



CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA
DIRECÇÃO MUNICIPAL DE MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO
DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS MUNICIPAIS
DIVISÃO DE PROJECTO E CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

MEMÓRIA DESCRITIVA

ESTUDO DO COMPORTAMENTO ACÚSTICO

MEDIDAS CORRETIVAS

RECINTO DO AUDITÓRIO FERNANDO PESSA
CASA DOS DIREITOS SOCIAIS
Rua Ferreira de Castro - Freguesia de Marvila



ÍNDICE

Memória Descritiva (MDJ_ESTUDO DO COMPORTAMENTO_ACÚSTICO_E_MEDIDAS CORRETIVAS.PDF)

ÍNDICE

ESTUDO DO COMPORTAMENTO ACÚSTICO.....	0
1. INTRODUÇÃO	1
1.2. Bibliografia.....	1
1.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS	2
2. PARÂMETROS E ANÁLISE	2
2.1. Tempo de reverberação (T).....	2
2.2 Área de Absorção Sonora Equivalente (A)	5
3. COMPORTAMENTO ACÚSTICO DAS ENVOLVENTES.....	6
4. DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS	7
5. EQUIPAMENTOS DO EDIFÍCIO.....	10



1. INTRODUÇÃO

A presente Memória Descritiva diz respeito ao Estudo do Comportamento Acústico, focado apenas na qualidade acústica do espaço interior, bem como à apresentação da Proposta de Correção Acústica do espaço do auditório, que se pretende realizar no âmbito das obras de beneficiação geral do Auditório Fernando Pessa, inserido na Casa dos Direitos Sociais, na Rua Ferreira de Castro, freguesia de Marvila, em Lisboa.



1.2. BIBLIOGRAFIA

No âmbito desta Memória Descritiva, foram tidas em conta as considerações constantes nas seguintes publicações:

- *Projecto de Condicionamento Acústico de Edifícios*, P. Martins da Silva, LNEC;
- *Initiation à l'acoustique – écoles de cinema et audiovisuel*, Antonio Fischetti, BERLIN SUP;
- *Acústica nos Edifícios*, Jorge Patrício, VERLAG DASHOFER.
- *A Acústica nos Edifícios*, Odete Rodrigues, LNEC;
- *Influência do Tempo de Reverberação no Isolamento Sonoro entre Espaços*, Silvânia Patrícia Fernandes da Rocha, FEUP
- *Rock and Pop Venues, acoustic and Architectural Design*, Niels Werner Adelman-Larsen



1.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Este estudo de condicionamento acústico teve por base o cumprimento do Decreto-Lei 9/2007, de 17 de Janeiro – Regulamento Geral do Ruído (RGR), através dos requisitos acústicos expressos no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho, com vista a melhorar as condições de qualidade acústica dos edifícios, com base nas suas características construtivas e funcionais, tendo em conta os valores do ruído da zona onde se situa, garantido as exigências estabelecidas no regime de prevenção e controlo de poluição sonora.

O objetivo primordial deste estudo é o de corrigir as características acústicas do espaço do auditório cuja arquitetura e conceção original procurou um formato linear com uma configuração geométrica reta, compacta, comumente designada pela forma de “caixa de sapatos”, de modo a conferir conforto aos utilizadores, promover a definição, clareza e a inteligibilidade da palavra.

Assim, procurou-se garantir um tempo de reverberação adequado, mitigar as ondas destrutivas, anular ondas estacionárias, ressonâncias, rumbles de baixas frequências e rings, e contribuir para equilibrar a sala em termos de volume de modo a mitigar o efeito do distanciamento e promover a difusão de médias e altas frequências responsáveis pela inteligibilidade das palavras e a clareza do som em geral.

2. PARÂMETROS E ANÁLISE

2.1. TEMPO DE REVERBERAÇÃO (T)

A qualificação acústica de uma sala traduz globalmente a sua adaptação à finalidade que lhe é atribuída, e é assunto de apreciação simultaneamente objectiva e subjectiva.

O tempo de reverberação constitui a grandeza utilizada com mais frequência para caracterizar a acústica de salas, uma vez que proporciona uma possibilidade fácil de caracterizar de modo global o desempenho acústico de um espaço.



1 - De acordo com o artº 10ª do RRAE, os recintos cuja principal valência corresponda a atividades assentes na oratória, nomeadamente de auditórios, salas de conferências e salas polivalentes, e nas salas de cinema compartimentos onde a clareza e definição da palavra tem relevância, estão sujeitos aos seguintes requisitos:

- a) O tempo de reverberação corresponde à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500Hz, 1000Hz e 2000Hz deverá satisfazer as condições indicadas no seguinte quadro:

QUADRO III

Locais	Tempo de Reverberação
Auditórios e Salas (Artº 10Aº)	$T \leq 0,12 V^{1/3}$, se $V < 250 \text{ m}^3$ $T \leq 0,32 + 0,17 \log V$ se $250 \leq V \leq 9000 \text{ m}^3$ $T \leq 0,05 V^{1/3}$, se $9000 \text{ m}^3 \leq V$

V = volume interior do recinto em causa.

- b) O projeto de condicionamento acústico destes espaços deve incluir um estudo específico destinado a assegurar uma característica de reverberação adequada no restante espectro de frequências e uma boa inteligibilidade da palavra nos diversos locais do recinto.

2 – Nos auditórios e salas cuja principal valência não corresponda a atividades assentes na oratória, nomeadamente de auditórios ou salas de espetáculo, o projeto de condicionamento acústico destes espaços deve incluir um estudo específico destinado a assegurar a conformação adequada à sua utilização funcional.

3 – As fachadas dos recintos referidos nos pontos 1 e 2 devem assegurar que os valores do índice de isolamento a sons aéreos, $D_{2m,nT,w}$, corrigido do termo de adaptação, C ou C_{tr} , sejam os necessários para que o nível sonoro contínuo equivalente do ruído ambiente no interior do recinto, determinado a partir da média espacial de pontos, na ausência de funcionamento das instalações técnicas do edifício, L_{Aeq} satisfaça o seguinte:

$$L_{Aeq} \leq 30 \text{ dB(A)}$$



No presente caso, o conjunto constituído pelos vãos de janela e porta e pela parede exterior do recinto do auditório, confere um isolamento sonoro a sons de condução aérea acima dos 46 dB.

Face aos valores dos níveis de ruído ambiente (L_{den} e L_n) constantes no mapa de ruído da cidade de Lisboa e que abaixo se transcreve verifica-se a desigualdade regulamentar.

Mapa de ruído

L_{den}



L_n





5 – No interior dos recintos, o nível sonoro contínuo equivalente do ruído particular, L_{Aeq} , associado ao funcionamento dos equipamentos e instalações técnicas, designadamente de instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado, deve, com a sala desocupada, satisfazer o seguinte:

$$L_{Aeq} \leq 30 \text{ dB(A)}$$

No caso presente o Auditório Fernando Pessa tem um vasto leque de valências na sua utilização corrente, as quais vão da oratória, ao cinema e espetáculos de música acústica ou amplificada.

Deste modo procurou-se conter o tempo de reverberação para as bandas de frequência definidas no RRAE e ainda conter o tempo de reverberação para a banda de oitava específica dos 125Hz e 250Hz de modo a atingir um valor para o Bass Ratio adequado.

Procurou-se anular a reflexão da parede posterior e dos cantos posteriores de modo a evitar a propagação de ondas sonoras com sentidos opostos que provoquem cancelamentos e ressonâncias.

A régie dada a sua dimensão gera os primeiros modos de vibração dentro da região audível pelo que a opção foi reduzir as reflexões e posteriormente poderá introduzir-se difusores de medias e altas frequências em função da necessidade.

2.2 ÁREA DE ABSORÇÃO SONORA EQUIVALENTE (A)

O paramento interior da envolvente de cada compartimento deve ser dotado de revestimentos absorventes sonoros cuja área de absorção sonora equivalente satisfaça a condição seguinte:

$$A \geq 0,25 \times S_{\text{planta}}$$

Sendo,

- $A = \alpha_{\text{med}} \times S$
- S_{planta} = superfície de pavimento dos locais considerados
- α_{med} = média aritmética dos coeficientes de absorção sonora no intervalo 500 Hz – 2000Hz
- S = superfície do revestimento absorvente sonoro.



A caracterização da absorção sonora dos materiais faz-se à custa dos coeficientes de absorção sonora, definidos pela razão entre a energia que, por unidade de tempo, se dissipa numa dada área da superfície do material em causa e a energia que, durante o mesmo intervalo de tempo, incide nessa área.

Locais		V (m ³)	Aeq (m ²)	Aeq (m ²)	Aeq (m ²)	h (%)	A'med (m ²)	BR
Piso 0	Auditório	531,44	98,99	93,25	104,14	60	1,35	1,01

2.3 Área de Absorção Sonora Suplementar (A')

A energia reverberada é atenuada ao atingir as paredes, tetos, pavimentos e os diversos objetos dentro do compartimento, assim como ao longo do seu percurso pela dissipação provocada pelo ar. Pode-se exprimir o efeito desta atenuação juntando à Área de Absorção Sonora Equivalente uma Área de Absorção Suplementar definida do seguinte modo:

$$A' = (0,1 V/h) * (f/1000)^{1,7}$$

Sendo,

- V = o volume da sala
- h = a taxa de humidade do ar, expressa em %
- f = frequência do som 500 Hz – 2000Hz

3. COMPORTAMENTO ACÚSTICO DAS ENVOLVENTES

Os vãos de janela da fachada exterior do recinto do auditório terão caixilhos e vidros que em conjunto possuam um índice de redução de ruído igual ou superior a 42dB.

A fachada não tem contacto direto com a via publica.

Os vidros serão do tipo ou equivalente a Calumen III da Saint-Gobain, com o valor de $R_w(C;Ctr) = 45(-2;-7)$ dB, constituídos por:

Vidro 1 – Planiclear (8mm) Temperado COOL-LITE SKN 183 II;

Câmara 1 – ARGON (90%) / AIR (10%) /20mm;

Vidro 2 – Planiclear (5mm) Recozido, PVB silence (2 x 0,38 mm); Planiclear (5mm) Recozido



Os caixilhos serão do tipo ou equivalente a SAPA com a performance P70 FP SHI, com o valor de $R_w(C;Ctr) = 43(-2;-5)$ dB

A porta exterior existente na fachada lateral deverá possuir um índice de redução de ruído igual ou superior a 37 dB.

A porta será do tipo ou equivalente a PORTGAIA RS7C – 37 dB

4. DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

Para o **espaço do auditório** prevê-se a colocação de um teto (TE.1) constituído por duas folhas sobrepostas de gesso cartonado com 15mm revestidas a tardo por placas rígidas de lã de rocha com espessura de 60 mm e massa específica de 130 kg/m³ revestidas com véu anti desagregante.

Prevê-se igualmente para o teto, a colocação de seis defletores constituídos por placas de gesso cartonado de 15mm de espessura revestidos interiormente com placas de lã mineral de 30 kg/m³ e espessura de 40 mm, sendo imprescindível que o seu posicionamento e inclinação estejam de acordo com as peças desenhadas. A estrutura de suporte deverá ter a capacidade de suportar o peso do defletor e a pressão acústica a que estará sujeita. Propõe-se a utilização de sarrafos de madeira convenientemente seca (teor de humidade máxima de 12%) e a ligação das peças sempre que possível seja aparafusada.

A abertura frontal e as laterais serão revestidas com tecido poroso tipo Trevira de cor preta.

A parede posterior do auditório será totalmente revestida com painéis de fibra de madeira com ligantes de base cimentícia tipo ou equivalente a Troldekt com 35 mm de espessura com acabamento ultrafino cinza 208, forrada a tardo com lã mineral de 30 kg/m³ e espessura de 95 mm devendo obrigatoriamente ter coeficientes de absorção sonora iguais ou superiores aos indicados:

$\alpha=0,65$ - 125Hz; $\alpha=1,00$ - 250Hz; $\alpha=1,00$ - 500Hz; $\alpha=0,95$ - 1KHz; $\alpha=1,00$ - 2KHz; $\alpha=1,00$ - 4KHz.



As paredes laterais serão revestidas, de acordo com as peças desenhadas, com os seguintes materiais:

- Bass traps tipo ou equivalente a painéis STAITREAT BXA da JOCAVI centrados na frequência dos 63Hz, devendo ter obrigatoriamente coeficientes de absorção sonora iguais ou superiores até à banda de oitava dos 250Hz, sendo preferencial que possuam a seguinte curva de absorção acústica:

$\alpha=1,00$ – 63Hz; $\alpha=0,91$ – 125Hz; $\alpha=0,81$ – 250Hz; $\alpha=0,64$ – 500Hz; $\alpha=0,64$ – 1KHz; $\alpha=0,71$ – 2KHz; $\alpha=0,74$ – 4KHz; $\alpha=0,79$ – 8KHz.

De acordo com o fabricante o material é de classe de resistência ao fogo A2-s2.d0 e deverá ser da cor preto mate articulando-se com a Arquitetura;

- Bass traps tipo ou equivalente a painéis STAITREAT BXW da JOCAVI centrados na frequência dos 125Hz, devendo ter obrigatoriamente coeficientes de absorção sonora iguais ou superiores até à banda de oitava dos 250Hz, sendo preferencial que possuam a seguinte curva de absorção acústica:

$\alpha=0,66$ – 63Hz; $\alpha=0,99$ – 125Hz; $\alpha=0,93$ – 250Hz; $\alpha=0,61$ – 500Hz; $\alpha=0,60$ – 1KHz; $\alpha=0,67$ – 2KHz; $\alpha=0,68$ – 4KHz; $\alpha=0,78$ – 8KHz.

De acordo com o fabricante o material é de classe de resistência ao fogo A2-s2.d0 e deverá ser da cor preto mate articulando-se com a Arquitetura;

- Difusores tipo ou equivalente a painéis CERAFLECTOR CER060 da JOCAVI com uma difusão média mínima de 0,67/m² entre as frequências de 100Hz e 5KHz e preferencialmente que possuam a seguinte curva de difusão:

$\alpha=0,42$ – 125Hz; $\alpha=0,49$ – 250Hz; $\alpha=0,63$ – 500Hz; $\alpha=0,78$ – 1KHz; $\alpha=0,83$ – 2KHz; $\alpha=0,89$ – 4KHz; $\alpha=0,76$ – 8KHz

De acordo com o fabricante o material é de classe de resistência ao fogo A1 e deverá ser da cor preto mate articulando-se com a Arquitetura;



- Prevê-se a colocação de dois defletores laterais, um em cada uma das paredes conforme peças desenhadas, sendo constituídos por painéis de gesso cartonado com a espessura de 15mm revestidos interiormente com placas de lã mineral de 30 kg/m³ e espessura de 40 mm, sendo muito importante o seu posicionamento e inclinação estejam de acordo com as peças desenhadas. A estrutura de suporte deverá ter a capacidade de suportar o peso e a pressão acústica a que estará sujeito. Propõe-se a utilização de sarrafos de madeira convenientemente seca (teor de humidade máxima de 12%) e a ligação das peças sempre que possível seja aparafusada.

A **sala da régie** deverá ser revestida de acordo com as peças desenhadas, designadamente:

O teto falso (TE.2), com caixa de ar de 475mm mais 100mm de lã mineral de 70kg/m³ com painéis de 25mm de espessura, de fibras de madeira com ligantes de base cimentícia com acabamento extrafino Cinza 208 (Futurecem) tipo Troldekt ou equivalente.

Os painéis são fixos com parafusos aparentes de cabeça escareada à estrutura oculta portante de suspensão à laje em sistema de perfis de aço galvanizado, devendo obrigatoriamente ter coeficientes de absorção sonora iguais ou superiores aos indicados:

$\alpha=0,80$ - 125Hz; $\alpha=1,00$ - 250Hz; $\alpha=1,00$ - 500Hz; $\alpha=1,00$ - 1KHz; $\alpha=0,90$ - 2KHz; $\alpha=1,00$ - 4KHz.

As paredes (PAR.2) serão revestidas com lã de madeira do tipo ou equivalente a Troldekt com 35 mm de espessura e estrutura ultrafina cinza 208 (Futurecem) forrada a tardoz com lã mineral de 30 kg/m³ e espessura de 95 mm devendo obrigatoriamente ter coeficientes de absorção sonora iguais ou superiores aos indicados:

0,65 - 125Hz; 1,00 - 250Hz; 1,00 - 500Hz; 0,95 - 1KHz; 1,00 - 2KHz; 1,00 - 4KHz.

O revestimento das paredes deverá ser compatibilizado com o painel de Dimmers existentes na parede posterior, de forma que este se mantenha acessível e em boas condições de funcionamento.



5. EQUIPAMENTOS DO EDIFÍCIO

Relativamente ao ruído radiado pelo equipamento eletromecânico constante no Projeto de AVAC importa esclarecer que a Unidade de Tratamento de Ar a instalar no terraço exterior junto ao alçado sul é extremamente ruidosa pelo que foram tomadas as seguintes medidas mitigadoras de forma a conseguir aproximar o nível de ruído do equipamento do valor regulamentar:

- Foi prevista a interposição de um atenuador de ruído na UTA, com filme de fibra de vidro tipo ou equivalente Wolf tipo14 (ver descrição Projeto AVAC), com o nível de atenuação mínimo de:
9dB - 63Hz; 16dB - 125Hz; 34dB - 250Hz; 34dB - 500Hz; 41dB - 1KHz; 27dB - 2KHz;
19dB - 4KHz; 19dB – 8kHz.
- Foi preconizada a colocação de painéis de lã rocha com massa específica de 130 Kg/m³ e espessura de 60 mm criando uma lâmina continua sobre o teto do auditório e do palco de forma a impedir a propagação do ruído radiado pelas condutas para o recinto do auditório e o palco;
- A extração de ar do recinto do auditório e do palco é efetuado através de labirinto no teto, ao longo da parede exterior;
- Foi prevista uma barreira acústica com 2,0m de altura, no perímetro do terraço com um painel tipo sandwich com núcleo em lã mineral de 80mm, intercalada por duas folhas de chapa lacada adaptada para exterior perfurada na face interior da área técnica tipo ou equivalente Claustrapanel CP80.

Os montantes para a fixação destes painéis, deverão preferencialmente ser chumbados nas lajetas do terraço com uma distância de cerca de 1,0m entre si, devendo ainda haver travamentos perpendiculares ao plano dos painéis de forma a suportar a ação horizontal do vento.

- Todos os equipamentos a instalar no edifício deverão possuir apoios antivibráticos apropriados para a carga aplicada por apoio e com as frequências próprias inferiores a 8 Hz.



Conclui-se da análise apresentada que para a performance pretendida, conforme exposto nesta Memória, deverão ser cumpridas as soluções construtivas descritas, com os elementos e materiais previstos, posicionados e identificados nas peças desenhadas apresentadas no Desenho 26 e 27 com a designação de Estudo de Comportamento Acústico e Medidas Corretivas integrados na arquitetura, de forma a verificar os cálculos realizados.

Em tudo o mais não previsto nesta Memória Descritiva, serão observadas eventuais Condições Técnicas Especiais dos produtos, regulamentos e normas em vigor, e ainda as indicações da fiscalização.

Joaquim Correia, engenheiro civil

Ana Patrícia Maneiras, engenheira civil

Lisboa, Outubro de 2024