

MEMORIAL - RELATÓRIO TÉCNICO:

Projeto Acústico

Auditório UFG

Cidade Ocidental, Goiás

Consultoria Acústica

Maria Luiza de Ulhôa Carvalho

PhD. Engenharia Acústica e de Áudio

Ms. Engenharia do Meio Ambiente

Arquiteta e Urbanista

CAU/GO 67919-4

62 99992 3775

SUMÁRIO

1 - DESCRIÇÃO DA PROPOSTA	3
1.1 Objetivos	3
1.2 Atualizações da atual versão	4
2 - ISOLAMENTO ACÚSTICO	4
2.1 Paredes	5
2.2 Teto	6
2.3 Portas	6
2.4 Visor	7
3 - CONDICIONAMENTO ACÚSTICO: Geometria	7
4 - CONDICIONAMENTO ACÚSTICO: Tempo de Reverberação (T_{60})	8
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	11
ANEXO A: QUADRO DE QUANTITATIVOS	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

1 - DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

O presente relatório consiste na fundamentação para o projeto acústico (estudo do isolamento e condicionamento acústico) do Auditório da Universidade Federal de Goiás, polo Cidade Ocidental, localizado na Gleba 2-A, Av. F, Fazenda Saia Velha, CEP 72800-000, Cidade Ocidental-GO. Todo o projeto segue as especificações técnicas da NBR 12.179 (1992), NBR 10.152 (2020), literaturas relativas à acústica de salas e acústica de edificações, assim como, experiência/referência de mercado na área de projeto acústico e construção civil relativa à acústica.

A NBR 12.179 (1992) indica os procedimentos para realizar o isolamento acústico, estudo geométrico, cálculo de tempo de reverberação e o tempo de reverberação ideal para recintos fechados conforme a função do local e seu volume. Por outro lado, a NBR 10.152 (2020) designa quais seriam os níveis sonoros mais apropriados para os ambientes internos. No caso de auditórios com mais de 600 m³ (Auditório em questão 972 m³), o nível de pressão sonora contínuo equivalente (R_{LAeq}), o nível máximo de pressão sonora (R_{LASmax}) e o nível sonoro NC (Noise Criterion) representativo do ambiente (R_{LNC}) consistem respectivamente em 30, 35 e 25 dB(A).

A região urbana onde será construída a edificação do novo campus com o auditório em questão, tem a previsão de se tornar uma área mista predominantemente residencial. Conforme a NBR 10.151 (2020), tais regiões externas tem limites de níveis de pressão sonora diurno e noturno de respectivamente 55 e 45 dB(A). Posto isto, os valores de isolamento acústico das esquadrias, em específico a porta acústica, podem ser reduzidos para 35 dB garantindo que o conjunto da parede em bloco de concreto e porta (Vista A) chegue a um isolamento aproximado de 40 dB. Assim os limites externos (NBR 10.151, 2020) e o isolamento estimado, facilmente vão atingir os níveis internos determinado pela NBR 10.152 (2020).

Cabe ressaltar que a edificação não se enquadra como edificação residencial, tornando a NBR 15.575 (2021) para “análise de desempenho acústico” não aplicável ao presente projeto. Nesta norma, deve-se primeiro realizar uma análise acústica do ruído ambiental no local de implantação do complexo da edificação para depois indicar as soluções acústicas atendendo à norma nos níveis mínimo, intermediário ou superior.

Reforça-se que o presente projeto acústico não foi analisado seguindo os precedentes da NBR 15.575 (2021), mas sim da NBR 12.179 (1992), para garantir a qualidade sonora do auditório quando atendendo às especificações técnicas aqui listadas. Solicita-se que o projeto seja atendido em sua totalidade para alcançar o resultado planejado. Em caso de demanda, a responsável técnica está disponível para maiores esclarecimentos.

ATENÇÃO: Torna-se obrigatório a apresentação de laudo acústico (isolamento e/ou coeficiente de absorção sonora) de laboratórios credenciados pelo INMETRO, a classificação de IIA-IT10 do corpo de bombeiros para a proteção ao fogo e índice ótico de fumaça, e ser ignifugo para todos os materiais indicados.

1.1 Objetivos

Os objetivos são:

- Especificar os materiais, as técnicas e detalhamentos para o isolamento sonoro;

- Adequar a geometria da sala para uma boa reflexão sonora;
- Quantificar os revestimentos com absorção sonora da referida sala conforme o cálculo do tempo de reverberação (T_{60}).

1.2 Atualizações da atual versão

Nesta versão foram atualizados os seguintes tópicos:

- Reflexões sobre a aplicabilidade da NBR 15.575 (2021), NBR 10.152 (2020) e NBR 10.151 (2020);
- Alinhamento do isolamento acústico dos materiais acústicos, como as portas, relativo à disponibilidade de mercado;
- Ajuste e obrigatoriedade da classe de resistência ao fogo e densidade ótica de fumaça para todos os materiais acústicos serem da Classe IIA-IT10;
- Obrigatoriedade do fornecedor apresentar laudo acústico e de proteção ao fogo de laboratórios credenciados pelo INMETRO;
- Todo material construtivo do auditório deve ser ignífico (evitar incêndio, afugentar fogo e/ou ser incombustível);
- Detalhamento (DET 2) do enclausuramento acústico das luminárias do forro foi eliminado em vista das tubulações elétricas ficarem aparentes. Contudo, caso seja necessário perfurar o forro, solicita-se a realização de furos de tamanhos mínimos e bem rentes às luminárias, evitando assim o excesso de vazamento de som pelos buracos;
- Quadro de quantitativos:
 - inclusão da pintura em cor BRANCA para o gesso acartonado da parede do palco e todo forro,
 - inclusão da pintura em cor BEGE (tonalidade a ser definida em renderizações e de acordo com equipe de projeto),
 - alteração do isolamento acústico das portas acústicas para 35 dB e
 - inclusão de nova prancha de detalhamentos.

2 - ISOLAMENTO ACÚSTICO

Para garantir um isolamento acústico eficaz, as especificações listadas a seguir devem ser atendidas em sua TOTALIDADE. Um controle de ruído rigoroso deve ser feito nas fontes sonoras internas ou transmissoras, assim como evitar buracos, frestas ou furos em pisos, paredes e forros. Possíveis fontes sonoras são casa de máquina de ar condicionado, reatores, transformadores, equipamentos com ventilação forçada, amplificadores de sinal, racks, ruídos de impacto na laje como arrastar de carteiras do andar superior, tubulações de água e esgoto entre outros.

Para isolar os ruídos vindos pelo ar (ruído aéreo), usa-se da “lei das massas” (elementos construtivos de alta densidade e/ou sistemas massa-mola-massa) e da “boa vedação” para não deixar “vazar” o som pelos buracos. Quando se deixa a abertura na parede, todo o desempenho de isolamento da parede e esquadrias são prejudicados reduzindo expressivamente o índice de redução sonora do conjunto. Esse descuido na construção do sistema de isolamento acústico leva a depreciação do material de alto desempenho, tornando um desperdício financeiro visto que o isolamento final fica similar a um sistema de baixo desempenho acústico e custo. Por isso, todas as paredes e forro devem USAR SISTEMAS

MECÂNICOS ACUSTICAMENTE ISOLADOS e sistemas ELÉTRICOS APARENTES, garantindo assim o isolamento acústico indicado no presente projeto.

Outro tipo de som indesejado consiste em vibrações e/ou impactos sobre os elementos construtivos como pisos e paredes (ruído estrutural). Ele se resolve ao interromper a vibração entre materiais construtivos com elementos resilientes e/ou molas. Essa desconexão evita que a vibração propague de um elemento a outro, eliminando assim a transmissão sonora. Exemplos são sons de passos no piso superior, furadeira na parede, vibração do elevador nas paredes, entre outros. No presente projeto não se identificou transmissão estrutural próximo ao auditório, mas sim possível impactos na laje oriundas do piso superior das salas de aula (arrastar de carteiras entre outros). Optou-se pelo **FORRO FALSO** como alternativa do isolamento do ruído de impacto. Este sistema possui uma desconexão entre a guia de fixação do gesso com a parede utilizando de **FITA ISOLANTE ou BANDA ACÚSTICA**, assim como **BUCHA ACÚSTICA** de fixação do parafuso na parede, sendo ambas constituídas de material elástico e resiliente (veja **DETALHE 1 na prancha 2/4**).

Reforça-se que a construção deve seguir todas as especificações técnicas do projeto para garantir que o som indesejado não entre no recinto, ou seja, eventos não sejam interrompidos por sons externos ao auditório. A seguir estão especificados cada sistema de isolamento acústico utilizado com recomendações técnicas a serem cumpridas para a eficiência do sistema.

2.1 Paredes

Todas as paredes devem ir da laje do piso à laje do andar superior. Ao analisar as 4 paredes do auditório, observou-se que três (3) são compartilhadas com a área externa da edificação e uma parede divide-se com o saguão de entrada do prédio. O sistema construtivo utilizado nas paredes são blocos estruturais de concreto que atendem a NBR 15.575 (2013) quanto ao isolamento acústico mínimo de 45 dB (Mitidieri Filho, Salle, 2023). Para a área externa, solicita-se que não se tenha perfuração nestas paredes, tendo somente uma porta dupla (ver especificações das portas – item 2.3 do presente documento e DETALHE 5.1 na prancha 4/4).

Já na parede junto ao saguão, adotou-se o sistema de antecâmara com duas camadas de portas acústicas duplas (ver especificações das portas – item 2.3 do presente documento e **DETALHE 5.2 na prancha 4/4**). Lembrar que toda fresta, buraco ou passagem de cabos ou dutos devem ser devidamente vedados para garantir o isolamento acústico do sistema, conforme segue:

1. O revestimento acústico nas paredes terá um **RECUO SUPERIOR** (dimensões variáveis) e **INFERIOR** (7 cm de rodapé + 10 cm + 10 cm escondidos no revestimento de madeira frizado) para garantir a passagem dos:
 - a. Sistemas elétricos através de **TUBULAÇÕES APARENTES**, estilo industrial, sem embutir dutos ou criar grandes buracos nas paredes ou similar técnico (**ver Vistas A à K na prancha 2/4**) e
 - b. Sistemas mecânicos (água e esgoto) devem ser isolados por **GESSO ACARTONADO DUPLO com LÃ MINERAL**, 30-40 kg/m³ e ESPESSURA 50 mm, ou similar técnico, (**ver Corte A2 a A4 na prancha 1/4**). Se possível, rodeie os tubos com gesso duplo e lâ para atender o STC de 45 a 47 dB, ou similar técnico. Indica-se que as tubulações estejam na parte externa do auditório passando pela fachada.

2.2 Teto

O projeto do auditório tem o teto constituído de laje nervurada com isolamento acústico insuficiente. Lembrar que, para o **ruído aéreo**, quanto MAIOR o valor do decibel, melhor o desempenho. Enquanto isso, para o isolamento do **ruído de impacto (estrutural)**, quanto MENOR o valor, melhor a performance do isolamento acústico.

A sala tratada foi analisada em todas as direções, tanto pelas vedações (paredes e aberturas) quanto no piso e no teto. O piso irá transmitir as vibrações para a terra tornando desnecessário o isolamento acústico. Por outro lado, no teto sugere-se a colocação de um **FORRO FALSO** desconectado das paredes (**ver DETALHE 1 na prancha 2/4**). O forro deve ter todo o seu perímetro desconectado das paredes e laje para amortecer a transmissão da vibração do impacto das salas de aulas para o auditório.

Segue a descrição técnica do sistema:

1. Teto de **GESSO ACARTONADO DUPLO com LÃ MINERAL** de 50 mm, densidade 30-40 kg/m³ acima das placas de gesso e **FITA ISOLANTE ou BANDA ACÚSTICA**, resiliente e elástica no encontro das guias estruturais das placas do forro com as paredes e laje. Adicionalmente, solicita-se que as **BUCHAS ACÚSTICAS** de fixação dos parafusos nas paredes e laje sejam de material resiliente e elástico para atender o STC de 45 a 47 dB, ou similar técnico (**ver PLANTA DE FORRO na prancha 1/4 e DETALHE 1 na prancha 2/4**) e
2. As luminárias que estão embutidas no teto devem ter **ENCLAUSURAMENTO** do nicho da luminária que fica acima do forro para não deixar vazar som pelas aberturas, ou similar técnico.
 - Esta indicação foi flexibilizada para a viabilidade da construção do forro, mas solicita-se que os buracos sejam os mais rentes possíveis da luminária e os furos os mais pequenos possíveis.

O sistema do **FORRO FALSO** abafa o ruído criado no pavimento superior e garante que atividades no andar superior não interfiram na atividade do auditório. Novamente, a desconexão do forro com a parede se torna importante, pois evita a transmissão sonora indireta. Este fenômeno é chamado de transmissão sonora indireta ou *flanking transmission*.

Ao instalar as duas (2) placas de gesso acartonado, a **JUNTA DA SEGUNDA CAMADA DE GESSO ACARTONADO DEVE SER DESALINHADA DA PRIMEIRA PARA GARANTIR A VEDAÇÃO DO SISTEMA** conforme manual de instalação do fornecedor. Reforça-se o cuidado de evitar buracos na instalação das luminárias para reduzir o vazamento de som.

2.3 Portas

As portas devem ser rigorosamente executadas e instaladas. Lembrar que para o bom desempenho das esquadrias, cuidados na **INSTALAÇÃO** evitando frestas entre batente-parede e batente-folha são vitais.

Foram especificadas três (3) tipos de portas: uma ao lado direito do palco (Vista A), quatro na entrada da plateia (Vista B) e outra na entrada da sala de controle (Vista B). Em todas as portas, deve-se ter cuidado quanto à vedação. Segue a descrição das mesmas:

1. **PORTA ACÚSTICA METÁLICA** de **DUAS FOLHAS** – metálica - com enchimento em lã mineral e batente duplo para atender o STC de 35 dB, ou similar técnico (**ver PLANTA BAIXA na prancha 1/4 e DETALHE 5.1 na prancha 4/4**);
2. **PORTA ACÚSTICA MADEIRA** de **DUAS FOLHAS** – laminado de madeira - maciça e batente duplo para atender o STC de 35 dB, ou similar técnico (**ver PLANTA BAIXA na prancha 1/4 e DETALHE 5.2 na prancha 4/4**) e
3. **PORTA ACÚSTICA MADEIRA** de **UMA FOLHA** – laminado de madeira - maciça e batente duplo para atender o STC de 35 dB, ou similar técnico (**ver PLANTA BAIXA na prancha 1/4 e DETALHE 5.3 na prancha 4/4**).

2.4 Visor

Para o sistema de isolamento acústico funcionar, o visor também deve ter isolamento. Sugere-se um visor acústico na sala de controle para não ter interferências sonoras entre o auditório e a referida sala, possibilitando edição de áudio e radiotransmissão. O sistema deve ser de vidro duplo com cavidade interna tratada contra fungos e umidade, contendo vedação nas bordas para garantir a eficiência do isolamento do sistema.

A especificação técnica para o referido visor é:

- **VIDRO DUPLO LAMINADO INCOLOR** (vidro de 6 mm + câmara de ar/vácuo + 8 mm) com ESQUADRIAS ACÚSTICAS para atender o STC de 35 dB direcionando o laminado de 8 mm para o lado da plateia, ou similar técnico (**ver PLANTA BAIXA na prancha 1/4 e DETALHE 5.4 na prancha 4/4**).

3 - CONDICIONAMENTO ACÚSTICO: Geometria

Constatou-se que a geometria da sala possui paralelismo entre as paredes, piso e teto o que provoca a incidência de ondas estacionárias. Estas ondas podem ser chamadas de coincidência (Da Silva, 1988) e são indesejadas, pois reforçam pontualmente uma determinada frequência criando um “excesso” ou “sobra” sonora no espaço. Assim recomendou-se a quebra do paralelismo entre piso/teto e paredes com a inclinação de 5° entre as superfícies. Esta prática foi aplicada em quatro planos:

1. O plano do forro (plano 1) receberá **INCLINAÇÕES NO FORRO** para levar as reflexões primárias ao fundo da plateia (**ver CORTES A2 a A4 na prancha 1/4**);
2. As paredes laterais da plateia (planos 2 e 3) terão **INCLINAÇÕES NAS PAREDES** alinhadas com as dimensões dos patamares e do forro (**ver PLANTA BAIXA na prancha 1/4, e VISTAS A e C na prancha 2/4**). Além disto, o mesmo tratamento geométrico e de revestimento acústico propicia uma resposta sonora estéreo (direita/esquerda), ou seja, igual dos dois lados, gerando conforto na percepção do som;
3. No eixo frente-fundo, foram criados **PAINÉIS DE GESSO ACARTONADO INCLINADOS** na parede do fundo do palco indo do piso até o gesso inclinado do

forro (**ver PLANTA BAIXA na prancha 1/4, VISTA D na prancha 2/4 e DETALHE 4 na prancha 4/4**).

Outro elemento geométrico considerado, foi o posicionamento das poltronas da plateia. Como o desnível entre os patamares das poltronas está pequeno (8 cm), indicou-se um deslocamento entre as fileiras da frente com as fileiras de trás. A posição resultante faz com que pessoa de trás veja por entre os ombros das duas pessoas da frente, aumentando a captação sonora e visibilidade do palco pelos espectadores (Figura 1).

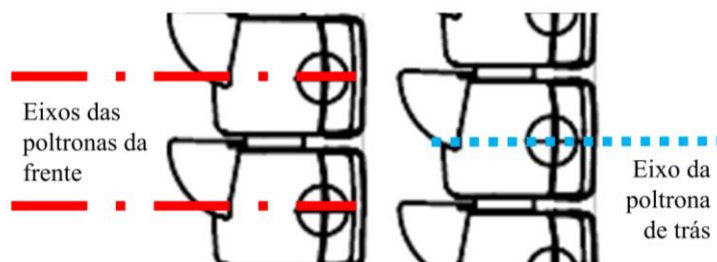


Figura 1 – Imagem ilustrativa do desalinhamento das poltronas para aumentar captação sonora e visibilidade vindo do palco para os espectadores.

As intervenções geométricas nos quatro planos do auditório garantem que **NÃO OCORRA O ECO**. Lembrar que o auditório possui quase 30 m de profundidade e, a partir de 11 m, já se pode ouvir a repetição exata deste defeito sonoro (ECO). Posto isto, se torna **INDISPENSÁVEL O TRATAMENTO GEOMÉTRICO - FRENTE E FUNDO DA SALA – COM A QUEBRA DO PARALELISMO NA PAREDE DO FUNDO DO PALCO**, inclinando em 5 graus as superfícies paralelas.

Outro fator presente em auditórios são as placas do forro inclinadas. Conforme projeto, pode-se observar as inclinações que garantem a reflexão sonora das ondas primárias para o fundo da plateia. Esta estratégia viabiliza a possibilidade de reduzir o som eletronicamente amplificado visto que leva as primeiras reflexões sonoras do palco até o fundo.

4 - CONDICIONAMENTO ACÚSTICO: Tempo de Reverberação (T_{60})

Para alcançar uma qualidade sonora, o tempo de reverberação do recinto foi calculado segundo a fórmula de Sabine (NBR 12.179, 1992). Este parâmetro é uma das ferramentas que possibilita um retorno equilibrado das frequências sonoras no recinto, nem reverberante ou seco demais. As variáveis envolvidas são os materiais de revestimento, equipamentos e mobiliários, seus respectivos coeficientes de absorção sonora assim como o volume da sala.

Os revestimentos acústicos e respectivos coeficientes de absorção (ver Tabela 1) utilizados nos cálculos foram:

1. **PAINEL ACÚSTICO FRISADO FRT – 16/10 – *plenum* preenchido com LÃ MINERAL OU DE POLIÉSTER**, ou similar técnico, (**ver PLANTA BAIXA na prancha 1/4 e DETALHE 3 na prancha 3/4**).

Painel constitui-se de MDF com acabamento em resina melamínica ou lâmina natural de madeira (cor freijó ou similar); encaixe tipo macho e fêmea com face posterior em véu de vidro e enchimento de lã mineral ou de poliéster na densidade 30-40 kg/m³ e espessura 50

mm. Possui proteção ao fogo com classe IIA-IT10, dimensões de 172 x 2700 x 15mm (dimensão nominal) \pm 2mm a ser **APLICADO NAS PAREDES LATERAIS DA PLATEIA**. O material é feito sob medida, por isto deve-se seguir detalhamento técnico do projeto e conferir paginações na obra.

A instalação deve ser realizada em superfícies regularizadas em ambientes internos secos e livres de umidade. A fixação deve ser feita através de estrutura presa a superfície que receberá o FRT. Em paredes que possuam pintura junto ao painel, recomendamos a última demão após a instalação do painel.

Por ser produto de acabamento, deve ser instalado nas fases finais da execução da obra, evitando, assim, exposição a poeira, solventes e impacto. Caso seja necessário instalar em fase inicial, este deverá ser protegido para preservação da qualidade e estética (Catálogo Técnica Soluções Acústicas, p. 3, versão 2024.1).

2. **PAINEL ACÚSTICO TEKS 50 mm**, ou similar técnico (**ver PLANTA BAIXA na prancha 1/4 e VISTAS B, E à K na prancha 2/4**).

Revestimento acústico de parede constitui-se de lã de poliéster com acabamento em tecido (cor marrom freijó ou similar); densidade 30-40 kg/m³ e espessura 50 mm. Possui proteção ao fogo com classe IIA-IT10, dimensões de 172 x 2700 x 15mm (dimensão nominal) \pm 2mm a ser **APLICADO NA PAREDE NO FUNDO DA PLATEIA, PAREDES DAS ANTECÂMARAS E SALA DE CONTROLE**. O material é feito sob medida, por isto deve-se seguir o detalhamento técnico do projeto e conferir paginações na obra.

A instalação deve ser realizada em superfícies regularizadas em ambientes internos e secos e livres de umidade. A fixação deve ser feita através de estrutura presa a superfície que receberá o Painel TEKS. Em paredes que possuam pintura junto ao painel, recomendamos a última demão após a instalação do painel. Pode ser instalado através de cola especial, quando aplicado em parede.

Por ser produto de acabamento, deve ser instalado nas fases finais da execução da obra, evitando, assim, exposição a poeira, solventes, e impacto. Caso seja necessário instalar em fase inicial, este deverá ser protegido para preservação da qualidade e estética (Catálogo Técnica Soluções Acústicas, p. 13, versão 2024.1).

3. **GESSO ACARTONADO SIMPLES E DUPLO *plenum* preenchido com LÃ MINERAL**, ou similar técnico (**ver PLANTA DE FORRO e CORTES A2 a A4 na prancha 1/4 e DETALHE 1 na prancha 2/4**).

As placas de gesso acartonado quando dispostas em grandes superfícies conseguem absorver as baixas frequências (125 e 250 Hz) devido ao afastamento entre as longarinas e/ou estrutura terem valores acima de 60 cm. Assim, as **placas na parede do fundo do palco (UMA CHAPA) e todo o forro (DUAS CHAPAS)** estão com placas de gesso acartonado com dimensões superiores a 60 cm, garantindo assim a absorção sonora desejada.

4. **PISO ANTIRRUÍDO E ANTIDERRAPANTE**, ou similar técnico (**ver PLANTA DE PISO na prancha 1/4**).

Durante a execução do projeto acústico, solicitou-se o uso de piso que não fosse de carpete. Em função disto, indicou-se o piso em laminado de madeira, vinílico ou similar técnico que seja antirruído e antiderrapante. O desempenho acústico deste material consiste em reduzir os ruídos gerados enquanto as pessoas pisam no chão. Um exemplo deste tipo de som consiste no “toc-toc” de sapatos com salto alto.

Encontra-se no mercado pisos que utilizam de espuma resiliente no fundo e revestimento vinílico em laminado de madeira na parte superior, garantindo assim a redução sonora do impacto no chão. Ademais, nas rampas indicou-se o uso de piso vinílico antiderrapante para evitar quedas e garantir a acessibilidade das rampas.

5. **POLTRONAS DE COURO SINTÉTICO** ou similar técnico (**ver PLANTA BAIXA na prancha 1/4**).

O uso do couro sintético nas poltronas do auditório consiste numa exigência para o cálculo do T_{60} funcionar independente no número de pessoas na plateia. Isto quer dizer que a sala irá responder de forma similar quando estiver vazia ou cheia, pois o couro simula a presença da pele humana. Posto isto, é fundamental que as poltronas sejam de couro sintético.

Ademais, foi especificado mais duas (2) **VARIAÇÕES DE POLTRONAS** (**ver PLANTA BAIXA na prancha 1/4**), uma para canhotos (8 unidades) e outra para pessoas com excesso de peso (2 unidades), garantindo assim a inclusão destes membros da comunidade universitária. Vale ressaltar que todas as poltronas terão pranchetas retrateis e estarão **DESALINHADAS** com a fileira da frente para aumentar a incidência de ondas sonoras e visibilidade do espectador (**ver Figura 1, página 6**).

Tabela 1 – Coeficiente de absorção sonora dos materiais acústicos utilizados no cálculo do T_{60} .

No.	Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
1	Painel acústico frisado FRT, tipo 16/10 - <i>plenum</i> lâ mineral ou de poliéster, 30-40 kg/m ³ , e = 50 mm	0,3	0,55	0,9	0,85	0,6	0,65
2	Painel acústico TEKS, e = 50 mm	0,25	0,5	0,75	0,85	0,65	0,6
3	Gesso acartonado em grandes superfícies	0,16	0,10	0,06	0,04	0,04	0,04
4	Piso vinílico, antiderrapante e antirruído	0,012	0,01	0,015	0,016	0,02	0,02
5	Poltronas de couro sintético	0,19	0,23	0,28	0,28	0,28	0,23

A seguir se encontra o gráfico (Figura 2) do tempo de reverberação com o tempo ideal (“ T_{60} Ideal”) definido pela ABNT 12. 179:1992. O valor do tempo ideal consiste em 0.75 segundos a 500, 1000, 2000 e 4000 Hz sendo as frequências graves permitido reverberar mais devido à percepção tardia pelo ouvido humano das baixas frequências. Ademais, estão plotados na Figura 2, o tempo real sem tratamento acústico (todas as paredes lisas, sem cadeiras, forro simples, etc. - “ T_{60} Real”) e o tempo proposto para a boa equalização sonora da sala tratada (com uso de diversos materiais acústicos – “ T_{60} Proposta”).

Observa-se que a resposta da sala tratada está mais próxima da sugerida pela norma NBR 12.179:1992 do que a sala sem tratamento acústico. O fato de o resultado ficar abaixo do Ideal significa que a sala ficou um pouco mais “seca”. No entanto, dado a ocorrência de amplificação eletrônica do som, isto se torna vantajoso.

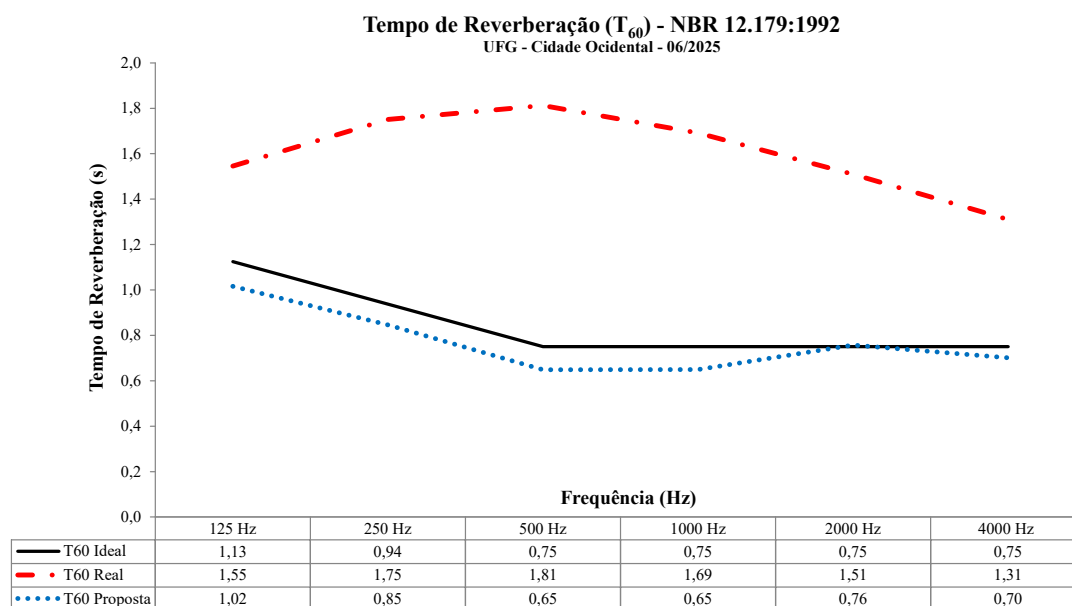


Figura 2 – Resultados do Tempo de Reverberação Ideal, Real e Proposta para o auditório com tratamento acústico segundo a NBR 12.179:1992.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as medidas aqui especificadas buscam garantir um bom isolamento e condicionamento acústico do auditório. No entanto, é importante frisar que isolar o som por completo (100%) é impossível. As transmissões indiretas (de flanco) podem ocorrer por percursos complexos que são, por vezes, imprevisíveis. Contudo, as adequações sugeridas no presente projeto buscam da melhor forma possível alcançar um isolamento acústico resultante aproximado de 40 dB.

Quanto à qualidade sonora da sala, geometria e reverberação foram minuciosamente analisadas e calculadas para viabilizar uma resposta equilibrada. Cabe ressaltar que qualquer alteração nas especificações indicadas para os revestimentos acústicos deverá ser aprovada pela responsável técnica, sob pena de não serem obtidas as metas almejadas.

Reforça-se de seguir o presente relatório/memorial junto ao projeto acústico rigorosamente, inclusive na fase de execução (obra). Visitas técnicas são válidas para alcançar o sucesso do projeto. Em caso de dúvidas, não hesite em entrar em contato.

ATENÇÃO: Torna-se obrigatório a apresentação de laudo acústico (isolamento e/ou coeficiente de absorção sonora) de laboratórios credenciados pelo INMETRO, a classificação de IIA-IT10 do corpo de bombeiros para a proteção ao fogo e índice ótico de fumaça, e ser ignífico para todos os materiais indicados.

ANEXO A: QUADRO DE QUANTITATIVOS

Tabela 2 (página 1 de 3) – Lista de materiais acústicos utilizados no auditório com local de aplicação, local do desenho técnico, função, cor, metragem quadrada/unidades, isolamento acústico, coeficiente de absorção sonora e desempenho contra ao fogo.

MATERIAL	APLICAÇÃO	DESENHOS (PRANCHAS)				LOCAL	COR	m² ou unidade	DESEMPENHO ACÚSTICO							FOGO
		.1/4	.2/4	.3/4	.4/4				ISOLA	COEFICIENTE DE ABSORÇÃO SONORA						
									dB	125	250	500	1k	2k	4k	
Gesso acartonado 12,5mm	2 chapas aplicadas no "forro falso" para isolar o ruído de impacto do andar de cima	Planta de forro, Cortes A	Det. 1	-	-	Forro	-	610,92	45 a 47 dB	0,16	0,1	0,06	0,04	0,04	0,04	Classe IIA-IT10
	1 chapa com inclinação, para retirar o ECO da sala	Planta baixa	Vista D	-	Det. 4	Parede no fundo do palco	-	26,08	Função geométrica							
metragem quadrada bruta								636,99								
Pintura	Forro - gesso acartonado	Planta de forro, Cortes A	Det. 1	-	-	Forro	Branca - a ver	610,92	-	-	-	-	-	-	-	-
	Parede no fundo do palco - gesso acartonado	Planta baixa	Vista D	-	Det. 4	Parede no fundo do palco	Branca - a ver	26,08	-	-	-	-	-	-	-	-
	metragem quadrada bruta							636,99								
	Paredes laterais e fundo da plateia – entorno madeira	Planta baixa	Vistas A aa C	-	Det. 3	Paredes laterais e fundo da plateia	Bege – a ver	53	-	-	-	-	-	-	-	-
Lã mineral, espessura 50 mm e densidade entre 30-40 kg/m³	Manta aplicada atrás de "forro falso" para isolar o ruído de impacto do andar de cima	Planta de forro, Cortes A	Det. 1	-	-	Forro	n/a	305,46	-	0,19	0,74	0,95	0,98	0,96	1,04	Classe IIA-IT10
	Manta aplicada atrás do gesso acartonado para absorção sonora	Planta baixa	Vista D	-	Det. 4	Parede no fundo do palco	n/a	26,08								
	Manta aplicada atrás de revestimento acústico de madeira frisada para absorção sonora	Planta baixa	Vistas A e C	Det. 3	-	Paredes laterais da plateia	n/a	159,40								
metragem quadrada bruta								490,93								

ATENÇÃO: Torna-se obrigatório a apresentação de laudo acústico (isolamento e/ou coeficiente de absorção sonora) de laboratórios credenciados pelo INMETRO, a classificação de IIA-IT10 do corpo de bombeiros para a proteção ao fogo e índice ótico de fumaça, e ser ignifíco para todos os materiais indicados.

Tabela 2 (página 2 de 3) – Lista de materiais acústicos utilizados no auditório com local de aplicação, local do desenho técnico, função, cor, metragem quadrada ou unidades, isolamento acústico, coeficiente de absorção sonora e desempenho contra ao fogo.

MATERIAL	APLICAÇÃO	DESENHOS (PRANCHAS)				LOCAL	COR	m² ou unidade	DESEMPENHO ACÚSTICO							FOGO
									ISOLA	COEFICIENTE DE ABSORÇÃO SONORA						
		.1/4	.2/4	.3/4	.4/4				dB	125	250	500	1k	2k	4k	
Painel acústico FRISADO FRT tipo 16/10 em MDF; encaixe macho e fêmea com face posterior em véu de vidro; 172 x 2700 x 15 mm	Painel acústico FRISADO para absorção sonora	Planta baixa	Vistas A e C	Det. 3	-	Paredes laterais da plateia	Laminado de madeira - cor freijó	159,40	-	0,3	0,55	0,9	0,85	0,6	0,65	Classe IIA-IT10
Painel acústico de lã de poliéster TEKS tipo 50 mm com acabamento em tecido, dimensões de 60 x 60 cm	Painéis acústicos para absorção sonora	Planta baixa	Vista B	-	-	Parede no fundo da plateia	marrom tipo freijó	18,44	-	0,25	0,5	0,75	0,85	0,65	0,6	Classe IIA-IT10
	Painéis acústicos na sala técnica e antecâmaras para abafar ruídos externos	Planta baixa	Vistas E e F	-	-	Antecâmara 1	marrom tipo freijó	11,48	-							
		Planta baixa	Vistas G, H e I	-	-	Sala técnica	marrom tipo freijó	21,60	-							
		Planta baixa	Vistas J e K	-	-	Antecâmara 2	marrom tipo freijó	5,76	-							
metragem quadrada bruta								57,28								
Porta acústica (PA1) – metálica - de 2 folhas; vedação de alto desempenho.	Porta acústica para isolamento acústico com barras ante pânico	Planta baixa	Vista A	-	Det. 5.1	Ao lado do palco	Metálica – cor a ver	1	35	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	Classe IIA-IT10
Porta acústica (PA2) de 2 folhas; vedação de alto desempenho.	Porta acústica para isolamento acústico com barras ante pânico	Planta baixa	Vista B	-	Det. 5.2	Antecâmaras 1 e 2	Laminado de madeira cor freijó	4	35	0,14	0,1	0,06	0,08	0,1	0,12	Classe IIA-IT10
Porta acústica (PA3) de 1 folha; vedação de alto desempenho.	Porta acústica para isolamento acústico	Planta baixa	Vista B	-	Det. 5.3	Sala técnica	Laminado de madeira cor freijó	1	35	0,14	0,1	0,06	0,08	0,1	0,12	Classe IIA-IT10

ATENÇÃO: Torna-se obrigatório a apresentação de laudo acústico (isolamento e/ou coeficiente de absorção sonora) de laboratórios credenciados pelo INMETRO, a classificação de IIA-IT10 do corpo de bombeiros para a proteção ao fogo e índice ótico de fumaça, e ser ignifugo para todos os materiais indicados.

Tabela 2 (página 3 de 3) – Lista de materiais acústicos utilizados no auditório com local de aplicação, local do desenho técnico, função, cor, metragem quadrada ou unidades, isolamento acústico, coeficiente de absorção sonora e desempenho contra ao fogo.

MATERIAL	APLICAÇÃO	DESENHOS (PRANCHAS)				LOCAL	COR	m² ou unidade	DESEMPENHO ACÚSTICO							FOGO
		.1/4	.2/4	.3/4	.4/4				ISOLA	COEFICIENTE DE ABSORÇÃO SONORA						
									dB	125	250	500	1k	2k	4k	
Visor acústico com vidro duplo (VA1)	Visor acústico para isolamento acústico	Planta baixa	Vista B	-	Det. 5.4	Sala técnica	n/a	2,80	35	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	Ok
Piso acústico vinílico	Piso acústico com absorção do ruído de impacto	Planta de piso e Corte A4	-	-	-	Todo piso do auditório menos rampas	Marrom - a ver	225	-	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	Classe IIA-IT10
Piso acústico vinílico antiderrapante	Piso acústico com absorção do ruído de impacto e antiderrapante	Planta de piso e Corte A4	-	-	-	Rampas	Marrom - a ver	70	-	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	Classe IIA-IT10
Poltronas de couro sintético ou similar com pranchetas retráteis	Poltronas de COURO SINTÉTICO, cor azul UFG, ou similar para absorção sonora	Planta baixa	-	-	-	destros	Marrom ou azul marinho (cor UFG) - a ver	174	-	0,19	0,23	0,28	0,28	0,28	0,23	Classe IIA-IT10
						canhotos		8								
						maiores para pessoas com excesso de peso		2								
número total de poltronas								186								

ATENÇÃO: Torna-se obrigatório a apresentação de laudo acústico (isolamento e/ou coeficiente de absorção sonora) de laboratórios credenciados pelo INMETRO, a classificação de IIA-IT10 do corpo de bombeiros para a proteção ao fogo e índice ótico de fumaça, e ser ignifugo para todos os materiais indicados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 10.151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 10.152: Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 12179: Acústica – Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

DE MARCO, Conrado Silva. Elementos de acústica arquitetônica. Nobel, 1982.

DE SOUZA, Léa Cristina Lucas; DE ALMEIDA, Manuela Guedes; BRAGANÇA, Luís; NASCIMENTO, Luís Renato do. Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura. Edufscar, 2011.

MITIDIERI FILHO, C.V.; SALLE, P. C. Desempenho de alvenaria estrutural de blocos de concreto em atendimento à ABNT NBR 15575:2021. TECSIC 2023. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE SISTEMAS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS, 23 e 24 AGO 2023, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 59-66.