MEMORIAL DE CÁLCULO ACÚSTICO – R00

CAPITANIA DOS PORTOS DE SANTA CATARINA

SETEMBRO/2026

DG ENGENHARIA
Av. Oswaldo Aranha, 1448 - ap- 2 - Vila Zélia, Lorena - SP

MEMORIAL DE CÁLCULO
CAPITANIA DOS PORTOS DE SANTA CATARINA

RUA 14 DE JULHO, BAIRRO ESTREITO –
FLORIANÓPOLIS/ SC

CONTRATANTE

CAPITANIA DOS PORTOS DE SANTA CATARINA
CNPJ: 00.394.502/0048-08
Rua 14 de julho, nº 440, Estreito, Florianópolis/SC
CEP 88075-010

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Paula Larissa de Oliveira
Arquiteta e Urbanista
CAU – A247474-3

CONTRATADA

DG Engenharia
E-mail – diegogusmao@dgprojetoseng.com.br
Site – www.dgprojetoseng.com.br/
Contato – (12) 99144-3519

Lista de Revisões

Revisão	Data	Descrição	Elaborado por	Verificado por	Responsável
00	25/09/2026	Emissão Inicial	Paula O.	Paula O.	Paula O.

Sumário

1. APRESENTAÇÃO 5
2. OBJETIVO 6
3. NORMAS E REFERÊNCIAS TÉCNICAS 7
4. MEMORIAL DE CÁLCULO ACÚSTICO 8
4.1. Dados gerais dos ambientes 8
4.2. Critério de avaliação 9
4.3. Tempo de reverberação de referência 10
4.3.1. Auditório 10
4.3.2. Rádio Marinha 11
4.3.3. Parâmetros de referência adotados 12
4.4. Materiais e sistemas de tratamento acústico 13
4.4.1. Auditório 13
4.4.2. Rádio Marinha 14
4.5. Coeficientes de absorção sonora adotados 14
4.5.1. Coeficientes adotados 15
4.6. Cálculo da área de absorção equivalente - Auditório 17
4.6.1. Dados geométricos e áreas consideradas 18
4.6.2. Cálculo da área de absorção sonora equivalente 20
4.7. Verificação do tempo de reverberação – Auditório 22
4.8. Cálculo da área de absorção sonora equivalente – Rádio Marinha 23
4.9. Verificação do tempo de reverberação – Rádio Marinha 25
4.10. Isolamento acústico – Rádio Marinha 25
4.10.1. Paredes e contraparedes 27
4.10.2. Porta acústica 28
4.10.3. Visor acústico 29
4.10.4. Verificação do isolamento acústico da vedação composta 30
4.11. Conclusão 31

1. APRESENTAÇÃO

O presente Memorial de Cálculo Acústico integra o conjunto de documentos técnicos referentes ao projeto para construção do novo Auditório da Capitania dos Portos de Santa Catarina – CPSC, localizado em Florianópolis/SC.



Imagem 1 – Localização do Empreendimento

O empreendimento contempla, entre seus principais ambientes, o Auditório destinado à realização de palestras, reuniões, apresentações e demais atividades institucionais, bem como a Rádio Marinha, destinada às atividades de locução, gravação, captação e reprodução de áudio.

Em razão das características de utilização desses ambientes, o desempenho acústico constitui aspecto fundamental para assegurar condições adequadas de conforto, inteligibilidade da fala, controle da reverberação e redução da interferência sonora entre ambientes.

Dessa forma, o Projeto Acústico foi desenvolvido de maneira integrada ao Projeto Arquitetônico, considerando a geometria dos ambientes, os materiais de

acabamento, a ocupação prevista, os elementos construtivos e as características específicas de utilização de cada recinto.

Para o Auditório, o estudo concentra-se principalmente no condicionamento acústico interno, buscando controlar o tempo de reverberação e as reflexões sonoras de modo a favorecer a comunicação verbal e proporcionar distribuição sonora adequada aos usuários.

Para a Rádio Marinha, além do condicionamento acústico interno, são consideradas soluções destinadas ao isolamento acústico do recinto, visando reduzir a transmissão de sons provenientes dos ambientes adjacentes e limitar a propagação para o exterior da sala, proporcionando condições adequadas às atividades de locução e gravação.

O presente memorial apresenta as premissas, critérios, parâmetros e procedimentos de cálculo utilizados para o dimensionamento e a verificação das soluções acústicas propostas, servindo como documento técnico complementar às plantas, detalhes construtivos e especificações constantes do Projeto Acústico.

2. OBJETIVO

O presente Memorial de Cálculo tem por objetivo apresentar os critérios técnicos e parâmetros adotados para a verificação das soluções de tratamento e isolamento acústico previstas para o Auditório e para a Rádio Marinha da Capitania dos Portos de Santa Catarina – CPSC.

Para o Auditório, o estudo tem como objetivo verificar o condicionamento acústico interno proporcionado pelos materiais e sistemas especificados em projeto, considerando a absorção sonora e o tempo de reverberação do recinto, de modo a favorecer a inteligibilidade da fala e reduzir reflexões sonoras excessivas.

Para a Rádio Marinha, o estudo contempla a verificação do tratamento acústico interno, visando proporcionar condições adequadas às atividades de locução e gravação, bem como a avaliação do isolamento acústico dos elementos que constituem a envoltória do ambiente, incluindo paredes,

contraparedes, porta e visor acústico.

Os cálculos considerarão os materiais, sistemas e respectivas áreas de aplicação definidos no Projeto Acústico, permitindo verificar o desempenho das soluções propostas e estabelecer os requisitos acústicos aplicáveis aos elementos especificados.

Assim, o presente memorial constitui a justificativa técnica das soluções representadas nas plantas, detalhes construtivos e especificações do Projeto Acústico.

3. NORMAS E REFERÊNCIAS TÉCNICAS

O desenvolvimento do Projeto Acústico e dos cálculos apresentados neste memorial considera as normas técnicas aplicáveis, referências de acústica arquitetônica e dados de desempenho fornecidos pelos fabricantes dos sistemas e materiais especificados.

São adotadas como principais referências:

- **ABNT NBR 10152:2017 – Versão Corrigida:2020 – Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**, utilizada como referência para avaliação dos níveis de pressão sonora e estabelecimento de condições de conforto acústico nos ambientes internos. A versão corrigida de 2020 consta atualmente como vigente no catálogo da ABNT.
- **ABNT NBR 12179 – Tratamento acústico em recintos fechados**, adotada como referência para os critérios relacionados ao tratamento acústico dos ambientes, considerando as características de utilização, geometria e absorção sonora das superfícies.
- Métodos clássicos de cálculo do tempo de reverberação, empregados conforme as características de absorção sonora do recinto, em conjunto com os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 12179.
- **Literatura técnica especializada em acústica arquitetônica**, utilizada complementarmente para definição dos critérios de desempenho, tratamento das reflexões sonoras, inteligibilidade da fala e avaliação do

comportamento acústico dos recintos.

- **Relatórios de ensaio, fichas e catálogos técnicos dos fabricantes**, utilizados para obtenção dos coeficientes de absorção sonora por frequência, índices de redução sonora e demais características de desempenho dos materiais e sistemas especificados.

Os parâmetros adotados deverão ser compatibilizados com as características efetivamente especificadas para os materiais e sistemas construtivos, devendo ser observados, durante a execução, os respectivos relatórios de ensaio, fichas técnicas e procedimentos de instalação dos fabricantes.

4. MEMORIAL DE CÁLCULO ACÚSTICO

4.1. Dados gerais dos ambientes

Para o desenvolvimento dos cálculos acústicos foram consideradas as características geométricas e funcionais dos ambientes contemplados pelo Projeto Acústico, compreendendo o Auditório e a Rádio Marinha.

A determinação do volume interno de cada recinto constitui parâmetro fundamental para a avaliação do comportamento acústico, especialmente para o cálculo do tempo de reverberação e para o dimensionamento das superfícies de absorção sonora.

Auditório

Conforme o Projeto Arquitetônico, o Auditório possui área aproximada de 125,10 m², capacidade prevista de 93 lugares e pé-direito variável, compreendido entre aproximadamente 3,00 m e 3,70 m.

Em razão da variação do pé-direito e da geometria interna do recinto, o volume não foi determinado por meio da simples multiplicação da área de piso por um pé-direito médio. Para maior precisão, foi considerado o volume obtido diretamente a partir da geometria tridimensional definida no Projeto Arquitetônico, resultando em:

$$\boxed{V_{AUD} = 431,83\ m^3}$$

Esse volume será adotado como referência para os cálculos de condicionamento acústico e determinação do tempo de reverberação do Auditório.

Rádio Marinha

A Rádio Marinha possui área aproximada de 11,43 m² e pé-direito acabado de 3,00 m.

Considerando a altura uniforme do ambiente:

$$V = 11,43 \times 3,00 = \boxed{34,29\ m^3}$$

Portanto, para os cálculos acústicos serão adotados os volumes de 431,83 m³ para o Auditório e 34,29 m³ para a Rádio Marinha.

4.2. Critério de avaliação

O condicionamento acústico do Auditório e da Rádio Marinha será avaliado principalmente por meio do Tempo de Reverberação (TR), considerando o volume interno dos ambientes e a absorção sonora proporcionada pelos materiais e sistemas especificados em projeto.

A área de absorção sonora equivalente de cada ambiente será determinada pela soma das contribuições das superfícies consideradas:

$$A_{eq} = \sum (S_i \cdot \alpha_i)$$

onde:

A_{eq}= área de absorção sonora equivalente do ambiente, em m² Sabine;

S_i= área da superfície considerada, em m²;

α_i= coeficiente de absorção sonora do respectivo material ou sistema.

A estimativa do tempo de reverberação será realizada por meio da equação de Sabine:

$$TR = \frac{0,161 \cdot V}{A_{eq}}$$

onde:

TR= tempo de reverberação, em segundos;

V= volume interno do ambiente, em m³;

A_{eq}= área de absorção sonora equivalente, em m² Sabine.

Os resultados obtidos serão comparados com os tempos de reverberação de referência estabelecidos neste memorial, permitindo verificar a adequação das soluções de tratamento acústico previstas no projeto.

Para a Rádio Marinha, além da verificação do tempo de reverberação interno, será realizada separadamente a avaliação do isolamento acústico dos elementos que compõem a envoltória do ambiente, considerando paredes, contraparedes, porta e visor acústico.

4.3. Tempo de reverberação de referência

O Tempo de Reverberação (TR) constitui um dos principais parâmetros utilizados na avaliação do condicionamento acústico de recintos fechados, devendo ser compatível com o volume e com a finalidade de utilização de cada ambiente.

Para o presente projeto, os valores de referência foram estabelecidos considerando as características específicas do Auditório e da Rádio Marinha, ambos destinados predominantemente à comunicação verbal, porém com requisitos distintos de condicionamento acústico.

4.3.1. Auditório

O Auditório possui volume interno de 431,83 m³, capacidade prevista de 93 lugares e utilização predominantemente destinada à realização de palestras, reuniões, apresentações e demais atividades institucionais relacionadas à comunicação verbal.

Para determinação do tempo de reverberação de referência, foi considerada a metodologia apresentada pela ABNT NBR 12179 – Tratamento acústico em recintos fechados, que relaciona o tempo ótimo de reverberação à finalidade de utilização e ao volume do recinto.

Considerando as características de utilização do ambiente, adotou-se como referência a condição correspondente a sala de conferência, em razão da predominância da comunicação verbal.

Para o volume interno de 431,83 m³, a leitura da curva de referência resulta em tempo ótimo de reverberação aproximado de:

$$\boxed{TR_{ótimo} \approx 0,65\ s}$$

Considerando uma faixa de variação de ±10% em relação ao valor ótimo:

$$TR_{mín} = 0,65 \times 0,90 = 0,585\ s$$

$$TR_{máx} = 0,65 \times 1,10 = 0,715\ s$$

Adota-se, portanto, para avaliação do condicionamento acústico do Auditório:

$$\boxed{0,59\ s \leq TR \leq 0,72\ s}$$

sendo 0,65 s considerado o valor de referência para o dimensionamento inicial do tratamento acústico.

O tratamento proposto deverá proporcionar absorção sonora suficiente para que o tempo de reverberação calculado permaneça próximo ao valor ótimo, favorecendo a inteligibilidade da fala e o conforto acústico dos usuários.

4.3.2. Rádio Marinha

A Rádio Marinha possui volume interno de 34,29 m³ e destina-se principalmente às atividades de locução, captação, gravação e reprodução de voz.

Por se tratar de ambiente de pequeno volume destinado à captação sonora, é necessário maior controle das reflexões internas, de modo a reduzir a influência da reverberação do próprio recinto sobre a voz captada.

A ABNT NBR 12179 contempla o uso de estúdio de rádio entre as finalidades consideradas para determinação do tempo ótimo de reverberação. Complementarmente, referências técnicas de acústica de salas indicam valores da ordem de 0,30 s para pequenos estúdios de gravação com volume inferior a 50 m³.

Considerando o volume de 34,29 m³ e a finalidade específica do ambiente, adota-se como valor de projeto:

$$\boxed{TR_{proj} = 0,30\ s}$$

O tratamento acústico interno deverá, portanto, ser dimensionado de forma a proporcionar tempo de reverberação próximo ao valor estabelecido, além de promover distribuição adequada da absorção sonora pelas superfícies do recinto, reduzindo reflexões indesejadas e favorecendo as atividades de locução e gravação.

4.3.3. Parâmetros de referência adotados

Com base na finalidade de utilização, nas características geométricas e nos volumes dos ambientes, ficam estabelecidos os seguintes parâmetros de referência para avaliação do condicionamento acústico:

Ambiente	Volume	TR de referência	Critério
Auditório	431,83 m³	≈ 0,65 s	Valor ótimo de referência
Auditório	431,83 m³	0,59 a 0,72 s	Faixa de avaliação considerada
Rádio Marinha	35,16 m³	0,30 s	Valor de projeto

Os valores estabelecidos serão utilizados como referência para a verificação do desempenho das soluções de tratamento acústico propostas.

O tempo de reverberação efetivamente obtido será determinado a partir das características de absorção sonora dos materiais, sistemas construtivos, mobiliário e demais elementos relevantes de cada ambiente, conforme metodologia apresentada no item 4.2 deste memorial.

Os resultados calculados serão posteriormente comparados aos

respectivos valores de referência, permitindo verificar a adequação do tratamento acústico e, quando necessário, ajustar as áreas e a distribuição dos materiais absorventes previstos no projeto.

4.4. Materiais e sistemas de tratamento acústico

Os materiais e sistemas de tratamento acústico foram definidos considerando as características de uso de cada ambiente, buscando proporcionar condições adequadas de conforto acústico, controle das reflexões sonoras e inteligibilidade da fala.

As soluções adotadas no Projeto Acústico serão consideradas nos cálculos apresentados nos itens subsequentes deste memorial.

4.4.1. Auditório

Para o Auditório, foram adotados os seguintes materiais e sistemas:

- **Piso:** carpete modular em placas, proporcionando absorção sonora e redução das reflexões provenientes do piso;
- **Poltronas:** assentos e encostos estofados, considerados como elementos contribuintes para a absorção sonora do ambiente;
- **Teto:** combinação de forro acústico em gesso acartonado perfurado associado à lã mineral com espessura mínima de 50 mm, com desempenho $\alpha w \geq 0,75$, e forro em gesso acartonado liso. O forro acústico será aplicado em área de 63,72 m², predominantemente sobre a região da plateia, enquanto o forro liso ocupará os 61,38 m² restantes.
- **Paredes laterais:** painéis acústicos absorventes em lã de PET, dimensões de 1,20 × 0,60 m, distribuídos de forma localizada e intercalados com superfícies de acabamento rígido. Foram previstos 07 painéis em cada parede lateral, totalizando 14 unidades e 10,08 m² de superfície absorvente;
- **Parede de fundo:** revestimento acústico ripado em MDF com acabamento amadeirado, instalado sobre véu acústico preto e camada de lã mineral com espessura mínima de 50 mm;

- **Parede frontal e demais superfícies:** acabamento predominantemente rígido, contribuindo para a manutenção de reflexões sonoras no recinto.

As áreas dos tratamentos acústicos correspondem às soluções definidas no Projeto Acústico, sendo considerados 10,08 m² de painéis absorventes em lã de PET nas paredes laterais, 26,33 m² de revestimento acústico ripado na parede de fundo e 63,72 m² de forro acústico perfurado, cujas contribuições serão consideradas na verificação do tempo de reverberação do ambiente.

4.4.2. Rádio Marinha

Para a Rádio Marinha, foram adotados os seguintes materiais e sistemas:

- **Piso:** carpete modular em placas;
- **Teto:** forro acústico em chapas de gesso perfurado, associado à camada de lã mineral com espessura mínima de 50 mm;
- **Painéis absorventes:** painéis acústicos em lã de PET, dimensões de 1,20 × 0,60 m, instalados na parede posterior à mesa de controle. Foram previstos 03 painéis, totalizando 2,16 m² de superfície absorvente;
- **Revestimento ripado:** revestimento acústico ripado em MDF com acabamento amadeirado, instalado sobre véu acústico preto e camada de lã mineral com espessura mínima de 50 mm, aplicado na parede definida em projeto;
- **Demais superfícies:** acabamento predominantemente rígido.

Além do condicionamento acústico interno, a Rádio Marinha contará com soluções específicas destinadas ao isolamento acústico, incluindo paredes e contraparedes com preenchimento absorvente, porta acústica e visor acústico. O desempenho desses elementos será analisado separadamente no item específico de isolamento acústico deste memorial.

4.5. Coeficientes de absorção sonora adotados

Para o cálculo da área de absorção sonora equivalente dos ambientes, serão adotados coeficientes médios de absorção sonora representativos dos materiais e sistemas previstos no Projeto Acústico.

Os valores adotados têm a finalidade de permitir a estimativa do tempo de reverberação dos ambientes pelo método de Sabine. Os materiais e sistemas efetivamente empregados na execução deverão apresentar características e desempenho acústico compatíveis com aqueles considerados neste memorial.

4.5.1. Coeficientes adotados

Para determinação da área de absorção sonora equivalente dos ambientes, foram adotados coeficientes de absorção representativos dos materiais e sistemas de tratamento acústico previstos no projeto.

Considerando o caráter de verificação do presente memorial, foi adotado um único coeficiente representativo para cada material ou sistema, utilizado na estimativa do tempo de reverberação pela equação de Sabine.

Os valores considerados no cálculo são apresentados na tabela a seguir:

Material / sistema	Coeficiente de absorção adotado (α)	Critério de adoção
Forro acústico em gesso acartonado perfurado, associado à lã mineral ≥ 50 mm	0,75	Desempenho mínimo estabelecido para o sistema acústico especificado em projeto
Forro em gesso acartonado liso, com acabamento em pintura	0,05	Valor representativo adotado para superfície rígida de baixa absorção sonora
Painel acústico absorvente em lã de PET, esp. ≥ 50 mm	0,85	Desempenho mínimo considerado em projeto para o sistema absorvente
Revestimento acústico ripado em MDF, com vãos entre ripas, véu acústico e lã mineral ≥ 50 mm	0,65	Valor conservador de projeto adotado para o conjunto acústico ripado
Carpete modular Tarkett DESSO, coleção Desert, base ProBase	0,15	Valor correspondente ao αw informado pelo fabricante para o produto especificado
Poltronas para auditório, com assento e encosto estofados e revestimento têxtil	0,55	Valor representativo adotado como premissa de projeto para assentos estofados
Parede lisa, rebocada e pintada	0,02	Valor representativo adotado para superfície rígida de baixa absorção sonora
Piso/acabamento rígido do palco	0,03	Valor representativo adotado para superfície rígida
Madeira/MDF sem tratamento acústico	0,10	Valor representativo adotado para superfície rígida de madeira/MDF
Vidro	0,04	Valor representativo adotado para superfície envidraçada

Para o forro acústico em gesso perfurado, associado à camada de lã mineral com espessura mínima de 50 mm, foi adotado α = 0,75 como desempenho mínimo de projeto. O desempenho dos sistemas de gesso perfurado varia em função do padrão e percentual de perfuração, profundidade do plenum, presença de véu acústico e características do material absorvente posterior. Sistemas comerciais de referência apresentam valores de absorção ponderada aproximadamente entre 0,65 e 0,85, conforme sua configuração.

Dessa forma, o sistema de forro efetivamente fornecido deverá apresentar coeficiente de absorção sonora ponderado αw igual ou superior a 0,75,

comprovado por documentação técnica do fabricante ou relatório de ensaio.

Para o carpete modular Tarkett DESSO, coleção Desert, foi adotado α = 0,15, correspondente ao desempenho informado pelo fabricante para a configuração considerada no projeto.

Para o revestimento acústico ripado, constituído por ripas de MDF com vãos entre si, véu acústico e camada posterior de lã mineral com espessura mínima de 50 mm, foi adotado α = 0,65, como parâmetro conservador de projeto. O sistema efetivamente executado deverá manter desempenho acústico compatível ou superior ao considerado no cálculo.

Para as poltronas do Auditório, foi adotado α = 0,55 como valor representativo para fins de estimativa. O modelo e fabricante poderão ser definidos posteriormente pelo contratante, devendo ser mantida a utilização de poltronas com assento e encosto estofados e revestidos em material têxtil, compatíveis com as premissas acústicas consideradas neste memorial.

Os materiais e sistemas efetivamente empregados deverão apresentar características compatíveis com as premissas adotadas. Eventuais substituições ou alterações na composição dos sistemas deverão preservar desempenho acústico igual ou superior ao especificado.

4.6. Cálculo da área de absorção equivalente - Auditório

A área de absorção sonora equivalente do Auditório será determinada considerando a configuração final definida no Projeto Acústico, incluindo os revestimentos de piso e teto, as poltronas estofadas, os painéis absorventes em lã de PET, o revestimento acústico ripado e as demais superfícies rígidas do ambiente.

A contribuição de cada material ou sistema será determinada pela seguinte expressão:

$$A_i = S_i \cdot \alpha_i$$

onde:

A_i = área de absorção sonora equivalente proporcionada pelo elemento, em m² Sabine;

S_i= área do material ou sistema, em m²;

α_i= coeficiente de absorção sonora adotado para o material ou sistema.

A área de absorção sonora equivalente total do ambiente será obtida pela soma das contribuições individuais:

$$A_{eq} = \sum (S_i \cdot \alpha_i)$$

Os coeficientes utilizados correspondem aos valores estabelecidos no item 4.5 deste memorial.

4.6.1. Dados geométricos e áreas consideradas

Para o cálculo da área de absorção sonora equivalente do Auditório foram consideradas as características geométricas do ambiente e as áreas efetivas dos materiais e sistemas definidos no Projeto Acústico.

O Auditório possui área total de piso de 125,10 m², volume interno de 431,83 m³ e capacidade prevista para 93 lugares. Em razão da variação do pé-direito do ambiente, o volume considerado corresponde ao valor obtido diretamente a partir da geometria tridimensional do projeto.

As superfícies consideradas no cálculo são apresentadas a seguir:

Parâmetro	Área / quantidade
Área total de piso	125,10 m²
Carpete modular Tarkett DESSO Desert	100,47 m²
Piso rígido do palco	24,63 m²
Forro acústico em gesso perfurado + lã mineral	63,72 m²
Forro em gesso acartonado liso	61,38 m²
Área líquida total de paredes	140,84 m²
Painéis absorventes em lã de PET	10,08 m²
Revestimento acústico ripado + lã mineral	26,33 m²
Paredes com acabamento rígido	104,43 m²
Poltronas estofadas	93 unidades
Volume interno do Auditório	431,83 m³

O piso do Auditório possui área total de 125,10 m², sendo 100,47 m² revestidos com carpete modular e 24,63 m² correspondentes ao piso rígido do palco:

$$S_{piso} = 100,47 + 24,63 = 125,10\ m^2$$

O teto também possui área total de 125,10 m², sendo composto pela combinação de 63,72 m² de forro acústico em gesso perfurado associado à lã mineral com espessura mínima de 50 mm e 61,38 m² de forro em gesso acartonado liso:

$$S_{teto} = 63,72 + 61,38 = 125,10\ m^2$$

A distribuição dos dois sistemas de forro será realizada conforme indicado no Projeto Acústico, sendo o tratamento em gesso perfurado aplicado predominantemente sobre a região da plateia.

Nas paredes laterais estão previstos 14 painéis absorventes em lã de PET, com dimensões individuais de 1,20 × 0,60 m, sendo 07 unidades em cada lateral:

$$S_{PET} = 14 \times 1,20 \times 0,60$$

$$\boxed{S_{PET} = 10,08\ m^2}$$

Na parede de fundo está prevista a aplicação de 26,33 m² de revestimento acústico ripado, constituído por ripas de MDF com acabamento amadeirado, véu acústico e camada posterior de lã mineral com espessura mínima de 50 mm:

$$\boxed{S_{ripado} = 26,33\ m^2}$$

Considerando a área líquida total das paredes de 140,84 m², a superfície remanescente com acabamento predominantemente rígido corresponde a:

$$S_{paredes\ rígidas} = 140,84 - 10,08 - 26,33$$

$$\boxed{S_{paredes\ rígidas} = 104,43\ m^2}$$

O Auditório possui ainda 93 poltronas, com dimensões aproximadas de 0,59 × 0,60 m, previstas com assento e encosto estofados e revestidos em material têxtil. Sua contribuição será considerada no cálculo da absorção sonora equivalente apresentado no item subsequente.

4.6.2. Cálculo da área de absorção sonora equivalente

A área de absorção sonora equivalente do Auditório foi determinada considerando os materiais e sistemas de tratamento acústico definidos no projeto e os coeficientes de absorção sonora estabelecidos no item 4.5 deste memorial.

O Auditório possui 93 poltronas, com dimensões aproximadas de 0,59 × 0,60 m, previstas com assento e encosto estofados e revestidos em material têxtil.

Para fins de cálculo, a contribuição das poltronas será considerada a partir da área de projeção ocupada pelos assentos. Para evitar dupla contabilização da mesma superfície, essa área será descontada da parcela de carpete considerada diretamente no cálculo.

A área de projeção correspondente às 93 poltronas é:

$$S_{poltronas} = 93 \times 0,59 \times 0,60$$

$$\boxed{S_{poltronas} = 32,92\ m^2}$$

Consequentemente, a área de carpete considerada como superfície livre será:

$$S_{carpete} = 100,47 - 32,92$$

$$\boxed{S_{carpete} = 67,55\ m^2}$$

Considerando as áreas levantadas no item 4.6.1 e os coeficientes de absorção sonora estabelecidos no item 4.5.1, obtêm-se as seguintes contribuições:

Material / sistema	Área considerada S (m²)	α adotado	A = S × α (m² Sabine)
Forro acústico em gesso perfurado + lã mineral	63,72	0,75	**47,79**
Forro em gesso acartonado liso	61,38	0,05	**3,07**
Carpete modular Tarkett DESSO Desert – área livre	67,55	0,15	**10,13**
Piso rígido do palco	24,63	0,03	**0,74**
Poltronas com assento e encosto estofados	32,92	0,55	**18,11**
Painéis acústicos absorventes em lã de PET	10,08	0,85	**8,57**
Revestimento acústico ripado + lã mineral	26,33	0,65	**17,11**
Paredes rígidas, rebocadas e pintadas	104,43	0,02	**2,09**
TOTAL	—	—	**107,61**

Assim, a área de absorção sonora equivalente total do Auditório resulta em:

$$A_{eq} = 47,79 + 3,07 + 10,13 + 0,74 + 18,11 + 8,57 + 17,11 + 2,09$$

$$\boxed{A_{eq} = 107,61\ m^2\ Sabine}$$

O valor obtido corresponde à configuração final definida no Projeto Acústico e será utilizado para a verificação do tempo de reverberação do Auditório no item seguinte.

4.7. Verificação do tempo de reverberação – Auditório

Para a verificação do tempo de reverberação do Auditório, são considerados os seguintes valores:

- Volume interno do ambiente: 431,83m³
- Área de absorção sonora equivalente: 107,61m² Sabine

Aplicando-se a equação de Sabine:

$$TR = \frac{0,161 \cdot V}{A_{eq}}$$

$$TR = \frac{0,161 \times 431,83}{107,61}$$

$$\boxed{TR = 0,65\ s}$$

Conforme estabelecido no item 4.3 deste memorial, foi adotado para o Auditório tempo de reverberação de referência de aproximadamente **0,65 s**, com faixa de avaliação compreendida entre **0,59 s e 0,72 s**.

O tempo de reverberação calculado de **0,65 s** encontra-se dentro da faixa estabelecida e coincide aproximadamente com o valor de referência adotado para o ambiente.

Dessa forma, a configuração prevista no Projeto Acústico, composta pela combinação de forro acústico perfurado e forro liso, carpete modular, poltronas estofadas, painéis absorventes em lã de PET e revestimento acústico ripado associado à lã mineral, apresenta condicionamento acústico compatível com o critério de projeto adotado para o Auditório.

A manutenção desse desempenho está condicionada à utilização de materiais e sistemas com características acústicas compatíveis com os coeficientes considerados neste memorial.

4.8. Cálculo da área de absorção sonora equivalente – Rádio Marinha

Para o desenvolvimento dos cálculos foram consideradas as áreas das superfícies internas da Rádio Marinha e os respectivos tratamentos definidos no Projeto Acústico.

O ambiente possui área de piso de 11,43 m², pé-direito de 3,00 m e volume interno de:

$$V = 11,43 \times 3,00$$

$$\boxed{V = 34,29\ m^3}$$

O piso será integralmente revestido com carpete modular, resultando em:

$$\boxed{S_{carpete} = 11,43\ m^2}$$

O teto será integralmente constituído por forro acústico em gesso perfurado associado à lã mineral com espessura mínima de 50 mm:

$$\boxed{S_{forro\ acústico} = 11,43\ m^2}$$

As quatro paredes apresentam áreas brutas de 9,71 m², 9,71 m², 10,61 m² e 10,61 m². Na última parede estão localizados uma porta de 1,00 × 2,10 m e um visor de 1,50 × 1,00 m.

A área do visor corresponde a:

$$S_{visor} = 1,50 \times 1,00$$

$$\boxed{S_{visor} = 1,50\ m^2}$$

Para efeito do cálculo do condicionamento acústico interno, a porta será considerada juntamente às demais superfícies rígidas do ambiente. O desempenho específico da porta quanto ao isolamento acústico será avaliado separadamente no item correspondente.

Uma das paredes, com área de 9,71 m², será integralmente revestida com sistema acústico ripado associado a véu acústico e lã mineral:

$$\boxed{S_{ripado} = 9,71\ m^2}$$

Na parede oposta ao posto de controle serão instalados 03 painéis acústicos absorventes em lã de PET, com dimensões individuais de 1,20 × 0,60 m:

$$S_{PET} = 3 \times 1,20 \times 0,60$$

$$\boxed{S_{PET} = 2,16\ m^2}$$

Considerando as áreas das paredes e descontando-se o revestimento acústico ripado, os painéis em lã de PET e o visor, a área correspondente às demais superfícies rígidas, incluindo a porta, resulta em:

$$S_{rígidas} = (9,71 + 9,71 + 10,61 + 10,61) - 9,71 - 2,16 - 1,50$$

$$\boxed{S_{rígidas} = 27,27\ m^2}$$

Com base nas áreas levantadas e nos coeficientes de absorção sonora estabelecidos no item 4.5.1, obtêm-se as seguintes contribuições:

Material / sistema	Área considerada S (m²)	α adotado	A = S × α (m² Sabine)
Forro acústico em gesso perfurado + lã mineral	11,43	0,75	**8,57**
Carpete modular Tarkett DESSO Desert	11,43	0,15	**1,71**
Revestimento acústico ripado + lã mineral	9,71	0,65	**6,31**
Painéis acústicos absorventes em lã de PET	2,16	0,85	**1,84**
Superfícies rígidas, incluindo a porta	27,27	0,02	**0,55**
Visor em vidro	1,50	0,04	**0,06**
TOTAL	—	—	**19,04**

Assim, a área de absorção sonora equivalente total da Rádio Marinha resulta em:

$$A_{eq} = 8,57 + 1,71 + 6,31 + 1,84 + 0,55 + 0,06$$

$$\boxed{A_{eq} = 19,04\ m^2\ Sabine}$$

4.9. Verificação do tempo de reverberação – Rádio Marinha

Para a verificação do tempo de reverberação da Rádio Marinha, são considerados os seguintes valores:

- Volume interno do ambiente: V=34,29m³
- Área de absorção sonora equivalente: 19,04m² Sabine

Aplicando-se a equação de Sabine:

$$TR = \frac{0,161 \cdot V}{A_{eq}}$$

tem-se:

$$TR = \frac{0,161 \times 34,29}{19,04}$$

$$\boxed{TR = 0,29\ s}$$

Conforme o critério estabelecido no item 4.3 deste memorial, foi adotado para a Rádio Marinha tempo de reverberação de referência de aproximadamente 0,30 s. O memorial já caracteriza esse ambiente como destinado às atividades de locução, gravação e transmissão.

O tempo de reverberação calculado de 0,29 s apresenta-se compatível com o valor de referência adotado, indicando adequado controle das reflexões sonoras internas para a finalidade prevista.

Dessa forma, a configuração definida no Projeto Acústico, composta por forro acústico em gesso perfurado associado à lã mineral, carpete modular, painéis absorventes em lã de PET e revestimento acústico ripado associado à lã mineral, apresenta condicionamento acústico compatível com o critério de projeto adotado para a Rádio Marinha.

A manutenção desse desempenho está condicionada à utilização de materiais e sistemas com características acústicas compatíveis com os coeficientes considerados neste memorial.

4.10. Isolamento acústico – Rádio Marinha

Além do condicionamento acústico interno, a Rádio Marinha deverá

possuir isolamento acústico compatível com as atividades de locução, gravação e transmissão, visando reduzir a transmissão de ruído entre o ambiente e os espaços adjacentes.

A avaliação do isolamento acústico será realizada considerando os principais elementos que compõem a envoltória do ambiente, compreendendo:

- paredes e contraparedes;
- porta acústica;
- visor acústico;
- encontros entre os diferentes sistemas construtivos;
- passagens de instalações e demais pontos com potencial de transmissão sonora.

O desempenho global de isolamento de uma vedação depende não somente do desempenho individual de seus componentes, mas também da participação relativa de cada elemento na superfície total. Dessa forma, a presença de elementos com menor isolamento, como portas e superfícies envidraçadas, pode reduzir o desempenho global da vedação.

Para elementos compostos, a avaliação será realizada considerando a transmissão sonora de cada componente, por meio da seguinte relação:

$$\tau_i = 10^{-R_i/10}$$

onde:

τ_i= coeficiente de transmissão sonora do elemento;

R_i= índice de redução sonora do elemento, em dB.

O índice de redução sonora equivalente da vedação composta será determinado por:

$$R_{eq} = -10 \log_{10} \left(\frac{\sum S_i \cdot 10^{-R_i/10}}{\sum S_i} \right)$$

onde:

R_{eq}= índice de redução sonora equivalente da vedação composta, em dB;

S_i= área de cada elemento da vedação, em m²;

R_i= índice de redução sonora correspondente a cada elemento, em dB.

Os valores de desempenho acústico dos sistemas efetivamente especificados deverão ser comprovados por relatórios de ensaio, fichas técnicas ou documentação técnica dos fabricantes, devendo ser adotados sistemas com desempenho igual ou superior ao considerado neste memorial.

Também deverão ser observados os encontros entre paredes, piso e teto, a vedação perimetral da porta e do visor e as passagens de instalações, evitando frestas ou descontinuidades que possam comprometer o isolamento acústico do conjunto.

4.10.1. Paredes e contraparedes

As vedações da Rádio Marinha serão constituídas por dois sistemas construtivos distintos: divisórias em drywall acústico e paredes novas de alvenaria em blocos de 19 cm associadas a contraparede interna em drywall.

Divisórias em drywall

As novas divisórias serão executadas em sistema drywall com espessura total de 120 mm, constituído por:

- perfis metálicos com largura de 70 mm;
- preenchimento interno com lã de rocha de 70 mm;
- 02 chapas de gesso acartonado ST de 12,5 mm em cada face.

A composição corresponde, portanto, a:

$$2 \times 12,5 + 70 + 2 \times 12,5 = \boxed{120\ mm}$$

O preenchimento com lã de rocha deverá ocupar a cavidade interna da estrutura metálica de forma contínua, sem falhas ou espaços vazios.

Para efeito de projeto, deverá ser garantido para o sistema completo índice de redução sonora ponderado mínimo Rw ≥ 50 dB, mediante utilização de sistema com desempenho comprovado por documentação técnica ou relatório de ensaio compatível com a composição especificada.

Paredes de alvenaria com contraparede acústica

As paredes em alvenaria serão executadas com blocos de 19 cm de

espessura e receberão, pelo lado interno da Rádio Marinha, contraparede acústica constituída por:

- perfis metálicos de 70 mm;
- preenchimento com lã de rocha de 70 mm;
- 02 chapas de gesso acartonado ST de 12,5 mm voltadas para o interior do ambiente.

A contraparede deverá ser executada de forma contínua, buscando-se minimizar ligações rígidas desnecessárias com a alvenaria e garantindo o preenchimento integral da estrutura com lã de rocha.

Para o conjunto formado pela alvenaria em blocos de 19 cm + contraparede acústica, deverá ser garantido desempenho mínimo:

$$\boxed{Rw \geq 50\ dB}$$

O desempenho deverá ser comprovado por documentação técnica ou relatório de ensaio de sistema de composição compatível ou por solução de desempenho igual ou superior ao estabelecido em projeto.

As divisórias e contraparedes deverão possuir continuidade até a laje ou elemento estrutural superior, não devendo ser interrompidas no nível do forro. Os encontros com piso, teto e paredes deverão receber selagem adequada, assim como as passagens de instalações, evitando frestas e descontinuidades que possam comprometer o isolamento acústico.

4.10.2. Porta acústica

O acesso à Rádio Marinha deverá ser realizado por porta acústica com índice de redução sonora ponderado mínimo Rw ≥ 40 dB, de modo a limitar a transmissão de ruído aéreo entre o ambiente de gravação e as áreas adjacentes.

A porta deverá ser constituída por folha de elevada massa superficial, marco compatível com o sistema acústico e sistema de vedação contínua em todo o perímetro, incluindo as laterais, a parte superior e a região inferior da folha.

Deverão ser previstas guarnições acústicas perimetrais e solução específica de vedação inferior, de forma a evitar frestas quando a porta estiver

fechada. A instalação deverá garantir o correto contato entre a folha, as vedações e o marco.

O desempenho mínimo de Rw ≥ 40 dB deverá ser comprovado por relatório de ensaio ou documentação técnica do fabricante referente ao conjunto completo da porta, incluindo folha, marco, ferragens e sistemas de vedação.

A instalação deverá seguir as recomendações do fabricante, devendo ser especialmente observados o tratamento do encontro entre o marco e a parede, a selagem perimetral e a ausência de frestas ou descontinuidades que possam comprometer o desempenho acústico do conjunto.

4.10.3. Visor acústico

A Rádio Marinha contará com visor acústico fixo, com dimensões de 1,50 × 1,00 m, correspondente a uma área de:

$$S_{visor} = 1,50 \times 1,00 = \boxed{1,50\ m^2}$$

O visor deverá ser constituído por sistema de envidraçamento com características adequadas ao isolamento acústico, instalado em caixilho fixo e com índice de redução sonora ponderado mínimo Rw ≥ 40 dB.

Preferencialmente, deverá ser adotado sistema com duas lâminas de vidro separadas por câmara de ar, podendo ser utilizadas espessuras distintas entre as lâminas, de forma a reduzir a coincidência das frequências de ressonância e melhorar o comportamento acústico do conjunto.

O desempenho mínimo especificado deverá corresponder ao conjunto completo do visor, incluindo vidros, câmara de ar, caixilho, elementos de fixação e sistemas de vedação, devendo ser comprovado por relatório de ensaio ou documentação técnica do fabricante.

Todo o perímetro do visor deverá possuir vedação contínua, evitando frestas ou ligações que possam comprometer o isolamento acústico. O encontro entre o caixilho e a vedação deverá receber selagem adequada e compatível com o sistema construtivo.

Para efeito da verificação do isolamento acústico da vedação composta, será considerado:

$$\boxed{Rw_{visor} \geq 40\ dB}$$

4.10.4. Verificação do isolamento acústico da vedação composta

A verificação do isolamento acústico da vedação composta é realizada considerando conjuntamente o desempenho da parte opaca da parede e dos elementos de menor isolamento nela inseridos, como porta e visor.

Para a parede que contém a porta acústica e o visor, são consideradas as seguintes áreas:

$$S_{total} = 10,61\ m^2$$

$$S_{porta} = 1,00 \times 2,10 = 2,10\ m^2$$

$$S_{visor} = 1,50 \times 1,00 = 1,50\ m^2$$

A área correspondente à parte opaca da parede é:

$$S_{parede} = 10,61 - 2,10 - 1,50$$

$$\boxed{S_{parede} = 7,01\ m^2}$$

Para a verificação são adotados os desempenhos mínimos estabelecidos nos itens anteriores:

Elemento	Área (m²)	Rw adotado
Parte opaca da parede	7,01	**50 dB**
Porta acústica	2,10	**40 dB**
Visor acústico	1,50	**40 dB**
Total	**10,61**	—

O índice de redução sonora equivalente é determinado pela expressão apresentada no item 4.10:

$$R_{eq} = -10 \log_{10} \left[\frac{7,01(10^{-50/10}) + 2,10(10^{-40/10}) + 1,50(10^{-40/10})}{10,61} \right]$$

Calculando-se as parcelas de transmissão:

$$\boxed{R_{eq} \approx 43,9\ dB}$$

Portanto, embora a parte opaca da vedação apresente desempenho mínimo de Rw ≥ 50 dB, a presença da porta acústica e, principalmente, do visor reduz o desempenho global estimado da vedação para aproximadamente:

$$\boxed{R_{eq} \approx 43,9\ dB}$$

O resultado evidencia a importância dos elementos de menor desempenho no comportamento acústico global da vedação. Dessa forma, deverão ser mantidos os requisitos mínimos de Rw ≥ 40 dB para a porta acústica e Rw ≥ 40 dB para o visor acústico, bem como a correta execução das vedações perimetrais e dos encontros entre os sistemas.

As demais paredes da Rádio Marinha, que não apresentam portas ou visores, deverão manter o desempenho mínimo estabelecido para suas respectivas soluções construtivas, de:

$$\boxed{Rw \geq 50\ dB}$$

O desempenho efetivamente obtido em obra estará condicionado à correta execução dos sistemas, especialmente quanto à continuidade das vedações, selagem das juntas e encontros, instalação adequada da porta e do visor e tratamento das passagens de instalações.

Deverão ainda ser evitados caminhos preferenciais de transmissão sonora por meio das instalações de climatização, ventilação, elétrica e telecomunicações, devendo as respectivas passagens receber tratamento e vedação compatíveis com o desempenho acústico previsto.

4.11. Conclusão

Com base nos critérios, premissas e cálculos apresentados neste memorial, as soluções de tratamento e isolamento acústico previstas para o Auditório e para a Rádio Marinha apresentam desempenho compatível com os parâmetros adotados para o projeto.

Para o Auditório, considerando volume interno de 431,83 m³ e área de absorção sonora equivalente de 107,61 m² Sabine, foi obtido tempo de reverberação estimado de:

$$\boxed{TR \approx 0,65\ s}$$

O resultado encontra-se dentro da faixa de avaliação adotada para o ambiente, de 0,59 s a 0,72 s, sendo compatível com o valor de referência estabelecido para o Auditório.

Para a Rádio Marinha, considerando área de 11,43 m², volume interno de 34,29 m³ e área de absorção sonora equivalente de 19,04 m² Sabine, foi obtido:

$$\boxed{TR \approx 0,29\ s}$$

O resultado apresenta-se compatível com o tempo de reverberação de referência de aproximadamente 0,30 s, proporcionando elevado controle das reflexões sonoras internas, adequado às atividades previstas de locução, gravação e transmissão.

Quanto ao isolamento acústico da Rádio Marinha, foram estabelecidos os seguintes desempenhos mínimos para os elementos da envoltória:

Elemento	Desempenho mínimo
Divisórias em drywall acústico	Rw ≥ 50 dB
Alvenaria em blocos de 19 cm + contraparede acústica	Rw ≥ 50 dB
Porta acústica	Rw ≥ 40 dB
Visor acústico	Rw ≥ 40 dB

Para a vedação composta que contém porta e visor acústico, foi obtido índice de redução sonora equivalente estimado de:

$$\boxed{R_{eq} \approx 43,9\ dB}$$

O desempenho acústico previsto está condicionado à correta execução das soluções especificadas, devendo ser assegurada a continuidade das vedações, o preenchimento adequado com materiais absorventes, a selagem das juntas e encontros, a correta instalação da porta e do visor e o tratamento das passagens de instalações.

Os materiais e sistemas efetivamente empregados deverão apresentar características acústicas compatíveis ou superiores às consideradas neste memorial, comprovadas por fichas técnicas, documentação do fabricante ou relatórios de ensaio aplicáveis.

Dessa forma, as soluções definidas no Projeto Acústico apresentam-se compatíveis com os critérios de condicionamento e isolamento acústico estabelecidos para os ambientes analisados.