonte sonora com frequência única, é chamada de tom puro. Na maioria das vezes as fontes sonoras emitem um tom mais complexo, com diversas frequências. O som mais agudo é aquele que contém frequências mais altas e maior número de oscilações temporais. Se tratando de sons com frequências baixas e menor número de oscilações temporais são considerados os sons graves. A frequência do som é medida através de suas oscilações temporais. De acordo com

Souza (2012), as frequências captadas por humanos devem se situar entre 20 e 20.000 Hz. São as frequências chamadas de infrassons e ultrassons.

Aumentar volume de um som, como é chamado popularmente, é na verdade, aumentar a intensidade sonora, não sua altura.

A distância entre duas vibrações sucessivas a partir de uma fonte é o comprimento da onda, de acordo com Souza (2012) é calculado pela Equação 2.1:

$$\lambda = c/f \quad (2.1)$$

onde λ é o comprimento da onda, c é a velocidade de propagação do som e f é a frequência.

A frequência do som e o comprimento da onda são opostos, quanto menor o comprimento da onda, maior é a frequência do som, assim, quanto maior a quantidade de vezes que se completa um ciclo em determinado intervalo de tempo, menor a distância existente entre esses ciclos.

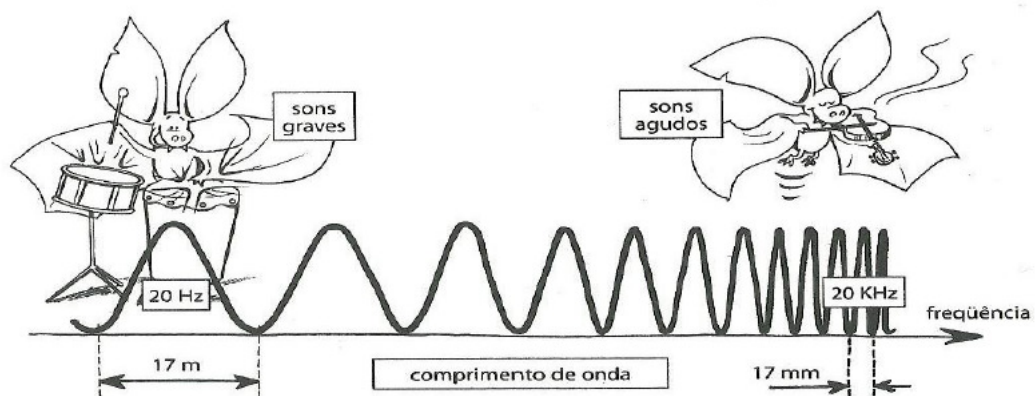


Figura 2 – Frequências audíveis e comprimento de onda (SOUZA, 2012)

Entre as frequências infrassons e ultrassons que são captadas pelo ouvido humano, o comprimento de onda pode variar entre 17mm a 17m. Como existem infinitas frequências audíveis, frequentemente são divididas em oito bandas de frequência em cada uma delas avaliam-se as propriedades dos materiais. A tabela 1 apresenta os comprimentos de onda e suas respectivas frequências:

Tabela 1 – Comprimento de Ondas por faixa de frequência (MOREIRA, 2009)

Frequência (Hz)	Comprimento de Onda (m)
63	5,46
125	2,75
250	1,38
500	0,69
1000	0,34
2000	0,17
4000	0,09
8000	0,04

Através do comprimento de onda pode-se identificar o comportamento acústico dos materiais, definindo as características do ambiente a se construir. Através do comprimento da onda, a frequência podendo sofrer ou não interferências quando se depara com obstáculos ou uma superfície. Quando se trata de ondas com menor comprimento, sons agudos podem sofrer perdas com interferências de obstáculos. Os sons graves, que são ondas com maior comprimento, dificilmente modificados quando se deparam com obstáculos.

O som não necessariamente tem que ser propagar em todos os sentidos na mesma intensidade. Existe uma tendência na qual a fonte sonora transmite maior energia em determinada direção que nas demais. Observando a voz humana, as médias e baixas frequências são distribuídas uniformemente em ângulos mais abertos, em relação às altas frequências que se concentram no eixo longitudinal da fonte.

Analisando uma fonte sonora emitida em campo aberto, sem interferências das superfícies, o som irá se propagar de forma esférica, exemplo de uma pedra arremessada em uma lagoa, serão geradas ondas concêntricas, quando a pedra alcançando a superfície da água. O mesmo efeito é visto quando uma fonte sonora emite um som, à medida que as ondas sonoras se afastam da fonte, a área de distribuição de energia aumenta e a potência por m^2 diminui.

De acordo com Souza (2012) para produzir um som mínimo perceptível ao ouvido humano é necessária uma potência baixa, nada mais que $10^{-12}W$, no momento da percepção do som, nota-se que a flutuação (compressão-rarefação) da pressão é

baixa, 2×10^{-5} N/m². É a menor flutuação de pressão capitada pelo ouvido humano como som.

Segundo Souza (2012) a faixa de pressão que provoca a sensação de audição é larga, pois enquanto linear de audição corresponde a 0,00002N/m², o linear da dor é considerado como 200 N/m². Na prática, além dessa escala ser de difícil controle, a percepção que o ouvido apresenta para pressão sonora ou para a intensidade sonora corresponde a uma resposta não linear, ou seja, dobrando seu valor, o ouvido não irá perceber o som como sendo duas vezes mais intenso.

O decibel corresponde a uma escala logarítmica, que se aproxima da percepção do ouvido humano, unidade de medida decibel (dB) que entra substituindo o estudo da pressão e intensidade sonora.

Como referência será utilizado o menor valor de intensidade sonora audível 10^{-12} W/m², que é correspondente a 0 dB. Com isso, teremos em decibéis o Nível de Intensidade Sonora (NIS) e o Nível de Pressão Sonora (NPS), de acordo com Souza (2012) são calculados com as equações 2.2 e 2.3:

$$NPS = 20 \log P/P_0 \text{ (dB)} \quad (2.2)$$

onde NPS é o nível de pressão sonora, P pressão sonora em Pa e P₀ pressão sonora de referência (10^{-12} Pa).

$$NIS = 10 \log I/I_0 \text{ (Db)} \quad (2.3)$$

onde NIS é o nível de intensidade sonora, I é a intensidade sonora em W/m² e I₀ é a intensidade sonora de referência.

Já na propagação esférica do som, trata-se que a intensidade sonora é a potencia em Watts pela área da esfera, seguir equação 2.4:

$$I = W/4\pi r^2 \quad (2.4)$$

onde I é a intensidade, W é a potência e r é o raio da circunferência.

Sabe-se que a propagação sonora é esférica, onde a área da esfera é igual ao quadrado do raio, ao se dobrar a distância ou raio entre a fonte e o receptor, a intensidade diminuirá 6 dB, podendo considerar que após dobrar a distância teremos uma perda de intensidade que equivalente a $\frac{3}{4}$ na distância (d) inicial.

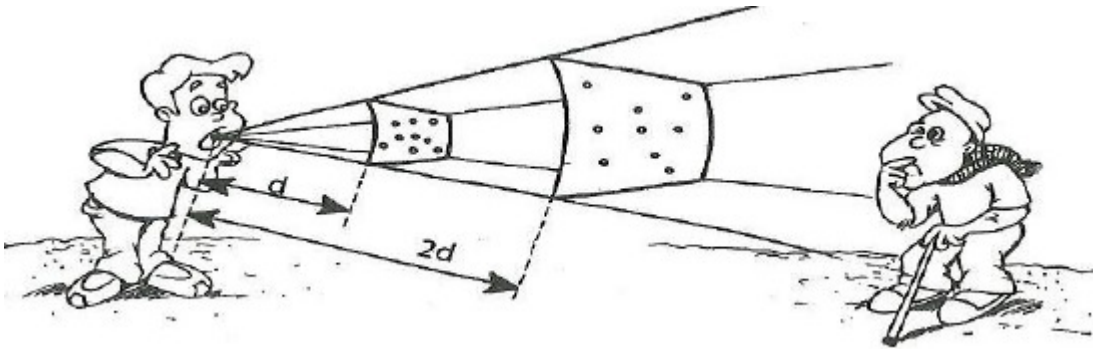


Figura 3: Distribuição da energia sonora com a distância (SOUZA, 2012)

Como pode se observar sons com mesmo nível de intensidade e frequências diferentes não são percebidos como totalmente intensos, o ouvido humano tem capacidade de perceber de forma diferenciada as diversas frequências. Com isso, os sons com baixas frequências produzem um mascaramento maior que os sons de altas frequências. Segue na figura 4 as curvas isofônicas expondo a resposta subjetiva que o ouvido humano tem para as faixas de frequências.

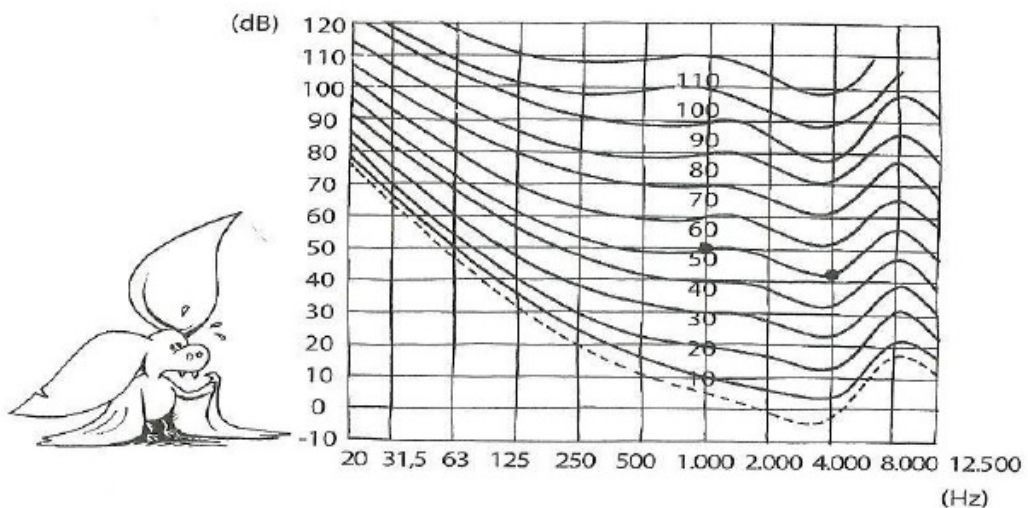


Figura 4: Curvas Isofônicas (SOUZA, 2012)

2.2 Propriedades Acústicas

A equipe técnica tem como elemento básico de trabalho a superfície, assim criando forma e volumes aos espaços. Para especificar as formas e os materiais a serem aplicados em certo ambiente primeiramente analisar o comportamento do som, assim determinar o desempenho acústico do ambiente. O arquiteto com seu vasto conhecimento técnico em materiais para tratamento acústico pode trabalhar os espaços de forma adequada ao uso a que se propõe, atendendo as especificações de projeto e as necessidades que se refere ao conforto acústico.

Existe uma semelhança do comportamento do som com comportamento da luz, lembrando que o comprimento das ondas sonoras são menores que os da luz. O som direto na maioria das vezes é o som captado pelo ouvido humano que parte da fonte e não se depara com obstáculo e suas subsequentes reflexões sofridas pela onda sonora em um ambiente. Segundo Souza (2012) o raio sonoro refletido tem um ângulo em relação à superfície igual ao de incidência, como se sua origem fosse sua imagem em um espelho. Para que ocorra a reflexão é necessário que o espelho acústico tenha sua superfície maior que o comprimento de onda do som emitido.

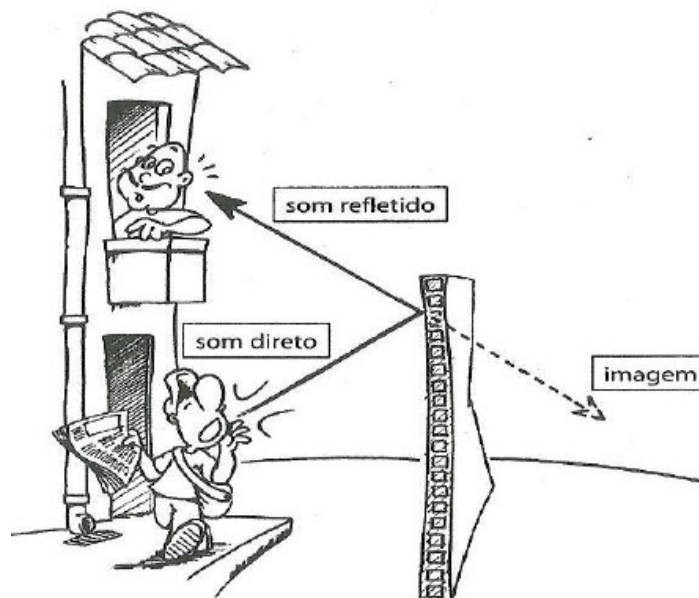


Figura 5: Reflexão de raios em um espelho (SOUZA, 2012)

Ao observar que o som reflete sobre uma superfície que seja maior que a onda, nota-se que os sons de alta frequência (som agudo), com comprimento de sua onda sonora menor, tende a ter maior número de reflexões, gerando a sombra acústica ou difração, área onde não perspectível o som emitido. Se tratando dos sons de baixa frequência (som grave), que tem o comprimento de sua onda sonora maior e frequência menor ultrapassando barreiras e se propagando.

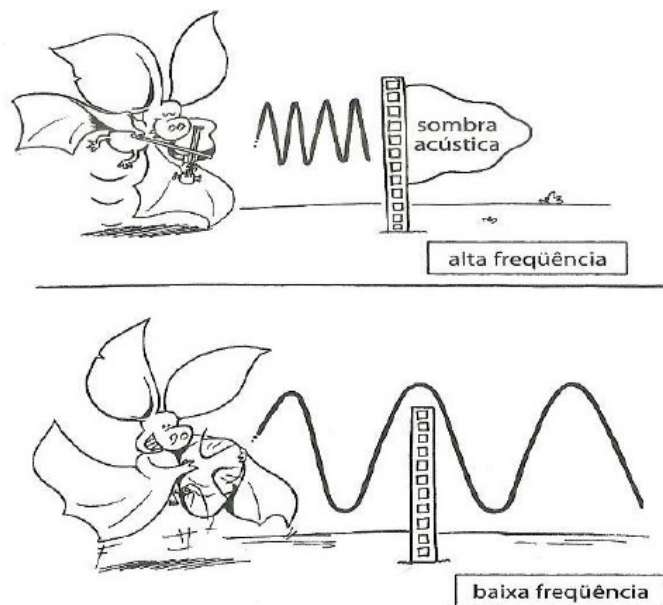


Figura 6: Sombra acústica e frequências sonoras (SOUZA, 2012)

A equipe técnica para obter melhoria na distribuição acústica, tem como recurso aumentar a intensidade e a homogeneidade no ambiente projetado, simplesmente trabalhando com as características do som, o comprimento e a frequência.

A absorção sonora dos materiais e a distâncias entre a origem do som e o receptor são os principais responsáveis pela queda da intensidade sonora. O som ao se propagar em um meio e incidir sobre uma superfície, parte de sua energia sonora é absorvida pelo material e parte é refletida. Quanto mais fechada for a superfície do material (menos poroso), menos energia sonora será absorvida. Quanto mais reflexões o raio sonoro sofrer, menor será sua intensidade (figura 7).

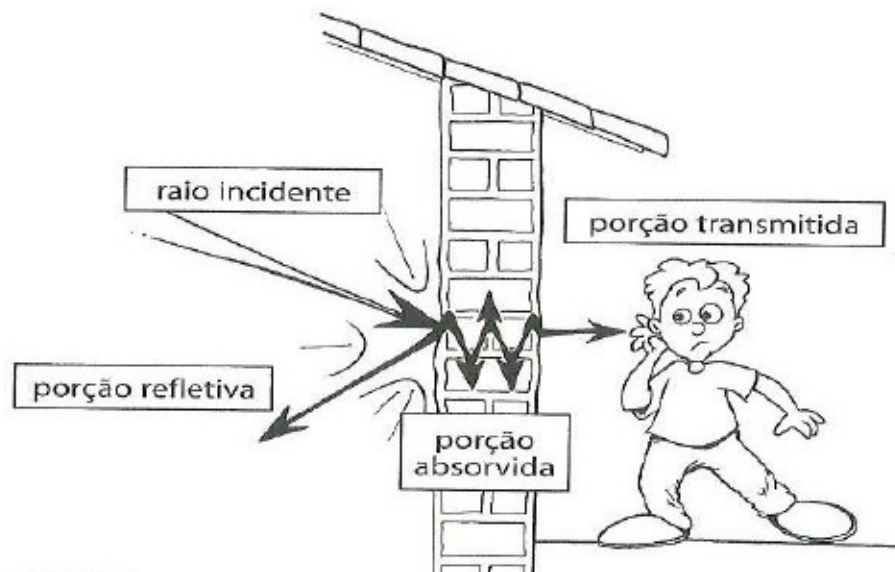


Figura 7: Incidência sonora sobre Superfície (SOUZA, 2012)

Tratando de ambientes vazios, sem móveis, ao emitir raio sonoro, percebe-se reflexões excessivas, com isso, o som torna-se confuso, permanecendo um período maior no ar. No mesmo ambiente, após ser mobilhado, percebe-se que há uma perda de energia sonora proporcionada pelos móveis, tornando o som mais nítido, facilitando a inteligibilidade sonora.

As superfícies côncavas causam um efeito de reverberação, concentrando em um só ponto suas reflexões. O arquiteto ao projetar uma superfície côncava em um ambiente qualquer tem que levar em consideração a distância entre a área de recepção sonora com a região de focalização dos raios, com isso, não perceberá o eco. Tratando-se das superfícies convexas, superfície que se caracteriza por espalhar os raios sonoros. Ao ser comparado com a área de abrangência refletida em uma superfície plana, nota-se que a abrangência da superfície convexa é superior.

O som chega ao receptor de duas formas, através da somatória do som direto e som refletivo. Segundo Moreira (2009) se a distância percorrida pelo raio direto e o raio refletido estiver entre 11 e 22m, isto implicará em um intervalo de tempo de chegada entre eles maior que 1/30 de segundo. Nessa situação o ouvido humano irá captar o som separadamente, entendido como eco. As ondas estacionárias são fenômenos a serem observados. As superfícies paralelas refletoras podem estimular nas ondas sonoras, é exequível haver maior prolongamento do tempo de reverberação para as

frequências a qual comprimento de ondas é menor que a distâncias entre as superfícies, visto que ocorrência do fenômeno das ondas estacionárias, decorrentes de ondas sonoras transmitidas no sentido contrario (figura 8).

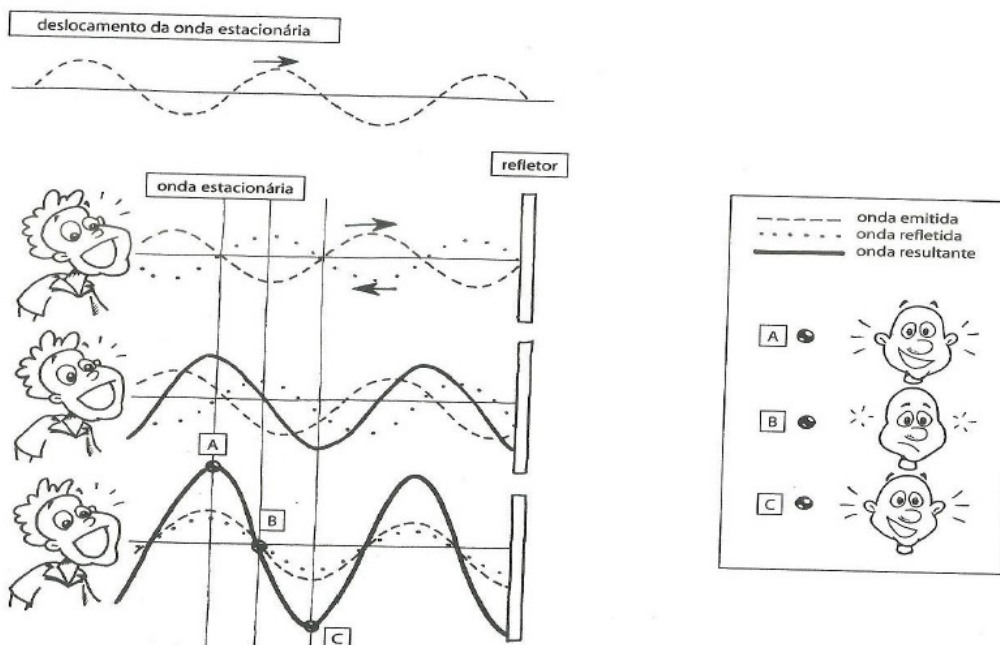


Figura 8: Ondas estacionárias (SOUZA, 2012)

2.3 Conforto Acústico

O conforto acústico é reflexo de um ambiente que apresenta boa inteligibilidade da fala com ausência de sons indesejáveis, proporcionando uma sensação de paz e bem-estar, essencial para a saúde e a tranquilidade do ser humano. O desconforto acústico pode influenciar negativamente na concentração e reduzindo sua capacidade produtiva.

2.3.1 NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade

Esta norma fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades. Ela especifica um método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresenta características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta os vários fatores.

O método de avaliação envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), em decibéis ponderado em “A”, chamado dB (A) (que ameniza os sons graves, criando maior ganho da banda de 2 a 5 kHz, voltando a amenizar levemente os sons agudos, é justamente essa a curva de sensibilidade do ouvido humano). Uma análise espectral pode ser necessária quando for preciso realizar medidas corretivas. Os dados resultantes podem ser comparados com as curvas de avaliação de ruído, por exemplo, Curvas NC (Nível de Critério), a fim de identificar as bandas de frequências intrusas.

2.3.2 NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico

Esta norma fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos. O método de avaliação recomendado, baseado nas medições do nível sonoro dB(A), é dado no corpo desta Norma. Todavia a análise de frequências de um ruído sempre será importante para objetivos de avaliação e adoção de medidas de correção ou redução de nível sonoro.

2.3.3 NBR 12179 – Tratamento acústico de recintos fechados

Esta norma fixa os critérios fundamentais para execução de tratamentos acústicos em recintos fechados. O tratamento acústico, destinado ao conforto humano, implica o conhecimento de valores das condições locais, em função do conjunto de condições do recinto, como:

- níveis de som exterior, em decibéis;
- o nível do som do recinto, em decibéis;
- planta de situação do imóvel onde se acha o recinto a ser tratado;
- plantas e cortes longitudinal e transversal do recinto;
- especificações dos materiais empregados no recinto: de construção (ex: pisos, paredes, etc.) e de utilização (mesas, poltronas, cortinas, etc.).

O tratamento acústico do recinto compreende determinações para:

- isolamento acústico: através do uso adequado de materiais capazes de permitir a necessária impermeabilidade acústica, previamente fixada;
- condicionamento acústico: pelo estudo geométrico-acústico do recinto e cálculo do tempo de reverberação.

2.4 Tratamento Acústico

Tratamento acústico é criar recintos com condições boas de audibilidades, através de bloqueios de ruídos externos e ruídos internos, com aplicação de materiais que apresentem características de absorção acústica, como revestimentos de paredes, pisos, tetos e componentes complementares. O ambiente também pode ser tratado com o direcionamento das reflexões internas.

O tratamento acústico pode ser executado também em ambientes abertos, exemplo a concha acústica que é um palco construído com paredes em suas laterais, fundo e teto em material refletor acústico, de forma a garantir os níveis de reflexão e reverberação apropriada.

Ao começar estudos para execução de tratamento acústico de um projeto são necessários os princípios fundamentais abaixo:

- locação e situação do imóvel;
- plantas e cortes;
- níveis de ruídos aceitáveis estabelecidos por norma para cada recinto;
- nível de ruído externo;
- nível de ruído interno em funcionamento;
- descrição dos materiais utilizados na obra e mobiliário a serem aplicados.

2.4.1 Absorção Acústica

Absorção acústica é a redução de efeitos gerados pelos sons em recintos, o som se propagando e atingindo uma superfície macia, parte considerável do som será absorvida pelo revestimento, quando se trata de superfícies lisas e duras, parte considerável do som será refletida. Para se calcular a eficiência da absorção acústica é necessário somar o coeficiente de absorção dos materiais aplicados.

De acordo com Carvalho (2012), o aumento excessivo de absorção acústica a título de atenuação dos ruídos interno do recinto implicaria em reduzirmos o tempo de verberação (t) do mesmo a patamares bastante comprometedores da audibilidade interna.

2.4.2 Condicionamento Acústico

Condicionamento acústico é elaborar ambiente que possibilite as melhores condições possíveis de audibilidade interna, com a melhor distribuição dos sons gerados interno ao ambiente. Através dos tipos de materiais a serem aplicados como revestimento, contendo características absorventes ou refletoras de sons e mediante geometria interna do ambiente. Conquanto, reparando o tempo de verberação do som.

2.5 Materiais acústicos

2.5.1 Lã de Vidro

A lã de vidro (figura 9) é material usado para aperfeiçoar a acústica de ambientes, fabricado em alto forno através da sílica e sódio, são aglomerados por resinas sintéticas. O material pode ser produzido de varias formas como painéis, cordões, mantas, feltros ou aplicando através do processo de jateamento, havendo uma diversidade de densidades e espessuras.



Figura 9: Lã de Vidro (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2011)

De acordo com a Refratil (2013) a lã de vidro tem suas propriedades acústicas bem conhecidas e previsíveis. Frequentemente os diâmetros das fibras variam de 2 a 15mm e a densidade das mantas, painéis e feltros são de 10 a 100kg/m³. Se tratando de um material fibroso, é considerado um dos matérias com maior eficiência para o tratamento acústico, frequentemente usado na construção de barreiras para evitar a

transferência de ondas sonoras de um ambiente para outro ou na absorção acústica, tratamento desenvolvido para aperfeiçoar a qualidade acústica dos ambientes.

A onda sonora ao entrar em contato com a lã de vidro é facilmente absorvida, por si tratar de um material poroso. Além disso, a onda sonora é submetida a um atrito com as superfícies das fibras. Esse atrito converte parte da energia sonora em calor, com isso, a lã de vidro faz com que a energia sonora perca intensidade.

Uma das qualidades da lã de vidro que deve ser considerada em projeto é de ser um material incombustível. O comportamento ao fogo dos materiais isolantes, inclusive aqueles com revestimentos, deve ser o de não contribuir e não propagar o fogo durante uma situação de incêndio.

Segue relação com vantagens da lã de vidro:

- é leve, fácil de manusear e de cortar;
- são incombustíveis, evitando a propagação das chamas e o risco de incêndio;
- reduz o consumo de energia do sistema de ar condicionado;
- não atacam as superfícies com as quais estão em contato;
- não favorecem a proliferação de fungos ou bactérias;
- não deteriora nem apodrece;
- não é atacada nem destruída pela ação de roedores;
- não tem o desempenho comprometido quando exposto à maresia;
- sua capacidade isolante não diminui com o passar do tempo.

2.5.2 Lã de Rocha

A lã de rocha (figura 10) pode ser encontrada em placa ou manta, é composta por fibras minerais de rocha vulcânicas. Apesar de não reter água possui uma estrutura não capilar, as alterações perante eventuais condensações são nulas.

Segundo Refratil (2013) o material é obtido através da fusão de diversos tipos de rocha e escória expostos a uma temperatura de cerca de 1500°C, para a obtenção de fibras que são posteriormente aglutinadas por uma resina para formar a manta ou painel. Tem um alto nível de isolamento acústico e térmico, caracteriza-se em ser um material incombustível, inofensivo e durável.

A lã de rocha é um material com características termo-acústico, comercializado para diversos mercados, como da construção civil, automotivo e industrial. Garantindo conforto ambiental, aumentando a eficiência de equipamentos industriais, reduzindo o consumo de energia e aumento a produtividade.



Figura 10: Lã de Rocha (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2011)

Segue relação com vantagens da lã de rocha:

- é leve, fácil de manusear e de cortar;
- alta produtividade;
- são incombustíveis, evitando a propagação das chamas e o risco de incêndio;
- perfeita adaptação aos elementos estruturais;
- quimicamente inerte;
- não liberta gases tóxicos e não provoca alergias;
- favorável custo/benefício;
- sua capacidade isolante não diminui com o passar do tempo;
- excelente isolamento acústico e térmico.

2.5.3 Vermiculite Expandida

De acordo com Refratil (2013) a Vermiculita é um mineral formado pela superposição de finíssimas lamínulas, que submetido a temperaturas próximo a 800°C, sofre uma grande expansão que pode alcançar até quinze vezes o seu volume original, constituindo-se no produto industrializado, denominado Vermiculita Expandida, que possui múltiplas e interessantes utilizações em vários setores da atividade humana.

Por ser um produto de origem mineral, a Vermiculita Expandida é, portanto inorgânica, sendo também insolúvel em bases e ácidos fracos e solventes orgânicos, além disso, apresenta um pH praticamente neutro (7,0).



Figura 11: Vermiculita Expandida (REFLATIL, 2011)

A Vermiculita Expandida (figura 11) é aplicada com eficiência na construção civil, para tratamentos termo acústicos, através de reboco, graças à baixa condutividade térmica e pequena propagação sonora, segundo a Refratil (2013) utilizando argamassas com os seguintes traços em volumes:

- revestimentos externos: Vermiculita : Cal : Cimento : Areia = 3 : 1 : 1 : 1;
- revestimentos internos: Vermiculita : Cal : Cimento = 3 : 1 : 1.

Segue principais características Vermiculita Expansiva:

- baixa condutividade acústica - até 62% de redução de ruídos;
- baixa densidade - a sua densidade aumenta com a redução do tamanho dos "flocos" e, conseqüentemente diminui com os tipos de granulometrias, é a razão de sua densidade aparente ser de 80 - 120Kg/m³;
- baixa condutividade térmica - a sua condutividade térmica é de 0,06kcal m/m 2°C a 25°C (cerca de 30 a 40 % menor que o bloco de concreto celular) o que permite sua utilização para a produção de refratários em isolamentos térmicos;
- praticamente incombustível - funde a aproximadamente 1300°C;

- não tóxica - silicato mineral inerte, usado até como componente de ração animal;
- não abrasiva - 1 a 10 - dureza: 1,5;
- retenção de água - tem o poder de reter grande quantidade de água, que chega até 5 vezes o poder de cada floco;
- elevada capacidade de troca iônica - grande aptidão para a formação de complexos orgânicos retenção de micronutrientes do solo quando utilizada na agricultura.

2.5.4 Drywall

Em construções mais recentes é habitual encontrar divisórias internas em *drywall* (figura 12), formada por uma estrutura em aço galvanizado e em suas faces são parafusadas placas de gesso acartonado, é um sistema industrializado. O sistema surgiu no Brasil na década de 90, vem sendo bastante usado na construção civil, seu processo construtivo mais limpo e rápido que o processo convencional.



Figura 12: Divisórias em *Drywall* (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2011)

A palavra *drywall* é do vocabulário inglês e tem o significado de parede seca, seu processo construtivo descarta o uso de argamassa, como é usual em alvenaria. A

parede de *drywall* tem sua parte interna oca, onde se passam todas as instalações necessárias para o ambiente.

As placas da divisória *drywall* transmitem um aspecto frágil, porém não é, o gesso acartonado tem como matéria prima o minério de gipsita, essa rocha é submetida a tratamento térmico e desidratada, passa por vários processos de britagem até chegar à forma de pó, quando chega a forma de pó ao entrar em contato com a água volta ao seu estado natural. Placas que podem ser produzidas com características diferentes, temos a branca que é a simples, a verde que é resistente à umidade e a rosa que é resistente ao fogo (figura 13).

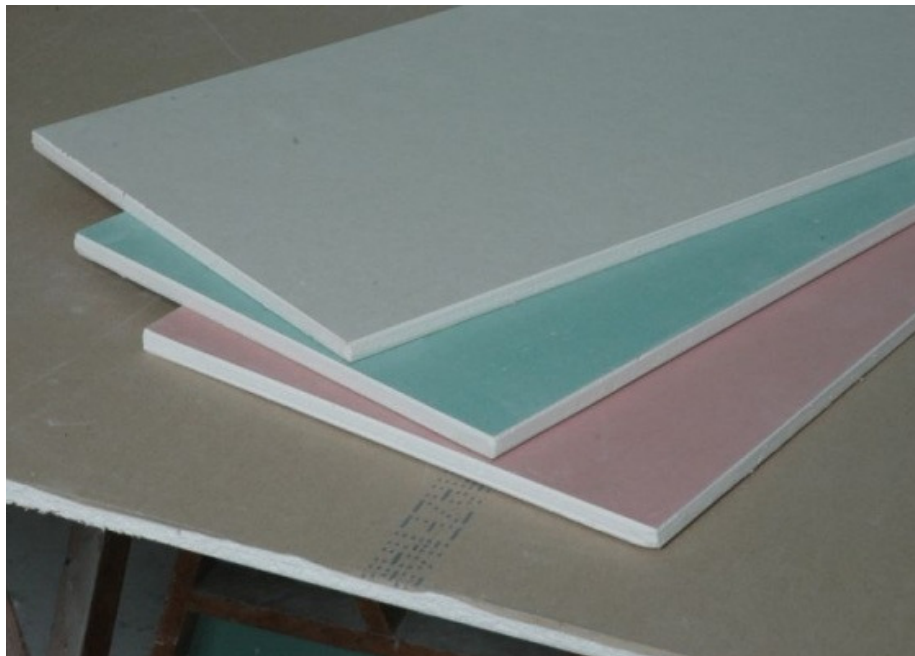


Figura 13: Tipos de Placas de Gesso (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2011)

Seguem abaixo algumas características da divisória *drywall*:

- alta resistência a impactos;
- isolante térmico;
- isolante acústico;
- estanqueidade a água;
- bom comportamento ao fogo;
- permite o apoio da estrutura da cobertura em seu topo;
- rápida montagem e desmontagem;

- total reaproveitamento em caso de remanejamento;
- aceita qualquer tipo de revestimento;
- produto acabado de fácil manutenção;
- não gera entulho.

Ao comparar o sistema convencional com o *drywall* percebe-se várias vantagens do sistema *drywall*, como por exemplo, aumento na produtividade, carga transmitida para estrutura da edificação é menor em consequência do sistema *drywall* ser mais leve, aumenta o nível de conforto acústico e resistência ao fogo. Associado a aplicação do revestimento de lã de rocha/vidro no interior das placas irá ocasionar um excelente isolamento acústico.

Um diferencial do sistema *drywall* que não podemos esquecer de citar são os retrabalhos e manutenções, processo que não gera resíduo e menor tempo para execução.

Os sistemas *drywall* estão disponíveis para paredes, tetos, forros e revestimentos, cada tipo oferecendo as características adequadas a diferentes tipos de projetos e ambientes.

2.5.5 Masterboard

De acordo com Brasilit (2013) os painéis *Masterboard* são constituídos de miolos de OSB, do inglês *Oriented Strand Board* (Painel de Tiras de Madeira Orientadas) *Home*, revestido em suas faces com placas cimentícias, sem amianto, com a tecnologia CRFS (Cimento reforçado por fios sintéticos), aplicadas e prensadas, resultando um produto de alta qualidade e desempenho. Recebe um tratamento adicional nas bordas, que oferece uma maior impermeabilidade. O OSB *Home*, utilizado na fabricação do *Masterboard*, é imune a cupins. A linha de painéis *Masterboard* (figura 14) possui diferentes espessuras, oferecendo opções para cada especificação de projeto.

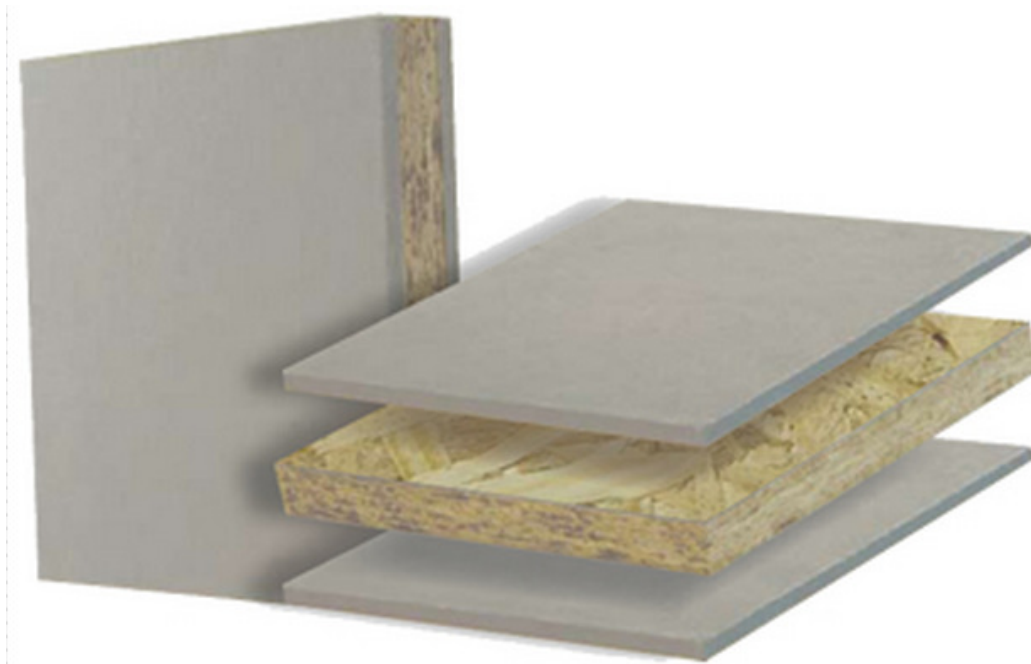


Figura 14: Painei *Masterboard* (BRASILIT, 2013)

Segue características do painei *Masterboard*:

- resistente a elevadas cargas distribuídas;
- pode ser aplicado em grandes vãos;
- várias espessuras, uma para cada tipo de aplicação;
- o miolo em madeira é produzido de maneira ecoeficiente e sustentável, e as placas cimentícias sem amianto são 100% recicláveis;
- resistente ao fogo, superfície em fibrocimento é incombustível e não propaga chamas;
- excelente isolamento acústico e térmico;
- alta resistência a impactos.

2.5.6 Vidro Duplo

O vidro duplo (figura 15) é o envidraçamento formado por dois ou mais vidros que são separados entre si por câmeras de ar, podendo variar entre 6 e 20mm. Também conhecido como vidro insulado, vidro termo acústico ou sanduíche.

O sistema é inigualável quando a intenção é aproveitar ao máximo a luz natural, com bloqueio do calor proveniente da radiação solar. Também proporciona grande conforto

acústico, com maior bloqueio do som.

Permite adequar, vidros com propriedades diferentes, utilizando as características de cada um, por exemplo, a resistência dos vidros temperados externamente, com a proteção térmica e acústica e a segurança dos vidros laminados refletivos internamente.

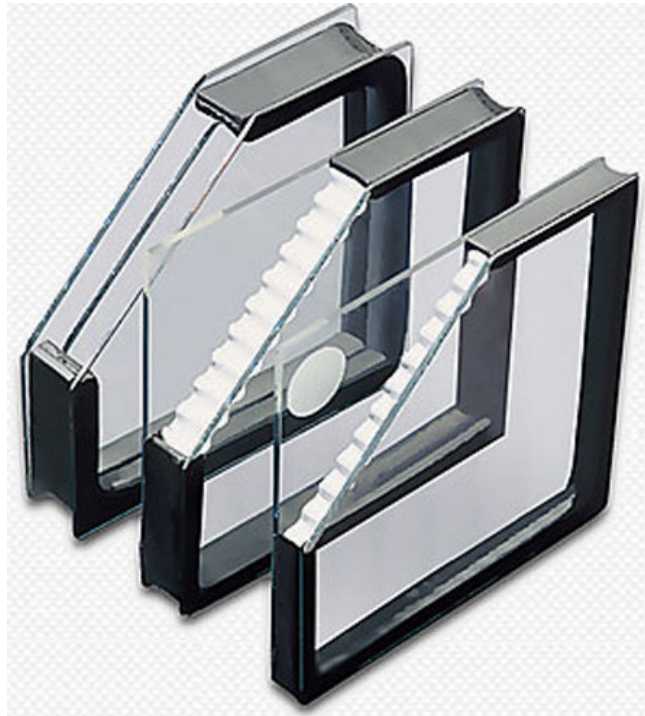


Figura 15: Vidro Duplo (SECURITY, 2013)

O vidro duplo é composto por dois tipos de vedação, uma para não haver troca gasosa e a outra para assegurar a estabilidade do conjunto. No perfil de alumínio há um hidrofugante para garantir a ausência de água, com isso, impedindo seu embassamento. Características que fazem o vidro duplo ser um excelente isolante térmico e acústico.

2.5.7 Vidro Laminado

Conjunto composto por duas ou mais placas de vidro que tenham passado por um processo de laminação são unidas por uma película plástica e elástica, após serem submetidos a um tratamento térmico passa ser chamado de vidro laminado (figura

16). O vidro laminado atende às exigências mais especiais de segurança, controle sonoro, controle de calor e de radiação ultravioleta.

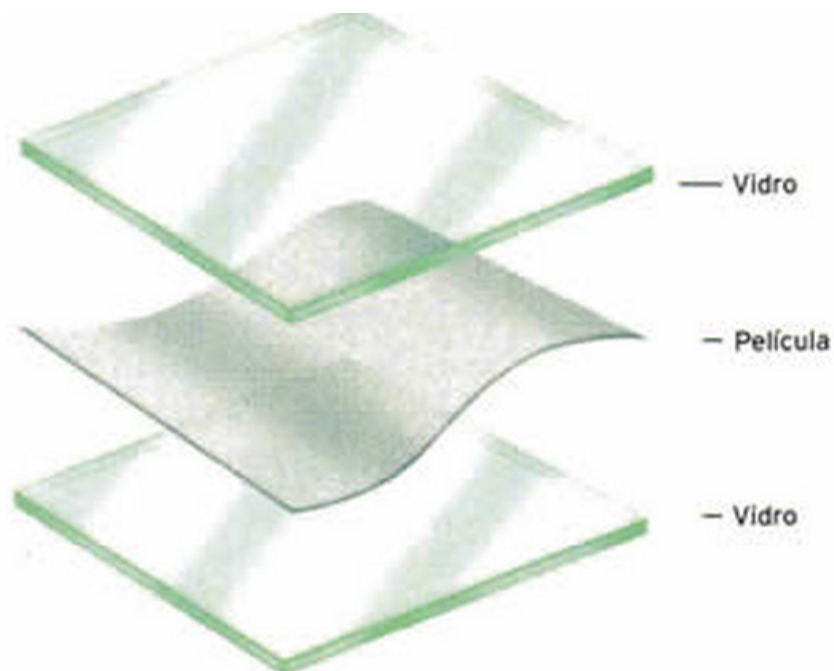


Figura 16: Vidro Laminado (TECNOVIDRO, 2013)

O vidro laminado ao se quebrar, seus estilhaços permanecem presos à película plástica e elástica intermediária, diminuindo as chances de acidentes, película possui alta resistência elástica. Característica garante que o vão fique fechado, que evite a passagem até que seja providenciada a substituição do vidro danificado.

Segundo Tecnovidro (2013) a película plástica do laminado com polivinil butiral (PVB) filtra até 99,6% dos raios ultravioletas (radiação abaixo de 360 nanômetros), os principais responsáveis pelo descoloramento de móveis, tecidos e objetos.

Os vidros laminados proporcionam uma redução de ruídos indesejáveis, bem superior à dos vidros monolíticos. Essa redução deve-se ao amortecimento das vibrações sonoras no vidro, principalmente em sua película plástica.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Descrição do Objeto de Estudo

Foi realizado um estudo de caso de um bloco (bloco 10 do núcleo Valoress de Minas) do projeto Plug Minas, localizado na região leste de Belo Horizonte, bairro Horto. O projeto está situado em uma área de aproximadamente 70 mil m², vizinha ao Museu de Historia Natural e Jardim Botânico da UFMG e Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI Horto. Neste local encontravam as instalações da Fundação Estadual do Bem-Estar do Menor FEBEM, em um total de 16 prédios que foram desativados em 2003. No final de 2008 deram início as obras que transformaram o espaço em um ambiente agradável que receberá os jovens do projeto Plug Minas. Nesses espaços, serão disponibilizados infraestrutura e apoio técnico para o desenvolvimento e divulgação de criações nas áreas de vídeo e música.

Essas mudanças realizadas na antiga FEBEM foram muito além da estrutura física. Os princípios do projeto Plug Minas mudaram a maneira de entender e conviver com a juventude. O local que era conhecido por reprimir e punir jovens, agora reconhecido por dar várias oportunidades de constituírem uma nova realidade e seguirem em frente com dignidade e consciência.

O projeto Plug Minas (figura 17) conta com diversos parceiros que também têm conduta para ajudar a mudar o presente e futuro dos jovens. São empresas, entidades e organizações que assumem uma conduta diante da realidade e apoiam a transformação social.

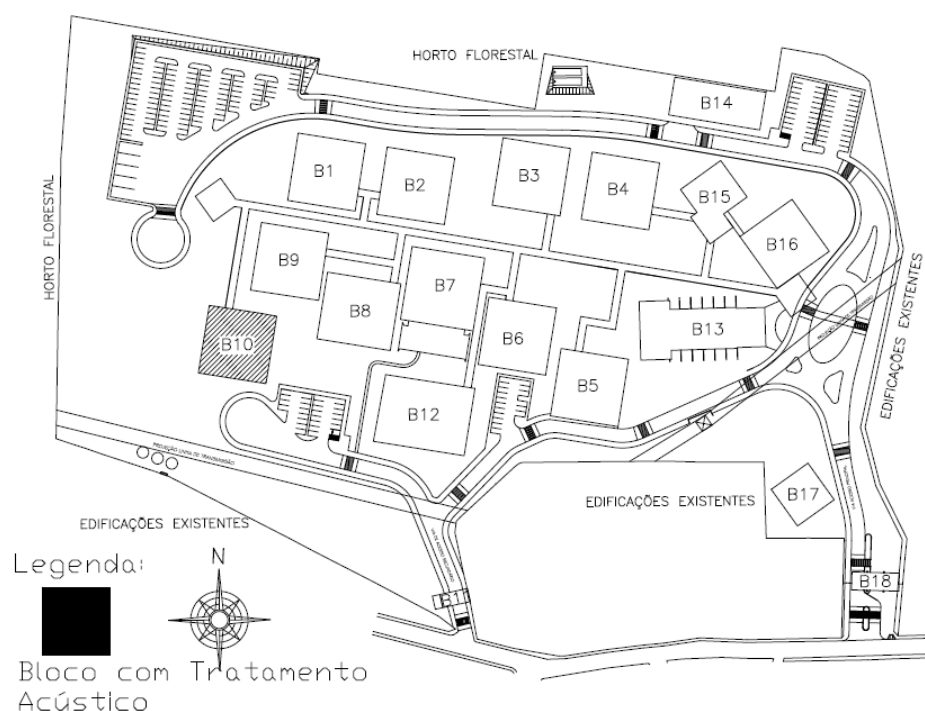
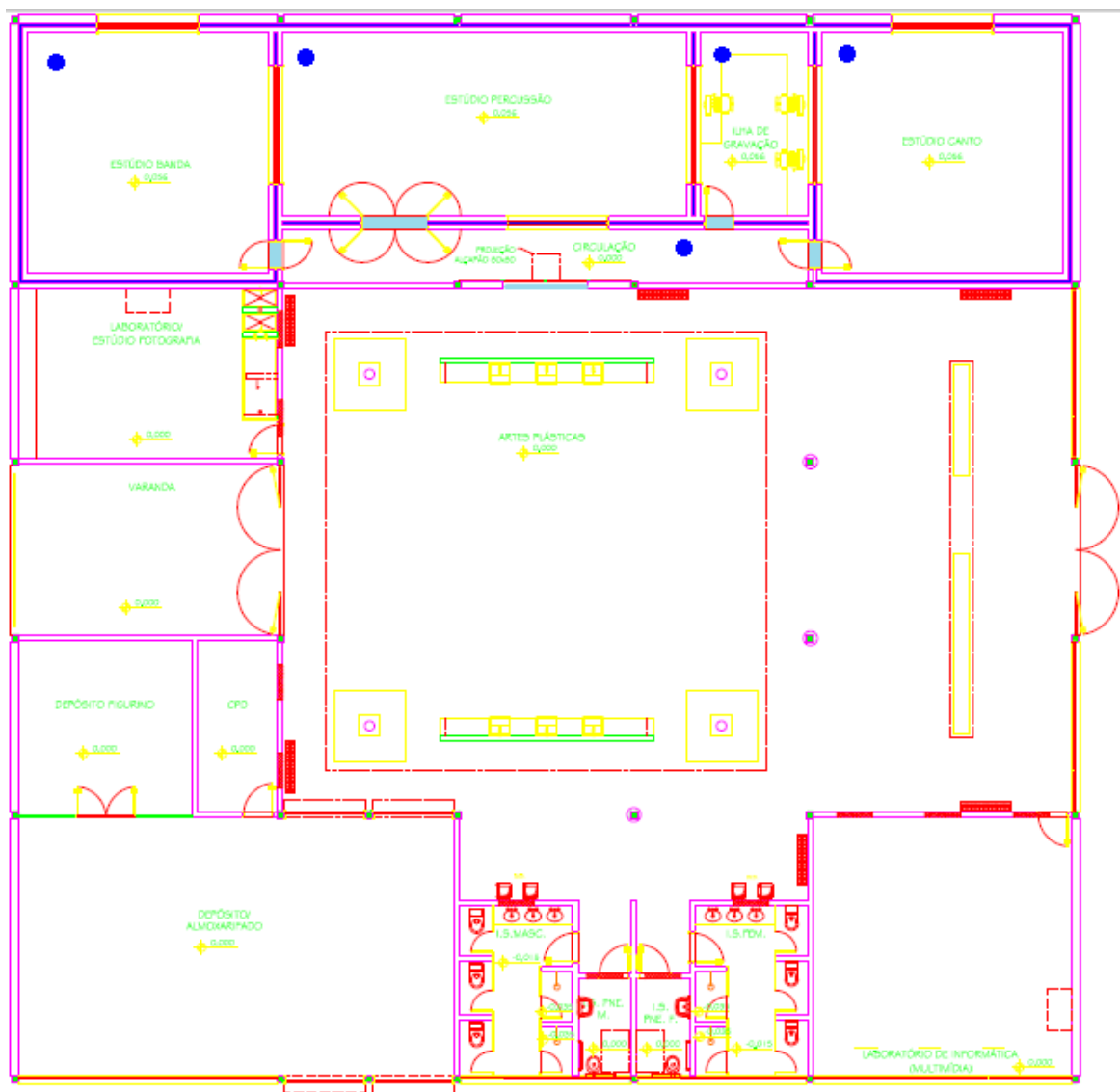


Figura 17: Planta de localização dos blocos Plug Minas (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

O núcleo Valores de Minas, localizado nos antigos blocos 8, 9 e 10, oferece aos jovens estudantes da rede pública de educação do estado aulas de artes em cinco linguagens: Artes Visuais, Circo, Música (Canto, Harmonia e Percussão) e Teatro. Além das disciplinas teóricas como Literatura, Filosofia e Linguagens. O objetivo do trabalho criado pelo núcleo é possibilitar a formação cidadã e o crescimento pessoal, associado ao desenvolvimento cultural e artístico de cada aluno, com isso, cada aluno seja protagonista de sua própria trajetória.

O antigo Bloco 10, faz parte do núcleo Valores de Minas (figura18), tem como propósito oferecer aos alunos a formação em Artes Plástica, Musica (Canto, Harmonia e Percussão) e Fotografia. Estruturado com equipamentos de ultima geração, esse núcleo busca prover oportunidades para o desenvolvimento dos jovens por meio do uso educativo da comunicação, criando, testando e sistematizando metodologias inovadoras que utilizem tecnologias para promover ações de educação, profissionalização e mobilização social. Devido a suas peculiaridades o bloco necessitou de isolamento acústico. O estudo de caso deste trabalho sé refere à implantação de material necessária a esse isolamento.



Legenda:

	Parede Dupla em Drywall com Lã de Rocha
	Porta Acústica
	Visor Acústico Duplo em Vidro Laminado
	Ferro com Tratamento acustico

Figura 18: Lay Out Valores de Minas (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

3.2 Soluções Abordadas

Foram tratadas acusticamente parede, piso, visores, forro, painel vibrante e portas. As soluções adotadas para cada um deles é descrita a seguir.

3.2.1 Parede

As alvenarias em tijolo maciço revestida em ambos os lados com reboco, somando uma espessura de 25cm acabada foram mantidas na edificação, recebendo somente adequações e recomposição onde havia necessidade e de acordo com o novo projeto específico. Divisórias estão presentes em todos os ambientes, porem receberam tratamentos distintos (figura 19).

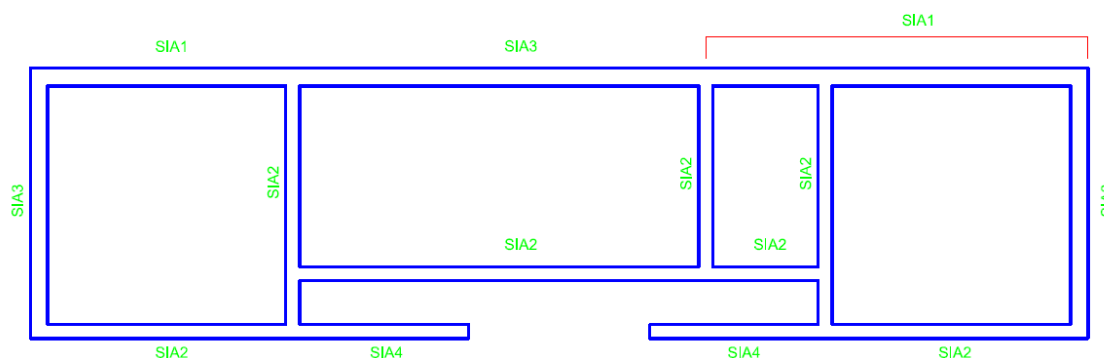


Figura 19: Esquema – Tratamento Acústico (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

As alvenarias identificadas como SIA3 (figura 20) foram utilizados alvenaria em bloco de concreto nas dimensões 19x14x39cm, dissolidarizados e separadas da alvenaria existente por uma câmara de ar de 10cm de espessura e revestidas em uma das faces internas da cavidade com painéis de Lã de Rocha *Thermax* – PSE, Densidade de 48,0kg/m³ e espessura de 4cm. O acabamento aplicado nessas alvenarias foram em pedra filetada São Tome retangulares com acabamento irregular.

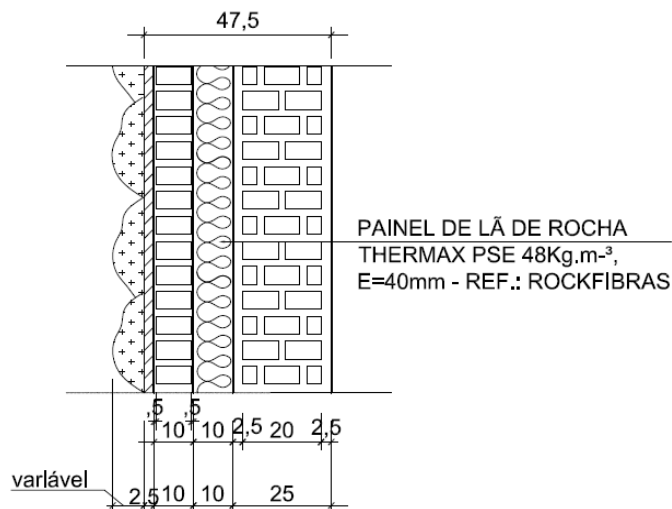


Figura 20: Detalhe Sistema de Isolamento Acústica 3, com cotas em centímetro. (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

As alvenarias identificadas como SIA1 (figura 21) foram utilizados paredes *drywall* estruturada em perfis *Steel Framing* em aço galvanizado com montantes verticais de dimensões de 90x40mm e montantes horizontais em perfis de 70x35mm, o fechamento da estrutura *Steel Framing* é com dupla camada de placas de gesso Gypsum espessura 12,5mm com cavidade preenchida com lã de rocha Thermax – PSE, densidade de 48,0kg/m³ e espessura de 4cm, separadas da alvenaria existente por uma câmara de ar de 10cm de espessura e preenchidas com o mesmo painel de lã de rocha. O revestimento da parede *drywall* é laminado melamínico.

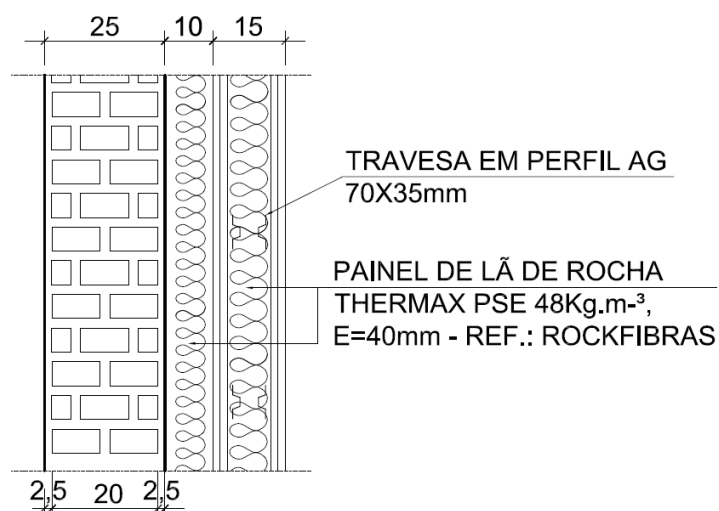


Figura 21: Detalhe Sistema de Isolamento Acústica 1, com cotas em centímetro (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

O tratamento SIA4 (figura 22) é aplicado sobre alvenaria de vedação existente, espessura 15cm acabada. Sobre a alvenaria existente é aplicado um painel *Masterboard*, espessura de 4cm, parede *drywall* estruturada em perfis *Steel Framing* em aço galvanizado com montantes verticais de dimensões de 90x40mm e montantes horizontais em perfis de 70x35mm, com uma camada de placa de gesso Gypsum espessura 12,5mm em suas faces e cavidade preenchida com lã de rocha *Thermax – PSE*, densidade de 48,0kg/m³ e espessura de 4cm. O acabamento da Parede SIA4 é emassamento e pintura látex na cor branco neve.

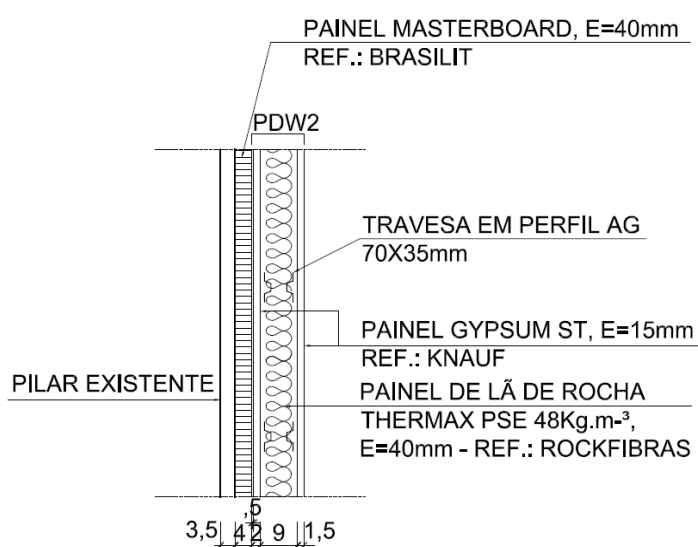


Figura 22: Detalhe Sistema de Isolamento Acústico 4, com cotas em centímetro (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

As paredes que dividem os ambientes foram especificados o sistema SIA2 (figura 23), sistema é formado por duas parede em *drywall* estruturada em perfis *Steel Framing* em aço galvanizado com montantes verticais de dimensões de 90x40mm e montantes horizontais em perfis de 70x35mm, com dupla camada de placas de gesso Gypsum espessura 12,5mm com cavidade preenchidas com lã de rocha *Thermax – PSE*, densidade de 48,0kg/m³ e espessura de 4cm, entre as duas paredes de *drywall* existe uma câmara de ar de 10cm, que também é preenchida com lã de rocha especificada. O revestimento da parede *drywall* de laminado melamínico.

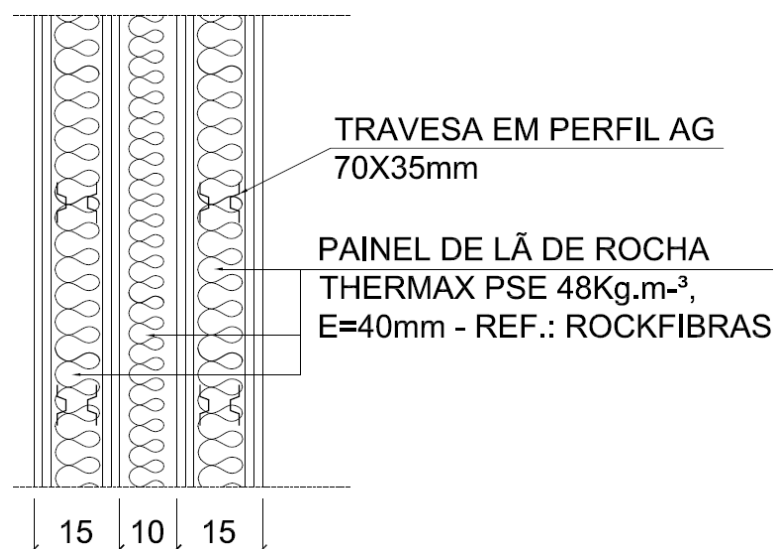


Figura 23: Detalhe Sistema de Isolamento Acústica 2, com cotas em centímetro (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

A escolha do *drywall* deu-se por sua execução ser rápida, limpa, sem desperdícios, pouca geração de entulhos, já que a quantidade de material movimentada é a necessária para a obra, além da instalação ser fácil já que as placas são leves e reparos simples.

A lã de rocha foi utilizada como preenchimento interno da parede de *drywall*, para isolamento térmico e acústico das instalações. Adotou-se a lã de rocha, pela facilidade na aplicação, devido à sua flexibilidade, adapta-se a superfícies irregulares, sem provocar oxidação de aço, alumínio e cobre. Além de ser incombustível, evitando a propagação de incêndios e tem características inorgânicas e inodoras que evitam a criação de fungos ou bactérias, eliminando a ocorrência de odores.

3.2.2 Piso

Para evitar a transferência de ruídos pelo piso, após os ambientes serem divididos sobre a laje existente ocorreu uma elevação no piso interno dos estúdios de Banda, Percussão, Canto e Ilha de Gravação em relação ao nível do piso da circulação de 8,1cm. Para isso foram executados pisos flutuantes (figura 24) sobre a área da laje do piso existente, onde houve o assentamento de manta rígida de lã de vidro PSI-60/25, densidade de 60kg/m³ e espessura de 2,5cm, o assentamento da manta também foi executado a uma altura de 10cm em todo perímetro das salas. Sobre a lã de vidro foi

executado um contrapiso estruturado em concreto no traço (cimento : areia : brita nº0) 1:2:3, armação com tela Belgo EQ-61. O revestimento sobre o contrapiso armado foi executado em manta vinílico Absolute Acoustic modelo Galena, o mesmo revestimento virou atrás do rodapé de madeira em toda sua extensão.

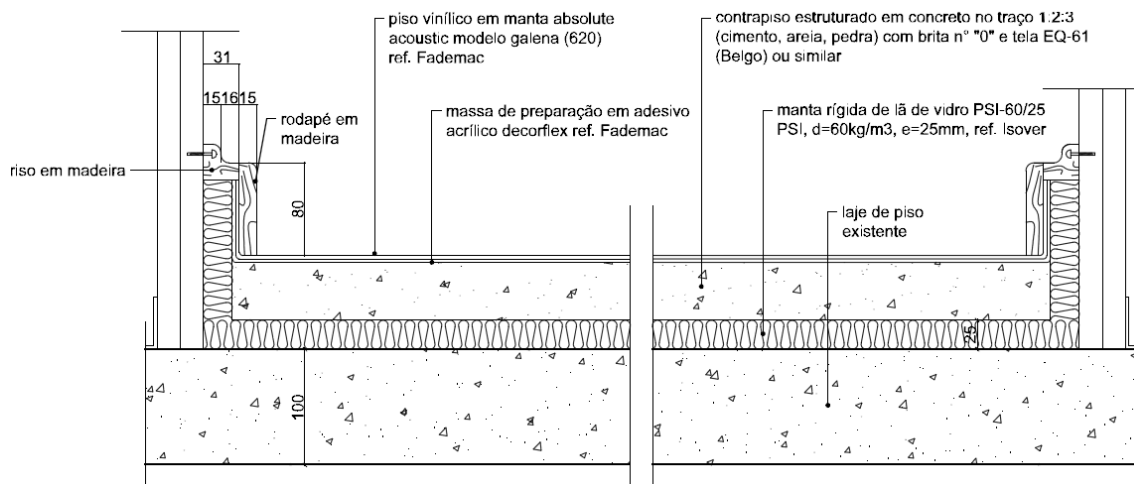


Figura 24: Detalhe Piso Flutuante, com cotas em centímetro (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

3.2.3 Visor

Nas paredes divisórias dos estúdios, da ilha de gravação e da circulação além dos materiais supracitados foi necessário a integração entre os ambientes, por se tratar de uma instituição de ensino os usuários precisavam visualizar tudo que estava ocorrendo dentro dos estúdios. Foi necessária a aplicação de visor acústicos triplo (figura 25), com três camadas de vidro temperado/laminado sendo nas camadas externas com espessura de 19,0mm e na camada interna espessura de 12,5mm, sendo os dois vidros externos inclinados com um ângulo de 85° entre cada uma delas e o plano do peitoril, os visores apresentam dimensões de 3200x1200mm (marco a marco). A inclinação das duas camadas de vidros externas são que seus planos sejam direcionados para o forro do ambiente. Os perfis das esquadrias são em alumínio anodizado fosco. A divisão dos vidros de cada visor deverá ser duas partes simétricas.



Figura 25: Visor Triplo de Vidro (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

3.2.4 Forro

Nas áreas onde foram executados tratamentos acústicos, para se evitar a interferência de sons indevidos pela laje foi usado forro isolante acústico (figura 26) estruturado em perfis de aço galvanizados com montantes verticais de dimensões 90x40mm e montantes horizontais em perfil cartola nas dimensões 70x35mm, com placas de gesso espessura de 12,5mm, revestidas com lã de vidro densidade 32kg/m³, espessura de 4cm. Em uma estrutura executada 40cm abaixo do nível do forro supracitado com largura de 1200mm e comprimento variável de acordo com o ambiente, foi executado forro ressonador (FR) em placas de gesso acartonado modelo Cleano Acústico, referência Knauf, coeficiente de absorção acústica de 0,55, de uma escala de 0 a 1. O forro de gesso estruturado (1º modelo) foi revestido com painéis em melamínia expandida micromolecular em placas planas de densidade de 11kg/m³ com espessura de 2cm nas dimensões de 62,5 x 62,5cm, modelo Sonex Illtec, referência Ilbruck.



Figura 26: Forro de Gesso (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

3.2.5 Paineis Vibrantes

Nos estúdios foram instalados três tipos de painéis vibrantes (figura 27) os PV1, PV2 e PV3, com dimensões 790x2280mm, 790x1850mm e 790x2620mm na mesma sequência, ambos com base poligonal de 0,273m³, em estrutura de madeira de lei com quadro de montantes frontais de seção 60x120mm e fundo em peças de seção 30x120mm com encaixe macho fêmea, intercaladas conforme modulação especificada, chapas horizontais em MDF cru com espessura de 15mm, compondo base de amarração com montante vertical de seção 150x80mm, com travamento entre as peças com cantoneira metálica aparafusada, placa vibrante de vidro laminado com espessura de 10mm para o PV1 e espessura de 6mm para os PV2 e PV3 referência Vitrage com fundo de cavidade e verso do sistema revestido com painéis de lã de rocha Thermax – PSE, densidade de 48,0kg/m³ e espessura de 4cm.



Figura 27: Painéis Vibrantes (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

3.2.6 Portas

Para os estúdios de Banda e Canto foram especificados modelos de portas idênticos formados por porta acústica em parede dupla composto por duas folhas de abrir, sendo uma interna e outra externa (figura 28) em painel *masterboard* nas dimensões de 80x210cm, vão de 83x211cm, espessura de 4cm, referente Brasilit. Também conta com visor Linear vertical em vidro duplo laminado nas dimensões de 230x1650mm com espessura de 10mm para cada camada, equipada com mola hidráulica aérea com potencia de 3". Na ilha de gravação foi especificado o mesmo modelo de porta, apresentando somente uma folha na parte interna do ambiente.



Figura 28: Porta Dupla com Visor (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

O estúdio de Percussão (figura 29) foi equipado com porta acústica com duas folhas de abrir na parte externa cada uma com 60cm e uma folha na área interna com 120cm, todas com parede dupla em painel *masterboard* nas dimensões 120x210cm, vão de 123x211cm, espessura de 4cm, referência Brasilit. Conta com visor Linear vertical em vidro duplo laminado nas dimensões de 230x1650mm com espessura de 10mm para cada camada e equipadas com mola hidráulica aérea com potencia de 3”.



Figura 29: Porta Dupla com Visores (SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA, 2012)

O vão de entrada para área de circulação de acesso aos ambientes que receberam tratamento acústico tem dimensão 480x211cm, foram executadas duas portas de correr nas dimensões 245,60x211cm, em painéis *masterboard* na espessura de 4cm, referência Brasilit. Equipada com visor linear vertical em vidro duplo temperado e laminado nas dimensões 230x1650mm, espessura de 10mm para cada camada de folha, referência Vitrage.

3.3 Avaliação

3.3.1 Econômica

No Projeto Plug Minas foram reformados diversos blocos, os blocos são divididos em núcleos, e para cada núcleo houve a necessidade de apresentarem especificações de acabamento distintos. Para a análise econômica compara-se o bloco objeto de estudo (bloco 10) e um bloco não tratado acusticamente (bloco 9). Ambos apresentam uma área de 900m². O bloco 10 tem como finalidade atender alunos interessados em artes visuais e música, foram executados três estúdios, sendo eles Banda, Percussão, Canto, uma Ilha de Gravação além de espaços abertos destinados a pintura e um estúdio fotográfico, havendo necessidade de tratamento acústico nas áreas destinada a música. No bloco 9 estão instalados alunos interessados nas áreas destinada a dança, circo, teatro e artes visuais, onde não houve necessidade de tratamento acústico, a ausência de materiais e mão de obra para tratamento acústico gerou ao bloco 9 uma economia equivalente a 70%, comparando com o bloco 10.

3.3.2 Teste

Ao concluir os revestimentos internos designado para as áreas dos estúdios de gravação e da ilha de gravação foram executados alguns testes/medições de ruídos, seguindo procedimentos da NBR 10.151 e através de um analisador de ruído modelo B&K 2260, onde foi diagnosticado vazamento acústico de um ambiente para outro através do conjunto de difusores de ar condicionado (tubos flexíveis que fazem parte do sistema de climatização). Considerando os caminhos de transmissão de vazamento acústicos foram solicitados alguns sistemas complementares para o tratamento.

Para estancar o vazamento acústico transmitido pelo sistema de ar condicionado foi necessário revestir toda tubulação existente e equipamentos que estavam sobre a laje com painel de lã mineral dimensões 1200x2700mm e densidade de 93kg/m³, painel revestido interna e externamente com lençol de chumbo espessura de 4mm, fixados com cola de contato.

Após a aplicação do sistema complementar de tratamento acústico nos difusores de ar condicionado foi executado novos testes/medições de ruídos similares ao executada inicialmente, ou seja, antes e depois da implantação das medidas corretivas, usando os mesmos critérios e equipamentos de medição. As modificações surtiram efeitos satisfatórios, minimizando a possibilidade de ruídos que possam causar interferências prejudiciais durante atividades de gravação.

4. CONCLUSÃO

Para se executar tratamentos acústicos com eficiência já existem diversas literaturas e excelentes materiais, uma das faltas que interferem na qualidade dos serviços é a falta de mão-de-obra qualificada. Infelizmente, grande parte das construtoras enxerga o isolamento acústico como despesa ainda não atentou para isso como valor agregado, diferencial de mercado e como marketing.

O desconforto acústico, gerado pela poluição sonora, é uma realidade. E essa realidade é democrática, pois atinge todos as classes sociais, seja pobre, seja rico. Está todo mundo exposto, e isso prejudica a qualidade de vida.

Nesse trabalho foram citados diversos materiais e sistemas construtivos que podem ser aplicados na construção civil com desempenho acústico e suas respectivas características. A escolha do material a ser aplicado pode se diversificar em diversos fatores, como prazo do cronograma do empreendimento, fatores financeiros, a funcionalidade do local, etc.

A decisão se o tratamento acústico será executado somente nas paredes e esquadrias, ou também nos pisos e forros, depende da funcionalidade do ambiente e da busca de um sistema acústico mais ou menos aperfeiçoado.

No antigo bloco 10, agora conhecido como Valores de Minas do Projeto Plug Minas, onde foram executados três estúdios, de Banda, de Percussão, de Canto, e uma Ilha de Gravação, foram usados materiais com excelente características acústicas e diversos processos construtivos para tratamento acústico com qualidade.

Mesmo utilizando materiais com excelentes características acústicas e mão de obra qualificada ao se efetuar os testes/medições de ruídos foi constatado vazamento acústico através do conjunto de difusores (tubos flexíveis que fazem parte do sistema de climatização dos ambientes). Para resolver tal problema, foi utilizado um sistema de isolamento acústico complementar composto por manta mineral e lençol de chumbo, esse sistema estancou todo vazamento acústico diagnosticado pelas medições de ruído atendendo as exigências cabíveis para a liberação do bloco.

Com aplicação das medidas corretivas solucionando os vazamentos acústicos no bloco 10 (Valores de Minas), o bloco foi entregue ao Projeto Plug Minas atendendo todas as expectativas desejadas e recebendo alunos em três turnos de segundo a sexta feira. As modificações surtiram efeitos satisfatórios, minimizando a possibilidade de ruídos que possam causar interferências prejudiciais durante atividades de gravação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179: Tratamento acústico em recinto fechado**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Níveis de ruídos para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos**. Rio de Janeiro, 2013.

CARVALHO RÉGIO P. **Acústica Arquitetônica**. 2ª edição, Brasília. Arch-Tec, 2010. 237 páginas.

GREVEN HÉLIO A.; HILTON A. V. FAGUNDES; ALAN A. EINSFELDT. **ABC do conforto acústico**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Knauf do Brasil, 2006. 44 páginas.

MOREIRA KARINA M. C. **Avaliação de propriedades fono-absorventes de materiais para painéis de revestimento**. Belo Horizonte, 2009. 86 páginas.

SENGEL CONSTRUÇÕES LTDA. Servidor Online Interno bloco 10. Minas Gerais. 2012. 1 pasta (85 fot.).

SOUZA LÉA C. L.; MANUELA G. ALMEIDA; LUÍZ BRAGANÇA. **Bê-á-bá da Acústica Arquitetônica**. 4ª reimpressão. São Carlos-SP: Edufscar, 2012. 148 páginas.

VALADARES V. M. Projeto para condicionamento acústico dos estúdios de banda, canto, percussão, ilha de gravação, estúdio de áudio, sala de técnica de áudio e auditório do programa Plug Minas. (Relatório Técnico). Belo Horizonte, 2010. 12 páginas.

VALADARES V. M. Projeto para condicionamento acústico dos estúdios de banda, canto, percussão, ilha de gravação, estúdio de áudio, sala de técnica de áudio e auditório do programa Plug Minas. Planta, corte e elevação dos estúdios. Belo Horizonte, 2010. 10 planchas.

<http://www.knaufamf.com.br/consumidor-final/conceitos-tecnicos/conforto-acustico/>.
Acesso em 17/06/2013.

http://www.securityfilm.com.br/termo_acustico.php?marc=5&tit=Security%20Vidros.
Acesso em 15/07/2013.

http://www.tecnovidro.com.br/tecnovidro/frontsite/produtoDetalhado.php?id_produto=25. Acesso em 15/07/2013.

<http://www.plugminas.mg.gov.br/#!/pages/espaco>. Acesso em 16/07/2013.

<http://www.refratil.com.br/produtos>. Acesso em 16/07/2013.

http://www.placocenterpiracicaba.com.br/sf_placas.htm. Acesso em 16/07/2013.

<http://www.brasilit.com.br/produtos/paineis/masterboard.php>. Acesso em 16/07/2013.