

**ETEC ITAQUERA II**

**CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES**

**Cristina Silva Gomes**

**ISOLAMENTO DE RUÍDO**

**SÃO PAULO  
2024**

**Cristina Silva Gomes**

## **ISOLAMENTO DE RUÍDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Itaquera II, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, como requisito parcial para a obtenção da habilitação profissional de Técnico de Edificações sob a orientação da Professora Aparecida Massako Tomioka.

**SÃO PAULO  
2024**

## RESUMO

O isolamento de ruído é uma prática fundamental para controlar e minimizar a transmissão indesejada de sons entre diferentes ambientes. O resumo sobre isolamento de ruído abrange os seguintes pontos: isolamento de ruído refere-se à implementação de medidas para reduzir a propagação de ondas sonoras, evitando que estas se dispersem de um ambiente para outro.

Em resumo, o isolamento de ruído é uma prática multidisciplinar que envolve o uso de materiais específicos e estratégias de design para criar ambientes acusticamente confortáveis, melhorando a qualidade de vida e o desempenho em diferentes contextos.

**Palavras-chave:** isolamento de ruído, desempenho acústico, forro, acústica.

## **ABSTRACT**

Noise isolation is a fundamental practice to control and minimize the unwanted transmission of sounds between different environments. The summary on noise insulation covers the following points: noise isolation refers to the implementation of measures to reduce the propagation of sound waves, preventing them from dispersing from one environment to another.

In summary, noise insulation is a multidisciplinary practice that involves the use of specific materials and design strategies to create acoustically comfortable environments, improving quality of life and performance in different contexts.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	8
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	8
1.3 JUSTIFICATIVA .....	9
<b>2. MÉTODO</b> .....	<b>10</b>
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>11</b>
3.2 ONDAS SONORAS E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	13
3.3 SOM E RUÍDO .....	14
3.4 RUÍDOS AÉREOS.....	16
3.5 RUÍDO DE IMPACTO.....	18
3.6 ISOLAMENTO DE RUÍDO DE IMPACTO.....	20
3.7 FORROS SUSPENSOS .....	21
3.8 REVESTIMENTOS PARA PISO.....	22
3.8.1 PISOS FLUTUANTES .....	23
3.9 NORMAS.....	24
<b>3.9.1 Isolamento Acústico e Normas de Desempenho</b> .....	<b>24</b>
<b>4. PROPOSTA DE MELHORIA</b> .....	<b>25</b>
4.1 REFERENTE AOS NÍVEIS DE PROTEÇÃO .....	25
4.2 MEMORIAL DESCRITIVO PARA ISOLAMENTO DE RUÍDO EM ANFITEATRO UTILIZANDO FORRO DE MADEIRA – NEXACUSTIC SONEX OWA .....	26
4.3 SOBRE A EDIFICAÇÃO.....	27
<b>4.3.1 Ficha Técnica</b> .....	<b>28</b>
4.3 PROPOSTA DE PROJETO .....	28
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>32</b>

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 34**

# 1. INTRODUÇÃO

No cenário moderno, onde o ritmo acelerado da vida cotidiana muitas vezes se traduz em um incessante bombardeio de ruídos, o isolamento acústico emerge como um aliado essencial na busca por tranquilidade e eficiência. O isolamento de ruído, um campo multifacetado, refere-se à aplicação de técnicas e materiais destinados a minimizar a transmissão sonora entre diferentes espaços. Seja nos lares urbanos agitados, escritórios movimentados ou ambientes industriais, a implementação eficaz do isolamento de ruído é fundamental para criar o equilíbrio entre os ambientes interno e externo. Ao explorar as nuances do isolamento acústico, desde a instalação de materiais isolantes até a vedação cuidadosa de frestas, busca-se não apenas mitigar a invasão de sons indesejados, mas também promover um ambiente propício ao conforto e à concentração. Este é um passo crucial para a construção de espaços que não apenas protegem seus ocupantes dos impactos negativos do ruído excessivo, mas também fomentam uma qualidade de vida mais elevada.

A criação de novas tecnologias proporcionou o aprimoramento dos conceitos de diminuição de custos, mão de obra e consumo de materiais. Com isso, o aparecimento de novas tecnologias, o crescimento desordenado e as questões culturais contribuíram para a expansão de problemas oriundos do conforto acústico nas edificações (CARVALHO, 2010).

Segundo Oliveira (2014), nos anos vindouros, espera-se que o aumento da fonte de ruído acompanhe sua expansão, uma vez que o incremento do tráfego, a expansão das áreas residenciais próximas a aeroportos e a alta demanda na construção civil são fatores que intensificam os níveis de ruído nas áreas urbanas.

A poluição sonora resulta na deterioração da qualidade de vida, especialmente quando os níveis de ruído ultrapassam os limites toleráveis pelo ouvido humano, afetando o descanso noturno e a interação entre as pessoas, como apontado por Machado (2004).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a elevada intensidade do som é um dos principais desafios ambientais que impactam

significativamente os sentidos humanos, representando uma ameaça à saúde pública. Dessa forma, o ruído ambiental não deve ser encarado apenas como uma fonte de desconforto, mas sim como uma preocupação crítica tanto para a saúde pública quanto para o ambiente em geral.

Além disso, podem induzir à perda auditiva, elevação da pressão arterial, desconforto, distúrbios do sono, estresse, tensão, redução do desempenho e dificuldade na compreensão da fala, entre outros efeitos adversos, como observado por Bistafa (2011).

A busca por soluções eficazes para o controle do ruído ambiental não só é essencial para proteger a saúde e o bem-estar das pessoas, mas também para promover ambientes mais habitáveis, produtivos e harmoniosos. Ao investir em estratégias de isolamento acústico e conscientização sobre os impactos do ruído, podemos criar comunidades mais resilientes e sustentáveis, onde o silêncio e a tranquilidade são verdadeiros tesouros a serem preservados.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal desta pesquisa é propor um projeto de intervenção e melhoria da acústica dos ambientes escolares, neste o caso para a Etec Itaquera II do Instituto Centro Paula Souza.

## 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para o alcance deste objetivo geral propõe-se:

- Desenvolver um estudo bibliográfico em livros, artigos, revistas técnicas e em outras fontes para fundamentação teórica acerca do tema;
- Desenvolver um projeto de reforma à fim de transformá-lo em um edifício com a atividade acústica com desempenho conforme as normativas;
- Avaliar o desempenho da técnica em forro acústico de madeira nexacoustic sonex.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Com o intuito de uma reforma de isolamento de ruído, será trazer a melhoria do conforto dos ocupantes, a conformidade com regulamentações locais de controle de ruído e a valorização do imóvel ao criar um ambiente mais tranquilo e agradável.

Resumidamente, a reforma de isolamento de ruído, é importante considerar os benefícios em termos de saúde mental dos ocupantes, aumento da produtividade em ambientes de trabalho, conformidade com normas ambientais e regulatórias rigorosas, além da possibilidade de reduzir litígios relacionados a perturbações sonoras, promovendo assim um ambiente mais sustentável e harmonioso.

## 2. MÉTODO

Inicialmente, este estudo é classificado como pesquisa exploratória, utilizando um levantamento bibliográfico para identificar os temas relevantes para a elaboração do trabalho. O objetivo é adquirir conhecimento e aprimoramento sobre os termos, fundamentos e normas essenciais para compreender o trabalho proposto.

Posteriormente, avança-se para uma pesquisa explicativa, seguindo as diretrizes estabelecidas pelas normas internacionais e nacionais.

- a) Revisão de literatura relevante: enquadramento teórico e contextual sobre o tema, nomeadamente no que diz respeito às questões técnicas que envolvem a instituição;
- b) Coleta de dados primários e secundários: busca de dados primários e secundários (materiais gráficos, informações técnicas, documentos históricos etc.) sobre suas edificações;
- c) Elaboração da documentação do projeto (plantas, cortes, proposta de acabamentos);
- d) Elaboração de maquete eletrônica com melhorias de produtos que existam em mercado.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o isolamento de ruído onde abrange áreas multidisciplinares os aspectos da teoria ondulatória, como a propagação do som e a natureza das ondas acústicas, são fundamentais. Princípios de acústica estrutural, que examinam como as vibrações são transmitidas através de materiais, desempenham um papel crucial. Além disso, a teoria da absorção acústica, que explora como diferentes materiais absorvem ou refletem o som em diversas frequências, é essencial. Conceitos de impedância acústica, massa por unidade de área e a lei de Snell-Descartes podem ser aplicados para compreender a transmissão do som através de interfaces entre diferentes meios.

Normas técnicas, como as estabelecidas por organizações de padrões acústicos, fornecem critérios quantitativos para o desempenho desejado do isolamento acústico. Integração de modelagem matemática, como a teoria dos elementos finitos, para prever o comportamento acústico de estruturas e materiais, pode ser considerada na fundamentação teórica mais avançada.

A acústica é um ramo da Física que estuda o som, sua criação, meio de propagação e a recepção do som (ALMEIDA E SILVA, 2005), e o som está presente na maioria dos estudos realizados por diversas ciências como, engenharia, arquitetura, música, medicina e física que estudam seu fenômeno, aplicação e formas de atuação nestas áreas.

A acústica arquitetônica é a interação destas duas ciências (acústica e arquitetura) que tem por finalidade o estudo das condições acústicas das edificações (OLIVEIRA, 2006) visando uma qualidade sonora, que a grosso modo depende das propriedades físicas dos materiais utilizados, forma e volume arquitetônicos que variam de acordo com a função. É também um ramo de estudo da disciplina Conforto Ambiental dos cursos de Arquitetura e Urbanismo.

Quando se fala em conforto acústico, entende-se como um dos fatores que implicam na qualidade de vida e no bem-estar do homem (NETO, 2009),

tendo como consequência um ambiente confortável, que dependendo da atividade varia com nível de ruído exigido. Na realidade o conforto acústico basicamente é relacionado com o parâmetro de qualidade sonora, outra variável que também é subjetiva, dependendo de pessoa para pessoa.

Quando a acústica arquitetônica não é levada em consideração nos projetos, verificam-se os prejuízos causados nos usuários das edificações, como o desconforto, que é um adjetivo negativo do conforto. O desconforto acústico é causado pelo tipo de ruído que os usuários de um ambiente estão expostos. O ruído segundo uma classificação subjetiva é todo som indesejável como argumenta Carvalho (2010, pg.41)

"Este conceito é subjetivo, pois o que algumas pessoas consideram como ruído pode ser percebido como som por outras, como no caso de uma banda de música, por exemplo! Do ponto de vista técnico, ruído pode ser descrito como uma oscilação intermitente ou aleatória."

(SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2006, p. 56).

Porém de forma geral o ruído gera um desconforto físico-psicológico nas pessoas e que se não forem pensados na fase de projeto de arquitetura, acarretarão em prejuízos para o proprietário da edificação (prejuízos relacionados à adequação do projeto), aos usuários e aos não usuários (população do entorno) daquele empreendimento.

Para Neto (2009, pg.9) o desconforto acústico surge quando o nível de ruído ao redor atrapalha a execução de algumas atividades que necessitam de certo nível de silêncio. Surgindo o desconforto físico, surge o desconforto psicológico, não necessariamente nessa ordem, e a partir daí surgem os elevados índices de reclamação. Essa definição é verificada quando o que se está levando em consideração é a atividade do ambiente interno, pois

quando se estabelece como referencial o ambiente externo a atividade interna de um determinado ambiente pode estar gerando ruído.

### 3.2 ONDAS SONORAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Ao incorporar informações sobre ondas sonoras no isolamento de ruído, é fundamental considerar a frequência, amplitude e propagação do som. Pode-se abordar tecnicamente esse aspecto considerando. (SIEGEN, 2011)

1. \*Frequência e Espectro Sonoro:\* Destacar como diferentes fontes de ruído têm diferentes faixas de frequência. O isolamento eficaz deve atenuar eficientemente as frequências específicas predominantes na fonte de ruído.

2. \*Comportamento das Ondas Sonoras:\* Explicar como as ondas sonoras se comportam ao atingir diferentes materiais e superfícies. Isso inclui absorção, reflexão e transmissão, e como tais propriedades impactam o isolamento.

3. \*Coeficiente de Transmissão Sonora (STC):\* Introduzir o conceito de STC, uma medida que avalia a capacidade de um material ou estrutura de reduzir a transmissão de som. Quanto maior o STC, melhor o isolamento.

4. \*Análise de Resposta em Frequência:\* Considerar a resposta em frequência do material ou estrutura em questão. Isso envolve avaliar como o material se comporta em diferentes frequências, identificando potenciais pontos fracos.

5. \*Impedância Acústica:\* Abordar a impedância acústica dos materiais, considerando a correspondência de impedância para minimizar a reflexão e melhorar a eficácia do isolamento.

6. \*Modelagem Acústica:\* Utilizar modelagem matemática para prever o desempenho do isolamento em diferentes condições. Ferramentas como a teoria

dos elementos finitos podem ser empregadas para simular o comportamento acústico de estruturas complexas.

7. \*Normas e Regulamentações:\* Referenciar normas e regulamentações específicas para isolamento acústico, como as estabelecidas por organizações de padrões, para assegurar conformidade e desempenho adequado.

Integrar esses elementos em uma análise técnica robusta contribuirá para a compreensão abrangente e eficaz do papel das ondas sonoras no isolamento de ruído. (ISOPORTAL, 2014).

### 3.3 SOM E RUÍDO

Segundo Gerges (1992), o som é descrito como a variação da pressão em um meio que pode ser comprimido, manifestando-se em determinadas frequências e valores de repetição que, ao alcançarem o sistema auditivo, provocam a sensação de som. Esta é a percepção captada pelo ouvido, resultado das flutuações na pressão estática causadas por um meio em vibração, gerando ondas sonoras. No entanto, nem todas as variações na pressão resultam em percepção auditiva quando atingem o sistema auditivo humano. Essa percepção ocorre apenas quando a amplitude e frequência das flutuações estão dentro de faixas de valores específicos. Portanto, em termos de amplitude, a variação do nível de pressão sonora é compreendida entre o limiar de audição, aproximadamente 0 dB, e o limiar de dor, em torno de 140 dB. Quanto à faixa de frequência, ela deve estar entre 20 Hz e 20 kHz para que ocorra a percepção auditiva, como observado por Cornacchia (2009).

O som tem sua origem na vibração de estruturas, que resulta na vibração das partículas no meio sólido, líquido ou gasoso. Essas vibrações são captadas pelo ouvido humano, mas nem todas as vibrações são percebidas por ele. As definições de som e ruído são altamente subjetivas e dependem da percepção individual, já que o que é considerado ruído por uma pessoa pode ser percebido como som por outra. Segundo Bistafa (2011), o som é uma sensação auditiva com

uma conotação positiva, enquanto o ruído é percebido como uma sensação desagradável, caracterizado por uma falta de harmonia.

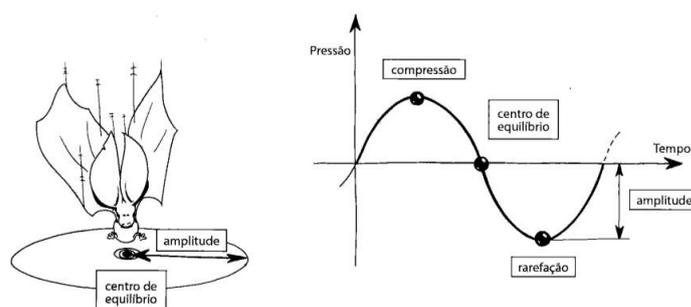
Qualquer som que seja desagradável para a atividade humana pode ser classificado como ruído. Quando um som interfere no propósito do espaço, interrompe o desenvolvimento das atividades e perturba a função do ambiente, ele é considerado ruído (SOUZA; ALMEIDA; BRANGANÇA, 2006).

Portanto, o ruído é uma percepção subjetiva, já que sensações auditivas que são agradáveis ou toleráveis para algumas pessoas podem ser completamente desagradáveis para outras. Essa percepção está intimamente ligada aos aspectos psicológicos, emocionais e até mesmo sociais da exposição a essa atividade sonora (PEDROSO, 2007).

O som é toda vibração ou onda mecânica gerada por um corpo vibrante, passível de ser detectada pelo ouvido humano (CARVALHO, 2010), nesta definição limita-se o tipo de vibração, pois nem toda vibração é percebida pelo ouvido humano (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006), esta vibração ocorre pela propagação do som através de um meio (sólido, líquido ou gasoso) em todas as direções, segundo uma esfera (CARVALHO, 2010), porém este meio de propagação do som na construção civil refere-se basicamente ao ar e aos materiais de construção (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

As ondas sonoras são alterações atmosféricas causadas pelas vibrações sonoras das partículas do meio (no caso da construção civil o ar ou os materiais construtivos) que causam sucessivas compressões e rarefações de forma que o movimento de uma partícula provoca a vibração da partícula vizinha (ver figura -1), resultando na propagação sonora (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

**Figura 1 – Processo de vibração das Partículas do ar**



**Fonte:** (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006).

Outra maneira de distinguir o som do ruído é através da perspectiva da inteligibilidade humana. Tudo o que não pode ser decodificado como informação com algum tipo de significado pode ser classificado como ruído (PEDROSO, 2007). Dessa forma, podemos concluir que os ruídos são quaisquer sinais que têm o potencial de reduzir a inteligibilidade de informações sonoras, dados ou imagens.

Como a diferenciação entre som e ruído se baseia principalmente em seu caráter subjetivo, os aspectos físicos do som podem ser aplicados ao ruído.

### 3.4 RUÍDOS AÉREOS

Os ruídos aéreos são aqueles que se originam no ar e são constantemente propagados por ele, incluindo aqueles que surgem devido à vibração de superfícies, resultando na vibração do ar adjacente à sua face oposta (SOUZA; ALMEIDA; BRANGANÇA, 2006),

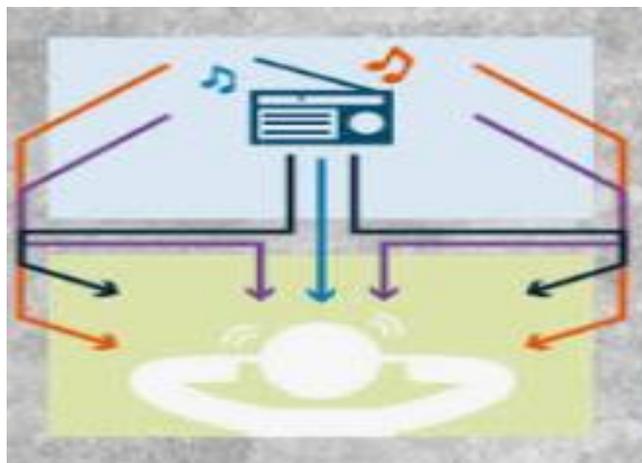
O ruído aéreo é transmitido pelo ar na forma de ondas esféricas a partir da fonte. Quando essas ondas incidem sobre a estrutura de uma edificação, o ruído é propagado pela vibração das paredes, cujo movimento gera outra onda sonora no espaço adjacente (PEDROSO, 2007).

Além disso, conforme Gerges (1992), a propagação do ruído se dá por meio de ondas longitudinais, onde as partículas do ar vibram na mesma direção da disseminação da onda.

Nas edificações, os ruídos aéreos podem ser divididos em dois grupos: os provenientes do exterior, que estão associados aos sons gerados pela infraestrutura urbana onde a edificação está localizada; e os ruídos internos, que surgem do uso da edificação pelos seus ocupantes (PATRÍCIO, 2005a).

A transmissão de ruído aéreo entre duas unidades habitacionais adjacentes em uma edificação acontece principalmente através do sistema de piso e das paredes laterais. Essa propagação está diretamente ligada às soluções construtivas utilizadas, ao tipo de conexão entre os espaços e à geometria do ambiente (PIERRARD; AKKERMAN, 2013).

**Figura 2 - Propagação do ruído aéreo**



**Fonte:** (PIERRARD; AKKERMAN, 2013, p.13).

Para Costa (2003, pg.3) as ondas sonoras possuem uma série de qualidades que servem para caracterizá-la, como a altura, timbre e intensidade. A altura está relacionada com a sequência de vibrações sonoras, é a frequência do som que nos diz se um som é agudo ou grave (COSTA, 2003). Para SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA (2006, pg.25) a frequência está relacionada ao número de vezes que uma partícula completa um ciclo de compressão e rarefação (ver figura – 4) em determinado intervalo de tempo ao redor de seu centro de equilíbrio. Essa grandeza é medida em Hertz (Hz) ou ciclos por segundos. Carvalho (2010, pg.27) destaca que a frequência é inversamente proporcional ao período (expresso em segundos) classificando as ondas sonoras quanto à frequência, conforme o Quadro 1.

**Quadro 1 - Classificação das Frequências**

Infrassons	Abaixo de 20 Hz	Não perceptível ao ouvido humano
Baixas frequências	De 20 a 200 Hz	Sons Graves

<b>Médias frequências</b>	De 200 Hz a 2.000Hz	Sons Médios
<b>Altas frequências</b>	De 2.000Hz a 20.000Hz	Sons Agudos
<b>Ultrassons</b>	Acima de 20.000Hz	Não perceptível ao ouvido humano

Fonte: CARVALHO, 2010, pg.27

O timbre é a propriedade que o som possui de determinarmos sua origem, exemplo, conseguimos distinguir o som de uma voz e o som de um instrumento musical. Para Costa (2003, pg.3) o timbre está diretamente relacionado a composição única da onda sonora, isto é sua forma, ou seja, a forma como as frequências se combina.

A intensidade sonora diz respeito a amplitude da onda sonora e a variação de pressão que é medida por meio da potência sonora, propagada por unidade de superfície, a qual toma o nome de intensidade energética (COSTA, 2003), é basicamente o volume energético.

### 3.5 RUÍDO DE IMPACTO

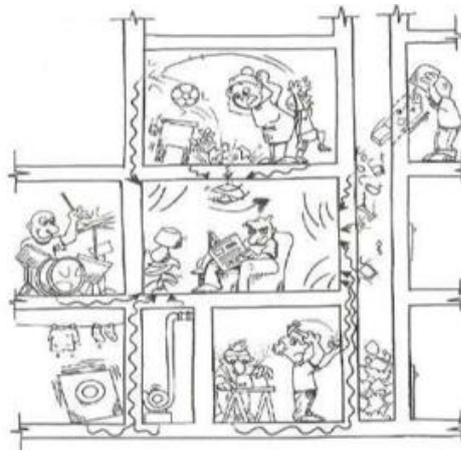
Os ruídos de impacto surgem devido ao atrito mecânico ou contato entre um objeto ou corpo, resultando na aplicação direta de uma vibração mecânica de curta duração na estrutura de uma edificação, sendo propagados por meio de vias sólidas (PEREYRON, 2008).

De acordo com Gerges (1992), a propagação do ruído de impacto em edifícios de vários andares é afetada por uma série de fatores que fazem com que a laje seja excitada e transmita o ruído para o pavimento inferior, potencialmente ampliando o ruído de impacto gerado no pavimento superior.

Nas construções de vários pavimentos, a laje entre os andares é o componente que mais recebe a força do impacto (PEREYON, 2008). Os impactos e vibrações no meio sólido são transmitidos diretamente para a estrutura e, em seguida, resultam na vibração do ar circundante (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2006).

Impactos também são vibrações que se propagam pelas estruturas, mas apresentam como característica uma rápida queda na sua intensidade; são vibrações com grande quantidade de energia, apresentando picos e se propagando sobre os sólidos com pouca atenuação. Impactos como a ação de um martelo sobre uma parede faz com que a superfície vibre, e o ruído é transmitido para o ambiente adjacente, provocando a vibração do ar (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2006, p. 96).

**Figura 3 - Propagação do ruído de impacto na estrutura**



**Fonte:** (SOUZA; ALMEIDRA; BRAGANÇA, 2006, p. 97).

De acordo com Santos (2012), o ruído de impacto é transmitido torcional mente, transversalmente, longitudinalmente e na direção de cisalhamento, resultando em forças aplicadas nas estruturas.

A propagação das ondas sonoras geradas pelas vibrações das estruturas é diretamente influenciada pelo tamanho da estrutura em relação ao comprimento da onda sonora. Em outras palavras, quanto maior a dimensão da estrutura, maior é a propagação das ondas. No entanto, em lajes de concreto armado, onde a lei da massa é aplicada, essa medida nem sempre é suficiente para esses casos (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2006).

O tipo de rigidez presente nas conexões entre os elementos construtivos da edificação afetará a facilidade com que os ruídos de impacto

se propagam na estrutura, resultando em campos sonoros em ambientes distantes da fonte de excitação devido ao amortecimento fraco (PATRÍCIO, 2005).

### 3.6 ISOLAMENTO DE RUÍDO DE IMPACTO

Assegurar um isolamento eficaz do ruído de impacto em edifícios de múltiplos pavimentos, especialmente em espaços residenciais, é crucial para garantir um conforto acústico adequado. As principais fontes de ruído de impacto, como o caminhar das pessoas, a queda de objetos no chão e o fechamento de portas, podem gerar vibrações na estrutura, causando desconforto aos usuários dos espaços adjacentes (FERRAZ, 2008). Isso ocorre devido à intensa excitação por contato, na qual a laje atua como um condutor de energia sonora em frequências elevadas, resultante dos movimentos vibratórios gerados pela excitação localizada (BISTAFA, 2011).

As primeiras abordagens para mitigar os efeitos dos ruídos de impacto podem envolver o aumento da rigidez da estrutura, como por exemplo, aumentando a espessura da composição (laje + argamassa). No entanto, essa solução geralmente é economicamente inviável, já que o isolamento resultante é de apenas 0,5 a 1 dB para cada 1 cm de espessura adicionada à composição (SANTOS, 2012).

Buscam-se soluções mais eficientes que tenham como principal objetivo reduzir ou interromper a transmissão de vibrações através das estruturas. De acordo com Pedroso (2007), ao considerar o isolamento, é possível concluir que:

- A capacidade de isolamento do sistema é influenciada pela frequência crítica e pela rigidez da estrutura. Essa condição está intimamente relacionada à espessura da laje e à disposição das cargas secundárias, que podem ter um efeito positivo na frequência crítica.
- A propagação do ruído nas estruturas pode ser reduzida pela introdução de um material flexível na fonte de impacto ou em seu interior.
- A eficiência do material flexível como isolamento, depende da rigidez dinâmica.

A melhor forma de reduzir o impacto em lajes é selecionar materiais de revestimento macios" (CARVALHO, 2010). Nunes e Patrício (2016) também destacam que a utilização de revestimentos elásticos ou macios tem um impacto direto nos resultados, resultando em uma redução da resposta vibracional em médias e altas frequências a partir de 500 Hz.

Desta forma, existem três técnicas de isolamento ao ruído de impacto em lajes estruturais: Segundo Santos (2012), essas técnicas são:

- Isolamento por meio de forros suspensos no ambiente receptor do ruído;
- Isolamento do piso na fonte do impacto com revestimentos macios;
- Isolamento com pisos flutuantes, onde materiais resilientes ou flexíveis são utilizados entre o piso e a laje estrutural.

### 3.7 Forros suspensos

Consiste na instalação de um forro falso suspenso abaixo da laje estrutural na área receptora de ruídos. O material utilizado deve ter uma quantidade adequada de massa, não excedendo os 25 kg. Além disso, o forro não deve ser excessivamente rígido, e as conexões entre ele e a laje devem ser flexíveis para evitar a formação de pontes acústicas que possam comprometer ainda mais o isolamento (ARAÚJO, 2013). Quanto menor o número de pontos de contato, melhor será o isolamento acústico (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2006).

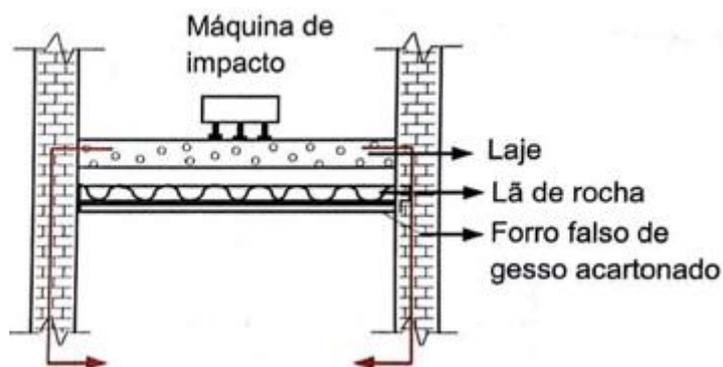
**Figura 4 - Transmissão por pontes acústicas**



**Fonte:** (LOSSO; MARCO; AURELIO; FARIA, 2005).

Além disso, é importante deixar uma camada de ar o mais ampla possível entre a laje e o forro falso, criando um colchão de ar. Nesse espaço, podem ser instalados materiais absorventes (ARAÚJO, 2013) para ajudar a reduzir a reflexão do som dentro dessa cavidade (LOSSO; MARCO; AURELIO; FARIA, 2005).

**Figura 5 - Esquema da utilização do forro falso suspenso**



**Fonte:** (SANTOS, 2012,).

A utilização do forro se mostrou eficaz para este tipo de laje não homogênea, o que está relacionado ao peso da laje e sugere uma maior parcela de transmissão direta em comparação com lajes maciças.

Por exemplo, um sistema de laje sem contrapiso e forro registrou um resultado de 91 dB, enquanto ao adicionar o forro, o resultado foi de 74 dB.

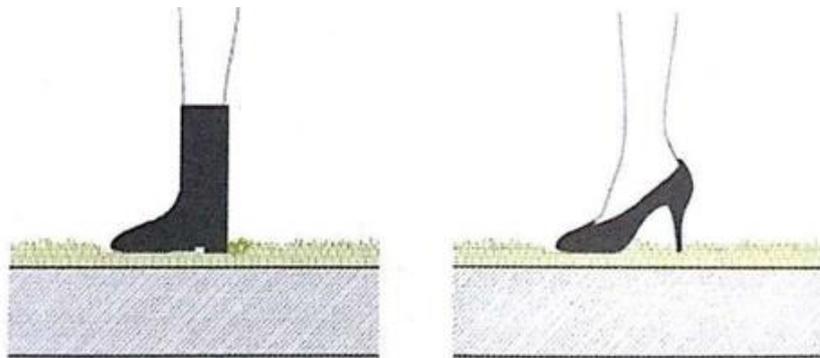
Além disso, Santos (2020) também investigou o uso de materiais absorventes no espaço entre a laje e o forro, conhecido como entreforro, constatando que esses materiais são mais eficazes na redução do ruído de impacto em frequências baixas. Notavelmente, a utilização de materiais absorventes mostrou-se mais eficaz em pisos laminados de madeira do que em pisos cerâmicos e vinílicos.

### 3.8 REVESTIMENTOS PARA PISO

### 3.8.1 Pisos flutuantes

É uma técnica bastante eficaz, normalmente utilizando carpetes espessos e tapetes altos. No entanto, não é amplamente adotada devido a preocupações sanitárias e culturais, uma vez que esse tipo de revestimento pode causar reações físicas adversas, como doenças alérgicas (PEDROSO, 2007).

**Figura 6 - Revestimento elástico de pisos**



**Fonte:** (SANTOS, 2012).

Materiais flexíveis, como borrachas, possuem uma grande capacidade de amortecer o impacto, reduzindo a propagação da onda sonora. A eficácia desse tipo de material é influenciada pela sua capacidade de não deformar após a aplicação de força. Ao utilizá-lo, é importante ter cuidado com o peso exercido sobre o material para evitar compressão além da capacidade de absorção, o que poderia torná-lo rígido e comprometer sua função de isolamento acústico (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2006).

Em seus estudos, Santos (2012) realizou testes em composições e revestimentos para pisos amplamente utilizados na construção civil, submetendo-os ao ruído de impacto, resultando nas seguintes conclusões:

- Pisos de borracha: O isolamento ao ruído de impacto é diretamente proporcional à sua espessura. No entanto, apenas a composição com o revestimento não alcançou valores de isolamento que justifiquem seu uso.
- Carpetes: O isolamento é diretamente proporcional à altura dos pelos. O melhor resultado foi obtido com um tapete importado dos Estados Unidos, com espessura de 10 mm, que isolou 21 dB.

- Carpetes com o uso de base isolante: Nessa composição, o desempenho dos carpetes não depende da espessura ou textura, indicando que as bases utilizadas são excelentes isolantes ao ruído de impacto. Além disso, os melhores resultados foram encontrados nessa configuração.
- Laminados de madeira com carpetes sobrepostos: Nesse caso, o isolamento ao ruído de impacto é diretamente proporcional à espessura do carpete. Uma das composições apresentou uma redução de 24 dB no nível de ruído de impacto.

## 3.9 NORMAS

### 3.9.1 Isolamento Acústico e Normas de Desempenho

Normas relacionadas ao desempenho no isolamento de ruído são essenciais para garantir padrões consistentes e eficazes.

A norma ISO 717-1 é amplamente reconhecida para avaliação do desempenho acústico de materiais e elementos de construção em termos de isolamento sonoro. Essa norma oferece métodos de medição e cálculo do Índice de Redução Sonora (R) e do Índice de Redução Sonora Ponderado (Rw), os quais indicam a capacidade de um elemento ou material de isolar o som. (ABNT)

No contexto de desempenho de edificações, a norma ISO 16283-1 fornece diretrizes específicas para medição do isolamento sonoro em edifícios e elementos de construção. Ela aborda procedimentos de medição em laboratório e em campo, considerando tanto a transmissão aérea quanto a transmissão de impacto.

- ISO 717-1 (Ruído Aéreo):\* Avalia a capacidade de um elemento (parede, teto, janela) em isolar o som transmitido pelo ar, medindo a perda de transmissão sonora. (ABNT).
- ISO 140-3 (Isolamento Sonoro de Fachadas):\* Específico para avaliação do isolamento sonoro entre ambientes externos e internos de edifícios. (ABNT).

- ISO 140-8 (Isolamento de Impacto):\* Foca na transmissão do som causado por impactos, como passos ou objetos que batem no chão. É crucial em ambientes como residências (ABNT).
- ISO 10848 (Desempenho de Edifícios em Resposta a Vibração):\* Avalia a resposta de um edifício a vibrações, incluindo aquelas provenientes de fontes externas. (ABNT).

Essas normas estabelecem os procedimentos e critérios para a realização escolha do índice depende do tipo de ruído que se deseja isolar (aéreo, de impacto etc.) e das características específicas do ambiente. Ao avaliar materiais ou projetar estruturas para isolamento acústico, é essencial considerar normas e padrões específicos que garantam a qualidade e eficácia desejadas.

## **4. PROPOSTA DE MELHORIA**

### **4.1 REFERENTE AOS NÍVEIS DE PROTEÇÃO**

Os níveis de proteção em uma edificação na construção civil, como a Etec Itaquera 2, referem-se às medidas e normas de segurança estrutural e funcional implementadas durante o projeto, construção e uso do prédio. Aqui estão alguns aspectos importantes:

**Projeto Estrutural:** É fundamental que a edificação seja projetada por engenheiros qualificados, seguindo normas técnicas rigorosas para garantir a resistência e estabilidade da estrutura contra cargas externas, como vento, chuva e movimentações do solo.

**Materiais de Construção:** A escolha dos materiais utilizados na construção deve considerar não apenas critérios estéticos e de custo, mas também aspectos de durabilidade, resistência ao fogo, isolamento acústico e térmico, além de serem ecologicamente sustentáveis quando possível.

**Instalações de Segurança:** Incluem sistemas contra incêndios, como sprinklers, extintores, alarmes de incêndio e saídas de emergência claramente sinalizadas e dimensionadas conforme a legislação local e normas de segurança.

**Acessibilidade:** A edificação deve ser projetada para proporcionar acessibilidade a todas as pessoas, incluindo rampas, elevadores, corrimãos

adequados e banheiros acessíveis, atendendo às normas de acessibilidade vigentes.

**Manutenção Preventiva:** É essencial estabelecer um programa de manutenção regular para garantir que todos os sistemas de segurança e estruturais estejam funcionando corretamente ao longo do tempo.

**Normas de Segurança no Trabalho:** Durante a construção, devem ser observadas todas as normas de segurança no trabalho, como o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), treinamentos de segurança para os trabalhadores e fiscalização constante para prevenir acidentes.

**Certificações e Licenciamentos:** A edificação deve obter todas as licenças e certificações necessárias das autoridades competentes, comprovando que está em conformidade com todas as normas de segurança e regulamentos aplicáveis.

Ao seguir esses níveis de proteção na construção civil, a Etec Itaquera 2 assegura não apenas a segurança física e estrutural de sua edificação, mas também promove um ambiente seguro e confortável para estudantes, funcionários e visitantes.

## 4.2 MEMORIAL DESCRITIVO PARA ISOLAMENTO DE RUÍDO EM ANFITEATRO UTILIZANDO FORRO DE MADEIRA – NEXACUSTIC SONEX OWA

**Objetivo:** O presente memorial descritivo tem por objetivo detalhar o processo de isolamento acústico a ser implementado no anfiteatro utilizando o forro de madeira Nexacustic Sonex Owa. O principal foco é reduzir a transmissão de ruído externo para o interior do espaço, garantindo uma acústica adequada para eventos e apresentações.

**Descrição do Anfiteatro:** O anfiteatro possui dimensões de 143,32 e está localizado ETEC ITAQUERA II. É utilizado para apresentações de Trabalhos, estudos e apresentações culturais.

### **Forro de Madeira Nexacustic Sonex Owa:**

O forro de madeira Nexacoustic Sonex Owa é uma solução eficiente para controle acústico, fabricado com materiais de alta qualidade e design que combina estética e funcionalidade.

Possui propriedades de absorção sonora que ajudam a reduzir a propagação de ruídos indesejados, proporcionando um ambiente mais confortável e adequado para atividades diversas.

A instalação será realizada de acordo com as especificações do fabricante, garantindo a correta fixação e o alinhamento do forro para maximizar seus benefícios acústicos.

#### **Procedimento de Instalação:**

Será realizada a avaliação prévia das condições estruturais do anfiteatro para determinar as necessidades específicas de preparação do suporte para o forro de madeira Nexacoustic Sonex Owa.

A fixação será feita utilizando os acessórios e métodos recomendados pelo fabricante, assegurando uma instalação precisa e segura.

Todas as etapas serão acompanhadas por profissionais qualificados, garantindo o cumprimento das normas de segurança e qualidade estabelecidas.

#### **Benefícios Esperados:**

Redução significativa da reverberação sonora no ambiente, proporcionando uma melhor clareza acústica durante as apresentações.

Melhoria no conforto acústico para o público presente no anfiteatro.

Valorização estética do espaço através da integração do forro de madeira Nexacoustic Sonex Owa com o design arquitetônico existente.

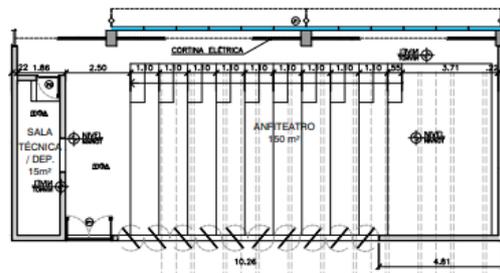
Considerações Finais: Este memorial descritivo serve como guia para a execução do projeto de isolamento acústico no anfiteatro utilizando o forro de madeira Nexacoustic Sonex Owa. Todas as especificações e diretrizes aqui mencionadas devem ser seguidas rigorosamente para garantir a eficácia do sistema de isolamento de ruído.

### **4.3 SOBRE A EDIFICAÇÃO**



Ref.007-Betume, forro madeira Nexacustic Sonex Owa, trazendo um design inovador e respeitoso igual ao original.

**Figura 9- planta baixa**



área do palco: 26,77m<sup>2</sup>  
 área dos degraus: 7,35m<sup>2</sup>  
 área total:143,32m<sup>2</sup>

Forros Acústicos de Madeira Nexacustic –  
 SONEX OWA  
 Nexacustic 32  
 PLENUM 5 cm + LÃ 5cm – NRC 0.80

Carpete Mistral em Placa 6mm x 50cm (m<sup>2</sup>) – Ref.007–Betune

QUADRO DE VÃOS	
DENOMINAÇÃO	DIMENSÕES (LxHxP)
P1	1,40 x 2,10 x 2,00
P2	0,77 x 2,10 x 2,00
J1	0,60 x 0,50 x 2,00

LEGENDA DE REVESTIMENTOS	
<input type="checkbox"/> PISO	1 – Carpete Mistral em Placa
<input type="checkbox"/> PAREDE	1 – Carpete Mistral em Placa
<input type="checkbox"/> FORRO	1 – Forros Acústicos de Madeira Nexacustic

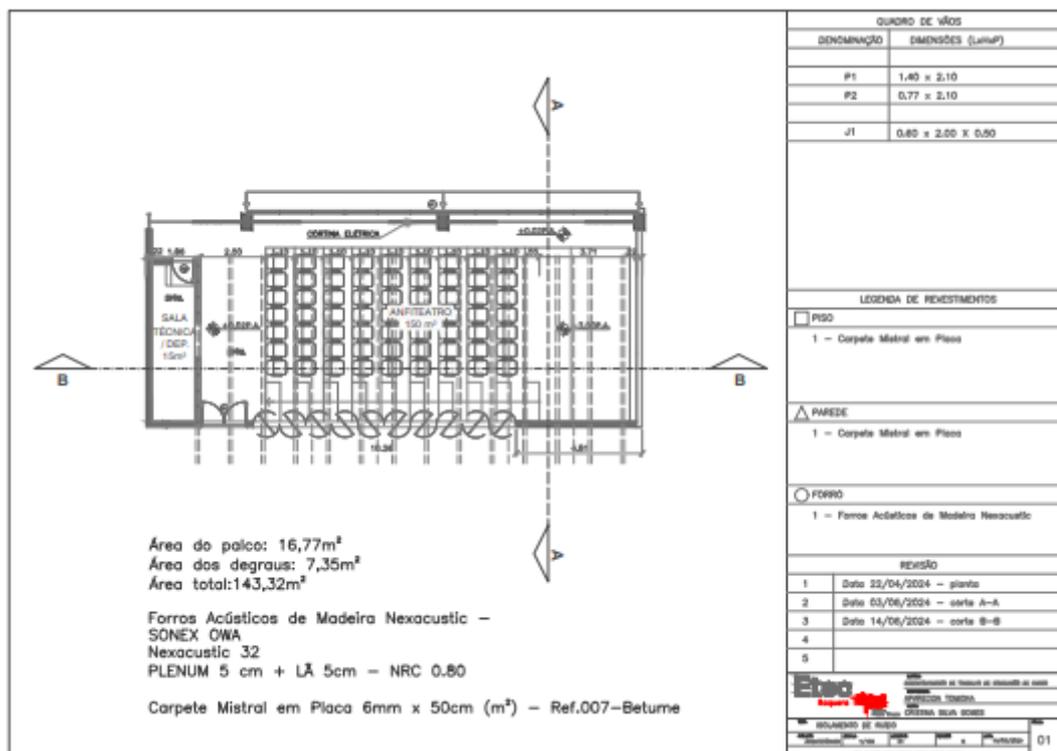
REVISÃO	
1	
2	
3	
4	
5	

PROJETO: <b>ETEC</b> RESPONSÁVEL: <b>AFAREDO TOMOCHA</b> PROJETO: <b>CRISTINA SILVA GOMES</b>	
PROJETO: <b>ISOLAMENTO DE RUÍDO</b>	Nº: <b>01</b>

Fonte: Autoral

**Figura 10- Maquete eletrônica do teatro**



Área do palco: 16,77m<sup>2</sup>  
 Área dos degraus: 7,35m<sup>2</sup>  
 Área total:143,32m<sup>2</sup>

Forros Acústicos de Madeira Nexacustic –  
 SONEX OWA  
 Nexacustic 32  
 PLENUM 5 cm + LÃ 5cm – NRC 0.80

Carpete Mistral em Placa 6mm x 50cm (m<sup>2</sup>) – Ref.007–Betune

QUADRO DE VÃOS	
DENOMINAÇÃO	DIMENSÕES (LxHxP)
P1	1,40 x 2,10
P2	0,77 x 2,10
J1	0,60 x 2,00 x 0,50

LEGENDA DE REVESTIMENTOS	
<input type="checkbox"/> PISO	1 – Carpete Mistral em Placa
<input type="checkbox"/> PAREDE	1 – Carpete Mistral em Placa
<input type="checkbox"/> FORRO	1 – Forros Acústicos de Madeira Nexacustic

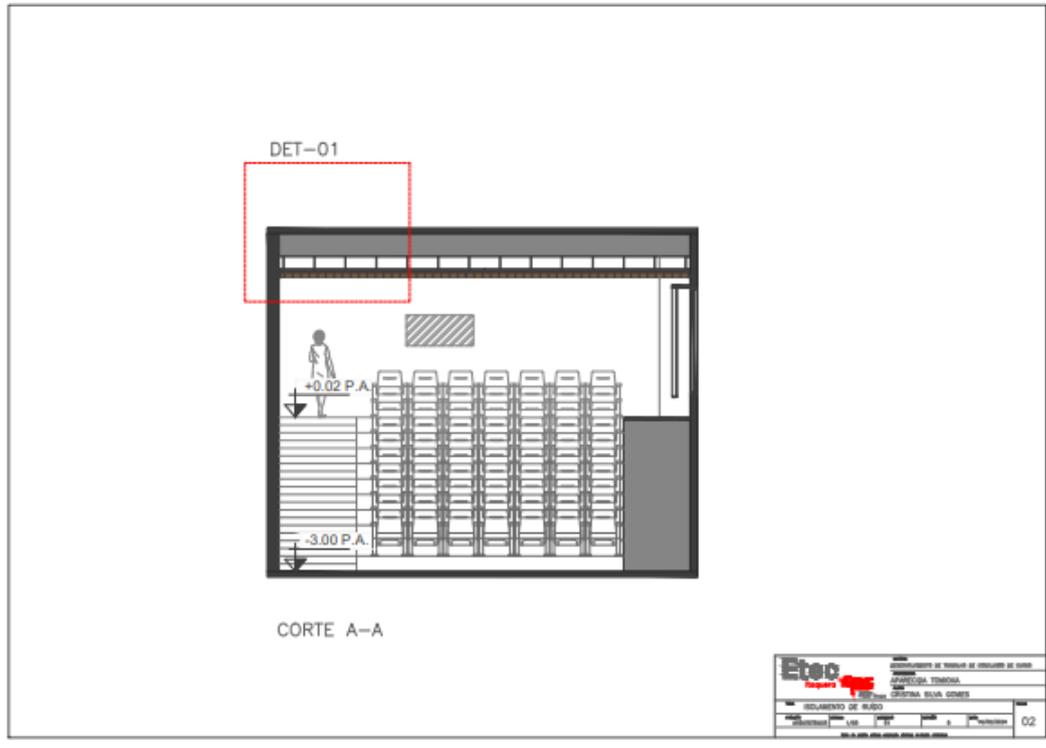
REVISÃO	
1	Data 22/04/2024 – planta
2	Data 03/06/2024 – corte A-A
3	Data 14/08/2024 – corte B-B
4	
5	

PROJETO: <b>ETEC</b> RESPONSÁVEL: <b>AFAREDO TOMOCHA</b> PROJETO: <b>CRISTINA SILVA GOMES</b>	
PROJETO: <b>ISOLAMENTO DE RUÍDO</b>	Nº: <b>01</b>

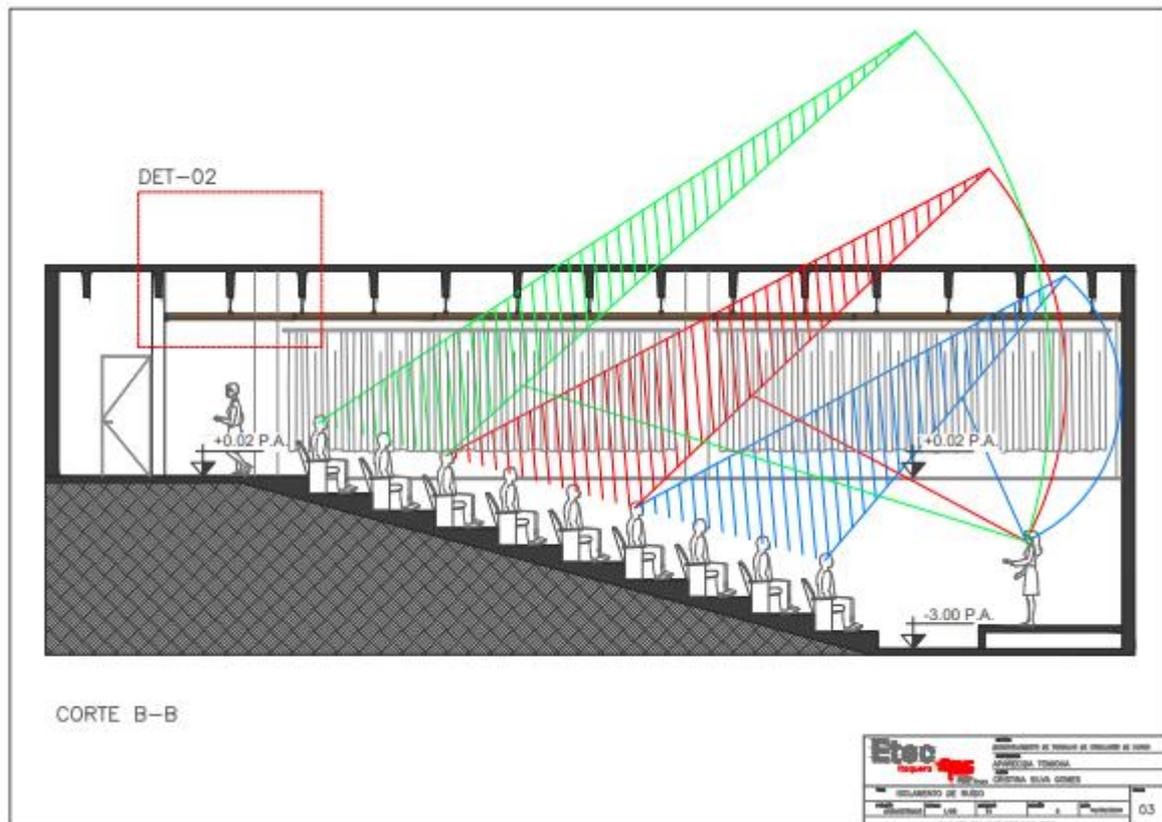
Fonte: Autoral

Figura 11- Maquete eletrônica corte AA



Fonte: Autoral

Figura 12- Maquete eletrônica corte BB



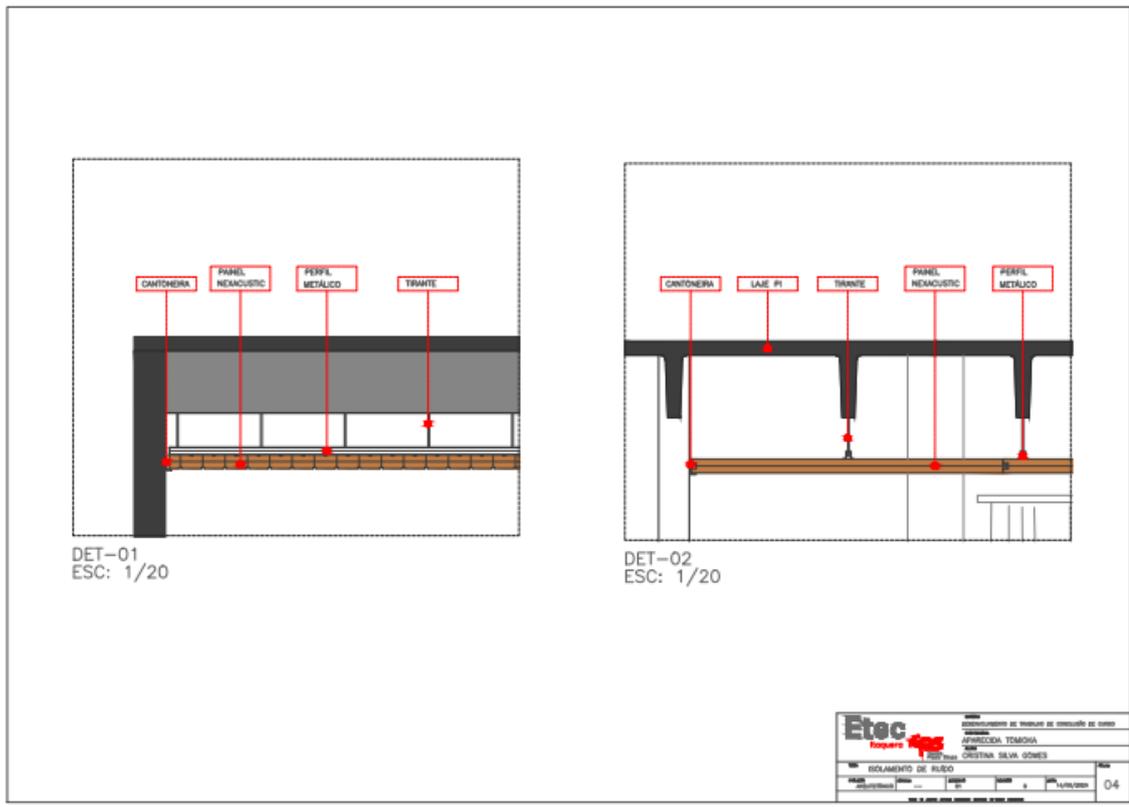
**Fonte:** Autoral

Quanto à acústica arquitetônica o partido em leque adotado possibilita distribuição uniforme das reflexões sonoras e aproxima a audiência do púlpito garantindo assim uma boa audibilidade da palavra

Os materiais utilizados também foram pensados de acordo com suas características térmicas de absorção e transmissão de calor, bem como suas características acústicas.

Todo o forro foi projetado para refletir o som (baseado na lei da reflexão da luz) em direção a audiência para reforçar o som direto e respeitando a diferença entre a distância das reflexões sonora com a distância do som direto menor que 17m para evitar ecos, conforme (SOUZA, ALMEIDA E BRANGANÇA, 2006, pg.123).

**Figura 13- Maquete eletrônica corte BB**



Fonte: Autoral

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de isolamento de ruído foi desenvolvido com o objetivo de melhorar a qualidade acústica e o conforto dos ambientes afetados. Durante todo o processo, consideramos desde a identificação das principais fontes de ruído até a escolha dos materiais e técnicas mais adequadas para minimizar esses efeitos.

Inicialmente, realizamos uma análise detalhada para identificar as fontes de ruído predominantes, tanto em ambientes industriais quanto em residenciais e comerciais. Com base nessa avaliação, adotamos medidas que incluíram tecnologias modernas e práticas sustentáveis para reduzir ou eliminar essas fontes de interferência.

No que diz respeito aos materiais de isolamento acústico, priorizamos soluções que não apenas oferecessem alto desempenho na absorção de ruídos, mas também

fossem sustentáveis, visando minimizar o impacto ambiental. Utilizamos isolantes de última geração para garantir resultados consistentes e duráveis, aplicando técnicas avançadas de construção e instalação com supervisão contínua em todas as etapas do projeto.

Durante a implementação, realizamos testes meticulosos para verificar a eficácia do isolamento acústico em diferentes condições de uso. A análise dos resultados demonstrou uma redução significativa nos níveis de ruído, atendendo aos padrões de conforto acústico estabelecidos pelas normas vigentes.

É fundamental destacar que o sucesso deste projeto vai além dos aspectos técnicos e materiais, refletindo também na satisfação dos usuários finais. O impacto positivo na qualidade de vida das pessoas que frequentam ou residem nos ambientes tratados é o indicador mais relevante do êxito desta iniciativa.

Portanto, o projeto não apenas cumpre seu objetivo funcional de reduzir o ruído, mas também contribui significativamente para um ambiente mais saudável, confortável e produtivo. A manutenção contínua e a monitorização adequada garantirão que os benefícios alcançados sejam sustentados a longo prazo, consolidando-o como um exemplo de excelência em soluções de acústica ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SIEGEN, Guia de isolamento acústicos. <https://www.sienge.com.br/blog/isolamento-acustico-tecnicas-tipos-requisitos/>. Acesso em 27 de fevereiro de 2024.

CPS (.). PROJETOS LIBERADOS PARA LICITAÇÕES:

Disponível em: <https://dmp.cps.sp.gov.br/licitacoes/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

ARAÚJO, A. M. S. Avaliação experimental do isolamento do ruído de impacto nas frequências de 80 a 400 Hz. 2013. 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14859-1

ABNT, Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: 22 FEV. 2024.

BASTOS, P. S. S. Vigas e lajes de concreto armado. Apostila ministrada na disciplina Sistemas Estruturais I, do curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Estadual Paulista– UNESP. Bauru, 2005. 63 p.

BISTAFA, S. R. Acústica aplicada ao controle de ruído. 2 ed. São Paulo: Bluncher, 2011.

CARVALHO, R. P. Acústica arquitetônica. 2 ed. Brasília: Thesaurus, 2010.

CORNACCHIA, G. Investigação in-situ do isolamento sonoro ao ruído de impacto em edifícios residenciais. 2009. 161p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

FERRAZ, R. Atenuação de ruído de impacto em pisos de edificações de pavimentos múltiplos. 2008. 156p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008.

ROSSI, Aldo. A arquitetura da Cidade. Tradução Eduardo Brandão. 2ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001, 309.

SANTOS, Maria Graça P. A história da Arte. 16ª edição. São Paulo: Editora ática.

SOUZA, Léa C. L.; ALMEIDA, Manuela G.; BRAGANÇA, Luís. Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura – São Carlos: EdUFSCar, 2006 . 149p.

RODRIGUES, Besaliele de Oliveira. História da Assembléia de Deus - A PIONEIRA - Estado do Amapá. 2. ed. Macapá: Edições da Amazônia, 2007, 40 p.

SILVA, Ivanize Cláudia S. Metodologia para análise de sistemas de iluminação visando o conforto visual e a eficiência energética em ambientes. Belém, Pará, 2008, 86 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará.

CARVALHO, Maria Luiza U. Resíduos de poli (tereftalato de etileno) e de pneu na confecção de pisos flutuantes para o isolamento do ruído de impacto. Goiânia, Goiás, 2009, 98 p. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás.

CORBELLA, Oscar ; YANNAS, Simos. Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos. Editora-Revan, Rio de Janeiro, 2003.