



HOSPITAL CENTRAL DA MADEIRA

PROJETO DE EXECUÇÃO

CONDICIONAMENTO ACÚSTICO (AC)

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO.....	4
2 CONSIDERAÇÕES GERAIS	4
2.1 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO EDIFÍCIO	4
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA COMPONENTE ACÚSTICA	5
2.2.1 AMBIENTE EXTERIOR.....	5
2.2.2 AMBIENTE INTERIOR.....	7
3 EXIGÊNCIAS ACÚSTICAS REGULAMENTARES	7
3.1 ISOLAMENTO A SONS DE CONDUÇÃO AÉREA EXTERIORES	8
3.2 ISOLAMENTO A SONS DE CONDUÇÃO AÉREA INTERIORES	9
3.3 ISOLAMENTO A SONS DE PERCUSSÃO	9
3.4 TEMPO DE REVERBERAÇÃO.....	10
3.5 NÍVEL DE AVALIAÇÃO DO RUÍDO DE EQUIPAMENTOS	11
3.6 EMISSÕES SONORAS PARA O EXTERIOR	12
4 BASES DE CÁLCULO	13
4.1 ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE CONDUÇÃO AÉREA	13
4.2 CONDICIONAMENTO ACÚSTICO INTERIOR	14
4.3 CONDICIONAMENTO ACÚSTICO EXTERIOR	14
5 MÉTODOS DE CÁLCULO	15
5.1 ÍNDICE DE ISOLAMENTO A SONS AÉREOS.....	15

5.2 ÍNDICE DE ISOLAMENTO A SONS DE PERCUSSÃO	19
5.3 TEMPO DE REVERBERAÇÃO.....	20
5.4 NÍVEL DE AVALIAÇÃO.....	21
5.5 CRITÉRIO DE INCOMODIDADE.....	22
6 MEDIDAS DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO – DESCRIÇÃO, ANÁLISE PROSPECTIVA DE DESEMPENHO E CONFORMIDADE COM REGULAMENTAÇÃO.....	23
6.1 FACHADA.....	23
6.2 DIVISÓRIAS INTERIORES	24
6.2.1 PAREDES	24
6.2.2 PORTAS	28
6.3 REVESTIMENTOS	29
6.3.1 PAREDES	29
6.3.2 TECTOS	29
6.3.3 PAVIMENTOS	32
6.4 AUDITÓRIO.....	33
6.4.1 PAVIMENTO	33
6.4.2 REVESTIMENTO DE PARAMENTOS INTERIORES	33
6.4.3 TECTOS	34
6.4.4 DIVISÓRIAS.....	34
6.4.5 OUTRAS	34
6.5 HELIPORTO	34
6.6 ÁREAS TÉCNICAS.....	35
6.7 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS	37
6.7.1 RUÍDO TRANSMITIDO AO EXTERIOR.....	37
6.7.2 CHILLERS	38
6.7.3 UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR (UTA).....	38
6.7.4 GRUPO DE GERADORES	38
6.7.5 TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS	38
6.7.6 ELEVADORES.....	39
6.7.7 EQUIPAMENTOS COM PARTES ROTATIVAS	39
6.7.8 Condutas	39
6.7.9 TUBAGENS	39
6.8 Outras disposições.....	40
6.8.1 Barreira acústica	40
6.8.2 Courettes	40
6.8.3 Caixa de estore.....	41
7 VERIFICAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES	41
7.1 ISOLAMENTO A SONS AÉREOS EXTERIORES.....	41

7.2	ISOLAMENTO A SONS AÉREOS INTERIORES.....	42
7.3	ISOLAMENTO A SONS DE PERCUSSÃO	43
7.4	ÁREA DE ABSORÇÃO SONORA	43
7.5	TEMPO DE REVERBERAÇÃO.....	44
7.6	NÍVEL DE AVALIAÇÃO.....	44

12. AC. CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

12.1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1 INTRODUÇÃO

O projecto de condicionamento acústico visa sintetizar diversas recomendações tendentes à garantia de um nível de conforto acústico de acordo com a regulamentação nacional em vigor, contemplando quer a especialidade de Arquitectura quer as demais especialidades envolvidas no projecto global do edifício.

É apresentado neste documento uma descrição da situação em estudo, bem como descritas as exigências regulamentares aplicáveis, as bases e métodos de cálculo utilizados, os critérios de qualidade propostos e as intervenções técnico-construtivas de índole acústica que serão necessárias à garantia de um nível de conforto acústico na utilização do edifício que, no mínimo, deverá satisfazer a actual regulamentação nacional.

Na presente fase de anteprojecto caracteriza-se a componente acústica do ambiente e apresentam-se os dimensionamentos das soluções de condicionamento acústico propostas, sendo realizada uma análise prospectiva de desempenhos e demonstrada a conformidade com os critérios de qualidade aplicáveis, nomeadamente os regulamentares.

2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO EDIFÍCIO

O edifício em estudo, do tipo hospitalar, será um local onde a tranquilidade é indispensável quer ao repouso dos utentes quer à concentração dos funcionários no exercício da sua actividade, sendo fundamental que se proporcionem adequadas condições de conforto acústico nos diversos espaços que o constituem. O ruído poderá assim resultar num factor perturbador das tarefas e actividades laborais que se possam desenvolver, bem como afectar os doentes atendendo ao seu estado natural de fragilidade, devendo o edifício estar dotado de qualidade acústica que permita minimizar estas perturbações.

De forma sintetizada, a Unidade Hospitalar constitui um complexo de grandes dimensões que se poderá subdividir em três grandes módulos: sul, central e norte.

O Módulo Sul desenvolve-se em 7 pisos, piso -1 ao piso 5, integrando em cada um destes os seguintes grandes conjuntos de utilizações/serviços:

Piso -1: Estacionamento, Central de Resíduos, Armazéns, Áreas Técnicas de Instalações Hidráulicas e Cais;

Piso 0: Estacionamento, Grupo Gerador, Central de Gases, Postos de Transformação, Central Térmica, Casa Mortuária e Clínica Legal;

Piso 1: Estacionamento, Áreas Técnicas, Tecnologias de Informação e Data Center;

Piso 2: Sala e Anfiteatro, Biblioteca, Serviços Administrativos, Direcção e Administração e Saúde Mental;

Pisos 3 a 5: Diversos serviços hospitalares e internamento.

O Módulo Central é composto por 6 pisos, piso 0 ao piso 5, integrando em cada um destes os seguintes grandes conjuntos de utilizações/serviços:

Piso 0: Armazém Geral, Esterilização, Serviços de Instalações e Equipamentos (Administração e Oficinas), Farmácia, Lavandaria e Tratamento de Roupas, Central de Camas, Cozinha, Biotério, Transporte e Distribuição;

Piso 1: Centrais Técnicas;

Pisos 2 a 5: Diversos serviços hospitalares.

O Módulo Norte desenvolve-se em 3 pisos, piso 3 ao piso 5, integrando os gabinetes médicos e diversos serviços hospitalares como a dermatologia, neurologia, cardiologia, otorrino, cirurgia vascular, oftalmologia, pediatria, entre outras.

O horário de funcionamento do edifício será de 24h por dia.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA COMPONENTE ACÚSTICA

2.2.1 AMBIENTE EXTERIOR

Esta Unidade constitui naturalmente uma fonte de ruído com grande impacto para o ruído ambiente exterior, para o local e para toda a sua envolvente, por se tornar um polo de atracção

de tráfego com percentagem significativa de veículos prioritários dotados de sinalização sonora específica, como integrar equipamentos mecânicos e eléctricos em grande quantidade e com dimensões significativas, cujo funcionamento dá lugar à emissão de ruído. Também o ruído decorrente do normal funcionamento do edifício, proveniente de funcionários e utentes, será considerado no estudo do ambiente exterior.

O projecto de condicionamento acústico relativo à anterior fase de anteprojecto apresenta a caracterização da componente acústica residual do ambiente, resultante das medições realizadas à data no local, tendo sido utilizados três pontos de medição, conforme apresentado na peça desenhada CA.01.01.

Com base nos resultados das medições o referido projecto apresenta os seguintes indicadores de ruído considerados regulamentarmente:

Ponto P01	Lden = 54 dB(A)	Ln = 44 dB(A)
Ponto P02	Lden = 57 dB(A)	Ln = 43 dB(A)
Ponto P03	Lden = 56 dB(A)	Ln = 45 dB(A)

Os resultados das medições realizadas evidenciam que as características da componente acústica residual do ambiente satisfazem aproximadamente os requisitos considerados para “zonas sensíveis”, logo com adequação para o tipo de utilização em causa.

De acordo com os mapas de ruído do Município, verifica-se que o edifício se encontra implantado numa zona com indicadores de dia, entardecer, nocturno e nocturno, na generalidade inferiores a 55 dB e 50 dB, respectivamente, sendo que nas zonas limítrofes da envolvente, em particular junto aos eixos de circulação rodoviários principais, se verificam indicadores de ruído que acrescem aos anteriormente referidos cerca de 10 dB, com maior incidência no indicador de dia, entardecer, nocturno.

Considerando que não existe, até à data, uma classificação da zona em causa, há que apontar que, face aos resultados obtidos, é satisfeito o Critério de Exposição Máxima de acordo com o que se encontra fixado no nº 3 do Artigo 11º do Regulamento Geral do Ruído [$L_{den} \leq 63$ dB(A); $L_n \leq 53$ dB(A)].

2.2.2 AMBIENTE INTERIOR

No interior do edifício o estudo visará, conforme já referido, a garantia de um conforto acústico para funcionários e utentes que cumpra, no mínimo, com a legislação em vigor, dotando o edifício de elementos construtivos que permitam garantir o isolamento aos sons aéreos exteriores, bem como o isolamento aos sons aéreos interiores, nomeadamente nas enfermarias, salas de tratamento, blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta, salas administrativas salas de convívio e todos os compartimentos de utilização similar a estes. Para estes compartimentos será ainda garantido um eficaz isolamento aos sons de percussão resultante de compartimentos emissores contíguos ou de instalações técnicas. Paralelamente serão analisadas as circulações, de forma a dotar os paramentos interiores da envolvente de revestimentos absorventes sonoros que garantam uma área de absorção sonora superior a 25% da sua superfície, e serão estudados os átrios, as salas de espera, os refeitórios e o auditório, de forma a dotar as mesmas de elementos que proporcionem um adequado tempo de reverberação em função do volume e da valência de cada espaço.

O estudo visará ainda o controle da emissão de ruído particular dos equipamentos e das instalações do edifício, actuando quer ao nível das disposições a considerar na selecção dos equipamentos e do adequado isolamento/atenuação do ruído emitido, quer ao nível do isolamento dos compartimentos em que estes se inserem.

3 EXIGÊNCIAS ACÚSTICAS REGULAMENTARES

O *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) – Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho* – estabelece os requisitos acústicos dos edifícios, com vista a melhorar as suas condições de qualidade acústica. As normas desse Regulamento aplicam-se a vários tipos de edifícios, em função dos usos a que os mesmos se destinam.

O Hospital Central da Madeira integra-se no tipo de edifícios designado como *edifícios hospitalares e similares*, que se destinam à prestação de serviços hospitalares e cuidados análogos. Assim deverão ser cumpridas as exigências acústicas definidas no Artigo 8.º do referido regulamento.

No que respeita à limitação das amplitudes das alterações, determinadas nas características da componente acústica do espaço vizinho ao Complexo em consequência de emissões sonoras com origem no funcionamento deste, o enquadramento regulamentar a considerar é

estabelecido pelo *Regulamento Geral do Ruído (RGR) – Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro*. De seguida apresentam-se também as exigências regulamentares para os limites de emissão sonora para o exterior a verificar.

3.1 ISOLAMENTO A SONS DE CONDUÇÃO AÉREA EXTERIORES

Relativamente ao isolamento a sons aéreos exteriores em edifícios hospitalares, deverá ser cumprido a exigência que se transcreve (Artigo 8.º 1-a, RRAE):

O índice de isolamento a sons de condução aérea, $D_{2m,nT,w}$, entre o exterior dos edifícios, como local emissor, e os compartimentos interiores identificados no quadro V do anexo ao presente Regulamento, como locais receptores, deve satisfazer o seguinte:

i) $D_{2m,nT,w} \geq 33$ dB (em zonas mistas);

ii) $D_{2m,nT,w} \geq 28$ dB, em zonas sensíveis reguladas pela alínea b) do n.º 1 do artigo 11.º do Regulamento Geral do Ruído; (...)

iii) Quando a área translúcida for superior a 60 % do elemento de fachada em análise, deve ser adicionado ao índice $D_{2m,nT,w}$ o termo de adaptação apropriado, C ou C_{tr} , conforme o tipo de ruído dominante na emissão, mantendo-se o limite da subalínea i).

Os locais receptores, indicados no referido Quadro V, são:

- Blocos operatórios;
- Gabinetes médicos;
- Salas de consulta ou exame
- Enfermarias;
- Salas de tratamento;
- Salas administrativas;
- Salas de convívio.

Todos os compartimentos de utilização equiparável aos identificados serão igualmente enquadrados regulamentarmente.

3.2 ISOLAMENTO A SONS DE CONDUÇÃO AÉREA INTERIORES

No que diz respeito ao isolamento a sons aéreos interiores em edifícios hospitalares, deverá ser cumprida a exigência que se transcreve (Artigo 8.º 1-b, RRAE):

O índice de isolamento a sons de condução aérea, $D_{nT, w}$, entre locais do edifício deve satisfazer as condições indicadas no Quadro V do anexo ao presente Regulamento.

Quadro V
[a que se refere o Artigo 8.º, n.º 1, alíneas a), b) e c)]

Locais de recepção – Locais de emissão	Blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame	Enfermarias, salas de tratamento, administrativas e de convívio
Blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame	≥48	≥40
Enfermarias, salas de tratamento	≥55	≥45
Salas administrativas e de convívio	≥55	≥48
Circulações internas (*)	≥35	≥30
Refeitórios e cozinhas	≥52	≥45
Oficinas	≥55	≥48

(*) Considerando que haverá porta de comunicação com os locais receptores; se tal não for o caso, os valores indicados serão acrescidos de 15 dB.

Todos os compartimentos de utilização equiparável aos identificados serão igualmente enquadrados regulamentarmente.

3.3 ISOLAMENTO A SONS DE PERCUSSÃO

Relativamente ao isolamento a sons de percussão em edifícios hospitalares, deverá ser cumprida a exigência que se transcreve (Artigo 8.º 1-c, RRAE):

No interior dos locais de recepção definidos no Quadro V do anexo ao presente Regulamento, como locais receptores, o índice de isolamento a sons de percussão, $L'_{nT,w}$, proveniente de uma excitação de percussão normalizada sobre pavimentos de outros locais do edifício, como locais emissores, deve satisfazer o seguinte:

- i) $L'_{nT,w} \leq 60$ dB (se o local emissor for cozinha, refeitório ou oficina);*
- ii) $L'_{nT,w} \leq 65$ dB (para os restantes locais emissores).*

Os locais receptores, indicados no referido Quadro V, são:

- Blocos operatórios;
- Gabinetes médicos;
- Salas de consulta ou exame
- Enfermarias;
- Salas de tratamento;
- Salas administrativas;
- Salas de convívio.

Todos os compartimentos de utilização equiparável aos identificados serão igualmente enquadrados regulamentarmente.

3.4 TEMPO DE REVERBERAÇÃO

O tempo de reverberação, T , define-se como o intervalo de tempo necessário para que a energia volúmica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésimo do seu valor inicial. É pois o intervalo de tempo em que o nível de pressão sonora demora a decair 60 dB desde que a fonte sonora pára de emitir.

As exigências acústicas que limitam este parâmetro em edifícios hospitalares são as que se transcrevem (Artigo 8.º 1-d, RRAE):

No interior dos locais que constam do Quadro VI do anexo ao presente Regulamento, considerados mobilados normalmente e sem ocupação, o tempo de reverberação, T , correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, de satisfazer as condições indicadas no referido quadro.

Quadro VI

Locais	Tempo de reverberação (500 Hz – 2 kHz)
Enfermarias ($V \geq 100 \text{ m}^3$)	$T \leq 0,15 V^{1/3} [\text{s}]$
Refeitórios	$T \leq 0,15 V^{1/3} [\text{s}]$
Átrios e salas de espera ($V \geq 100 \text{ m}^3$):	
Sem difusão de mensagens sonoras	$T \leq 0,15 V^{1/3} [\text{s}]$
Com difusão de mensagens sonoras	$T \leq 0,12 V^{1/3} [\text{s}]$

V = volume interior do recinto em causa.

Deverá ainda ser cumprida a exigência relativa à área de absorção sonora equivalente nos corredores de circulação (RRAE – Artigo 8.º1-e):

O paramento interior da envolvente dos átrios e corredores de grande circulação deve ser dotado de revestimentos absorventes sonoros, cuja área de absorção sonora equivalente, $A \text{ (m}^2\text{)}$, correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, seja maior ou igual a 25 % da superfície de pavimento dos locais considerados;

3.5 NÍVEL DE AVALIAÇÃO DO RUÍDO DE EQUIPAMENTOS

O nível de avaliação padronizado é definido no Artigo 2.º do RRAE:

O nível de avaliação padronizado, $L_{A,nT}$, é o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, durante um intervalo de tempo especificado, adicionado da correcção devida às características tonais do ruído e corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor.

As exigências acústicas que limitam este parâmetro em edifícios hospitalares são as que se transcrevem (Artigo 8.º 1-f, RRAE):

No interior dos locais de recepção indicados no Quadro VI do anexo ao presente Regulamento, o nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$, do ruído particular de equipamentos do edifício deve satisfazer o seguinte:

- i) $L_{Ar,nT} \leq 35 \text{ dB(A)}$ (funcionamento do equipamento intermitente);
- ii) $L_{Ar,nT} \leq 30 \text{ dB(A)}$ (funcionamento do equipamento contínuo).

Quadro VI

Locais receptores
Enfermarias ($V \geq 100 \text{ m}^3$)
Refeitórios
Átrios e salas de espera ($V \geq 100 \text{ m}^3$)

3.6 EMISSÕES SONORAS PARA O EXTERIOR

As emissões sonoras para o exterior, provenientes do presente edifício, não deverão ultrapassar determinados valores limites máximos, tal como definido no Artigo 11.º 1 do Regulamento Geral do Ruído, que se reproduz de seguida:

RGR – Artigo 11.º - Valores limite de exposição

1-a) As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A) , expresso pelo indicador L_{den} e superior a 55 dB(A) , expresso pelo indicador L_n .

1-b) As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB(A) , expresso pelo indicador L_{den} e superior a 45 dB(A) , expresso pelo indicador L_n .

L_{den} – Indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno e o indicador de ruído, expresso em dB(A) , associado ao incómodo global;

L_n (ou L_{night}) – Indicador de ruído nocturno e o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na Norma NP 1730-1:1996, ou na versão actualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos nocturnos (das 23 as 7 horas) representativos de um ano.

O critério de incomodidade encontra-se definido no n.º 1 do Artigo 13.º do Decreto-Lei n.º 9/2007, que se transcreve de seguida:

RGR – Artigo 13.º - Actividades ruidosas permanentes

1 – A instalação e o exercício de actividades ruidosas permanentes em zonas mistas, nas envolventes das zonas sensíveis ou mistas ou na proximidade dos receptores sensíveis isolados estão sujeitos:

a) Ao cumprimento dos valores limite fixados no artigo 11.º;

b) Ao cumprimento do critério de incomodidade, considerado como a diferença entre o valor do indicador L_{Aeq} do ruído ambiente determinado durante a ocorrência do ruído particular da actividade ou actividades em avaliação e o valor do indicador L_{Aeq} do ruído residual, diferença que não pode exceder 5 dB(A) no período diurno, 4 dB(A) no período do entardecer e 3 dB(A) no período nocturno, nos termos do Anexo I ao presente Regulamento, do qual faz parte integrante.

4 BASES DE CÁLCULO

4.1 ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE CONDUÇÃO AÉREA

O isolamento nominal sonoro considerado para cada elemento construtivo será, sempre que existente, o resultante das caracterizações laboratoriais. Nos casos em que tal não existe recorrer-se-á a modelos de cálculo que permitirão estimar, de forma aproximada mas com um limite de incerteza conhecido, os valores dos descritores acústicos de interesse.

Para o referido cálculo serão consideradas as seguintes normas:

- NP EN ISO 717-1: “Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção – Isolamento sonoro a sons de condução aérea”;

- EN 12354-1: “Building Acoustics, Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products, Part 1: Airborne sound insulation between rooms”;
- EN 12354-3: “Building Acoustics, Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products, Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound”.

Os modelos de cálculo utilizados para estimar o valor do índice de redução sonora (R) por banda de frequência de elementos simples (paredes e pavimentos) são os apresentados na publicação “Engineering Noise Control – Theory and Practise” de David Bies e Colin Hansen (2003).

4.2 CONDICIONAMENTO ACÚSTICO INTERIOR

A obtenção, quer de condições de inteligibilidade da palavra quer de qualidade e conforto auditivos, é condicionada por diversos aspectos dos quais é possível destacar como determinantes, para o tipo de situações em análise, o controlo do tempo de reverberação e a limitação do ruído de fundo.

(i) Tempo de Reverberação

O tempo de reverberação será calculado para a generalidade dos compartimentos através da fórmula de Sabine que relaciona o volume da sala com as características de absorção sonora dos seus materiais de revestimento.

(ii) Ruído de fundo

O ruído de fundo pode ser definido como o nível sonoro existente num espaço em condições de utilização, durante a ausência de utilizadores, e com a totalidade dos equipamentos electromecânicos previstos em funcionamento. Conforme a utilização de cada espaço, podem ser definidos níveis médios de ruído de fundo que não deverão ser excedidos.

Este parâmetro será avaliado por intermédio do índice *Noise Rating* (NR) que consiste na sobreposição do espectro de ruído medido num diagrama predefinido, atribuindo-se o valor da “curva” NR imediatamente acima da “curva” medida.

4.3 CONDICIONAMENTO ACÚSTICO EXTERIOR

A avaliação do impacte na componente ruído exterior será efectuada com base na metodologia definida na *NP 4361-2 de 2001*.

5 MÉTODOS DE CÁLCULO

O presente capítulo descreve os métodos de cálculo adoptados para a determinação dos parâmetros acústicos necessários à verificação das exigências legais e de conforto acústico e ao dimensionamento das soluções construtivas.

5.1 ÍNDICE DE ISOLAMENTO A SONS AÉREOS

(i) Cálculo do índice de isolamento a sons de condução aérea

O valor do índice de isolamento a sons de condução aérea, entre o exterior do edifício e os compartimentos interiores em análise ($D_{2m,nT,w}$) ou entre compartimentos interiores ($D_{nT,w}$), foi calculado a partir do índice de redução sonora ponderado R'_w , através da seguinte expressão:

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + 10 \log \left(\frac{0,16V}{T_0 S} \right) \quad D_{nT,w} = R'_w + 10 \log \left(\frac{0,16V}{T_0 S} \right)$$

$D_{2m,nT,w}$ – índice de isolamento a sons de condução aérea entre o exterior do edifício (emissão) e os compartimentos interiores em análise (dB);

$D_{nT,w}$ – índice de isolamento a sons de condução aérea entre compartimentos interiores (dB);

R'_w – índice de redução sonora ponderado, previsto “*in situ*” (dB);

V – volume do compartimento receptor (m^3);

T_0 – tempo de reverberação de referência (s) do compartimento receptor (para compartimentos de habitação ou com dimensões comparáveis $T_0 = 0,5$ s; para compartimentos em que haja tempo de reverberação atribuível em projecto, o valor de referencia será o do respectivo tempo de dimensionamento);

S – área do elemento de separação (m^2);

O índice de redução sonora ponderado previsto “*in situ*”, R'_w , é determinado através do índice de redução sonora ponderado medido em laboratório (ou estimado), R_w , ao qual é contabilizada a influência das transmissões marginais que ocorrem quando o elemento é colocado em obra.

(ii) Transmissões marginais

Para a quantificação do índice $D_{2m,Tn,w}$, é adoptado o valor de 2 dB para a redução do isolamento sonoro devido as transmissões marginais, tal como indicado na *EN 12354-3 "Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements"*, uma vez que estas não são significativas devido aos baixos valores de isolamento a sons aéreos normalmente existentes. Assim é subtraído esse valor ao índice R_w obtendo-se o índice R'_w ($R'_w = R_w - 2$).

No caso da determinação do índice de isolamento a sons aéreos entre dois compartimentos, $D_{nT,w}$, a transmissão marginal é quantificada através do método de cálculo incluído na *EN 12354-1*, pela seguinte expressão:

$$R'_w = -10 \log \left(10^{\frac{-R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_{Fd,w}}{10}} \right)$$

$R_{Dd,w}$ – índice de redução sonora relativo a transmissão directa (dB);

$R_{Ff,w}$ – índice de redução sonora relativo ao caminho de transmissão Ff (dB);

$R_{Df,w}$ – índice de redução sonora relativo ao caminho de transmissão Df (dB);

$R_{Fd,w}$ – índice de redução sonora relativo ao caminho de transmissão Fd (dB);

n – número total de elementos marginais (normalmente igual a 4);

(iii) Cálculo do índice de redução sonora (quando não caracterizado)

Para os elementos de construção que não se encontram ainda caracterizados laboratorialmente sob o ponto de vista do isolamento a sons de condução aérea, torna-se necessário recorrer a modelos de cálculo que permitam estimar os valores dos descritores acústicos de interesse.

No entanto, salienta-se que sempre que existirem caracterizações laboratoriais para um dado elemento construtivo, esses dados serão considerados e preferidos relativamente aos resultados obtidos através dos modelos de cálculo.

Assim quando um elemento não está caracterizado em laboratório em termos do seu índice de redução sonora ponderado R_w , este é obtido através de métodos de cálculo que permitam estimar os valores do índice de redução sonora R para cada banda de frequência e que se descrevem de seguida.

A partir dos valores de R em cada banda de frequência (125-2000 Hz para bandas de 1/1 oitava e 100- 3150 Hz para bandas de 1/3 oitava) é determinado o índice de redução sonora ponderado (R_w) de acordo com a metodologia apresentada na norma *NP EN ISO 717-1 “Acústica – Quantificação do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção – Parte 1: Isolamento a sons de condução aérea”* (1996).

A metodologia de cálculo preconizada para estimar o valor do índice de redução sonora (R) por banda de frequência de elementos simples (paredes e pavimentos) e a apresentada na publicação *“Engineering Noise Control – Theory and Practise”* de David Bies e Colin Hansen (2003).

$$f_c = \frac{c^2}{1,8c_L e}$$

f_c – frequência crítica (Hz);

c – velocidade de propagação do som no ar ($c = 343,32$ m/s a 20°C);

c_L – velocidade de propagação do som no material do elemento construtivo (m/s);

e – espessura do elemento construtivo (m);

Ponto A: $f=0,5f_c \rightarrow R = 20 \log(f_c \times m) - 54$

Ponto B: $f=f_c \rightarrow R = 20 \log(f_c \times m) - 54 + 10 \log(\eta) - 45$

f – frequência (Hz);

R – índice de redução sonora para uma dada frequência (dB);

m – massa superficial do elemento construtivo (kg/m²);

η – factor de amortecimento interno;

A aplicação prática desta metodologia é feita determinando a frequência crítica f_c e os valores do índice de redução sonora R correspondentes a f_c e $0,5f_c$. Seguidamente marcam-se os valores de $0,5f_c$ e de f_c numa escala logarítmica (abscissas) e os respectivos valores de R numa escala linear (ordenadas) – pontos A e B. Traça-se uma recta com declive de 6 dB/oit. a partir do ponto A e outra com declive de 9 dB/oit. a partir do ponto B. Para a zona da coincidência ($f > f_c$) considera-se a recta de 6 dB/oit. a partir da intersecção das duas rectas traçadas. Por fim lêem-se os valores do índice de redução sonora R para as bandas de frequências normalizadas (de 1/1 oitava ou de 1/3 oitava).

Este modelo é válido para frequências superiores em 1,5 vezes a primeira frequência de ressonância.

$$f_{pq} = k \times e \times c_L \times \left(\frac{p}{a^2} + \frac{q}{b^2} \right)$$

f_{pq} – frequências de ressonância (Hz);

k – condições de apoio do elemento;

“p” e “q” – número de modos de vibração;

“a” e “b” – dimensões do elemento (m);

(iv) Homogeneização dos valores do índice de redução sonora

Em elementos construtivos heterogéneos, como é o caso das fachadas (compostas por zonas opacas e por vãos envidraçados), é necessário homogeneizar os valores do índice de redução sonora ponderado dos vários elementos constituintes, de modo a obter um valor representativo da transmissão sonora que efectivamente ocorre no elemento real, através da expressão seguinte:

$$R_w = -10 \log \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} \times 10^{\frac{-R_{w,i}}{10}} + \sum_{j=1}^m \frac{10}{S} \times 10^{\frac{-D_{n,e,w,j}}{10}} \right)$$

R_w – índice de redução sonora ponderado médio (dB);

S_i – área do sub-elemento i (m^2);

S – área do elemento de separação (m^2);

$R_{w,i}$ – índice de redução sonora do sub-elemento i - paredes e envidraçados (dB);

$D_{n,e,w,j}$ – índice de redução sonora do sub-elemento j de pequenas dimensões – caixas de estore e grelhas (dB);

Será adicionado o termo de adaptação C_{tr} ao valor de R_w ou $D_{n,e,w}$ quando a área translúcida for superior a 60% do elemento da fachada a analisar.

5.2 ÍNDICE DE ISOLAMENTO A SONS DE PERCUSSÃO

A metodologia de cálculo preconizada para a quantificação do índice de isolamento a sons de percussão, $L'_{nT,w}$, foi o modelo simplificado proposto na norma *EN 12354-2 “Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 2: Impact sound insulation between rooms.”*, desenvolvida para elementos homogêneos:

$$L'_{nT,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K$$

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log(m)$$

$L'_{nT,w}$ – índice de isolamento a sons de percussão proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos (dB);

$L_{n,w,eq}$ – índice de isolamento sonoro equivalente do pavimento não revestido (dB);

ΔL_w – redução do nível de pressão sonora devido à existência de um revestimento de piso, referido a um pavimento de referência (dB);

K – índice de redução de transmissão de vibrações (correção devido a ocorrência de transmissões marginais) (dB);

m – massa superficial do pavimento (kg/m^2);

Apesar de no caso dos sons de percussão a influência da transmissão marginal no isolamento real conseguido não ser tão determinante como para os sons de condução aérea importa, todavia, considerar o seu valor na avaliação de $L'_{n,w}$ de modo a obter-se resultados mais fidedignos com os efectivamente medidos. O método preconizado baseia-se também na *EN*

12354-2 e consiste na determinação de um coeficiente K (índice de redução de transmissão de vibrações) que depende, basicamente, da relação entre a massa superficial do elemento de separação e a massa superficial média dos elementos marginais não revestidos.

5.3 TEMPO DE REVERBERAÇÃO

O tempo de reverberação foi calculado através da fórmula de Sabine que relaciona o volume da sala com as características de absorção sonora dos seus materiais de revestimento e que é dada, para cada frequência:

$$T = 0,161 \times \frac{V}{A} \quad (\text{fórmula de Sabine})$$

sendo:

T – tempo de reverberação em cada frequência (s);

V – volume da sala (m³);

A – superfície de absorção sonora equivalente total em cada frequência (m²):

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i + \sum_{j=1}^m A_j + mV$$

onde:

α_i – coeficiente de absorção sonora do material que constitui o elemento i;

S_i – área da superfície do elemento i (m²);

A_j – área de absorção sonora localizada - mobiliário, pessoas (m²);

m – coeficiente de absorção sonora do ar (m²/m³);

$$T_{500Hz-2000Hz} = \frac{T_{500Hz} + T_{1000Hz} + T_{2000Hz}}{3}$$

5.4 NÍVEL DE AVALIAÇÃO

O nível de avaliação padronizado, $L_{Ar,nT}$, é o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, durante um intervalo de tempo especificado, adicionado da correcção devida às características tonais do ruído, K, e corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor, segundo a expressão:

$$L_{Ar,nT} = L_A + K - 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

$L_{Ar,nT}$ – nível de avaliação padronizado (dBA);

L_A – nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, durante um intervalo de tempo especificado (dBA);

K – correcção tonal: K = 3 dB (A) se forem detectadas componentes tonais no ruído particular, senão K = 0;

T – tempo de reverberação do compartimento receptor (s);

T_0 – tempo de reverberação de referência (s); para compartimentos de habitação ou com dimensões comparáveis $T_0 = 0,5$ s; para compartimentos em que haja tempo de reverberação atribuível em projecto, o valor de referência será o do respectivo tempo de dimensionamento;

O nível sonoro contínuo equivalente ponderado A, durante um intervalo de tempo especificado, L_A , é determinado através do nível de potência sonora do equipamento (L_w) corrigido da atenuação relativa à influência do campo directo (atenuação geométrica devida a distância do receptor às fontes de ruído) e o campo reverberado (influência das características de absorção sonora do compartimento emissor). Quando o equipamento não se localiza no compartimento receptor é ainda subtraído o valor do índice de isolamento a sons aéreos entre os dois espaços ($D_{nT,w}$).

$$L_A = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) - D_{nT,w}$$

L_A – nível sonoro no local de recepção (dBA);

L_w – nível de potência sonora do equipamento (dBA);

Q – coeficiente de direccionalidade;

r – distância a fonte sonora (m);

R – constante acústica do compartimento emissor (m^2);

$D_{nT,w}$ – índice de isolamento a sons aéreos entre os espaços de avaliação (dBA);

$$R = \frac{\sum \alpha_i S_i}{1 - \alpha_m} \quad \alpha_m = \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S_i}$$

Os indicadores de ruído (L_d , L_e e L_n) foram estimados pela fórmula do nível de avaliação ($L_{Ar,nT}$) para os intervalos temporais de cada indicador nos receptores sensíveis mais próximos. O indicador de ruído L_{den} foi calculado pela seguinte expressão:

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right)$$

5.5 CRITÉRIO DE INCOMODIDADE

A metodologia de cálculo utilizada para a quantificação do critério de incomodidade foi a proposta pelo Regulamento Geral do Ruído nos pontos 1, 2 e 3 do Anexo I (a que se refere o Artigo 13.º).

6 MEDIDAS DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO – DESCRIÇÃO, ANÁLISE PROSPECTIVA DE DESEMPENHO E CONFORMIDADE COM REGULAMENTAÇÃO

Neste capítulo definem-se e descrevem-se as disposições construtivas relevantes no desempenho acústico do edifício com vista a assegurar, em primeira instância, o cumprimento das exigências regulamentares aplicáveis. Sublinhe-se, todavia, que os referidos regulamentos traduzem um grau mínimo de exigência, pelo que se poderá colocar a necessidade de complementá-los, no sentido de dar cobertura a situações cuja especificidade tenha impedido a integração naquele enquadramento regulamentar.

Entende-se, também, desde as fases iniciais de intervenção, solicitar uma chamada de atenção para as limitações resultantes das características da componente acústica residual do ambiente, no que concerne a limitação das intensidades das emissões (ruído particular) consequentes da actividade do Complexo, em particular com origem no funcionamento de equipamentos AVAC, gerador de emergência, bombas hidráulicas, Maquinaria para tratamento de roupa e lavagem de louça.

Refira-se que todas as soluções a aplicar deverão ser certificadas por ensaios em laboratório e cumprir com a exigência acústica definida, podendo ser adoptadas soluções diferentes das propostas, desde que garantam pelo menos as características acústicas mínimas das aqui preconizadas.

6.1 FACHADA

A fachada será constituída por zonas opacas e zonas envidraçadas, sendo necessário garantir que a solução global permite cumprir com o isolamento sonoro a sons aéreos exigido regulamentarmente entre o exterior, como local emissor, e os compartimentos interiores visados pelo regulamento, como locais receptores. A fachada deverá ainda contribuir para que a transmissão de ruído para o exterior mantenha os índices de ruído abaixo dos níveis definidos no mapa para a zona de implantação dos edifícios.

Sem detrimento do anteriormente referido, a propagação de ruído para entre o exterior e o interior decorre, predominantemente, através dos elementos envidraçados, devendo portanto o desempenho destes em termos de isolamento sonoro satisfazer os requisitos regulamentares exigíveis correspondente a um índice $D_{2m,nT,W} \geq 33$ dB, definido para as zonas mistas (requisito regulamentar mais exigente).

Propõe-se assim, para a generalidade dos vãos envidraçados, a aplicação de vidros duplos com panos de diferentes espessuras, no mínimo com um pano em vidro de 8 mm (de preferência laminado tipo 44.) e outro de 6 mm (de preferência laminado tipo 33.1, separados por uma caixa de ar não inferior a 10 mm. No caso de pequenas janelas, com área total por compartimento não superior a 2 m², poderá optar-se por vidro duplo de 4 + 6 mm.

De notar que os índices de isolamento sonoro dos envidraçados dependem não apenas das características de isolamento do vidro mas sobretudo da permeabilidade ao ar das caixilharias. Assim, as caixilharias deverão possuir um bom sistema de vedação de frinchas, recomendando-se a solução de caixilharia de abrir em detrimento das de correr, sendo a classe de estanquidade mínima a considerar de 4.

A solução do conjunto caixilharia e vidro deverá garantir aplicada um índice de isolamento sonoro $R_w \geq 33$ dB, devendo a solução a aplicar cumprir com este valor mínimo, devidamente comprovado pelas especificações técnicas do fabricante, com base em ensaios realizados ao conjunto.

As grelhas a instalar na fachada deverão ser do tipo auto-reguláveis com isolamento sonoro, caracterizadas por um índice $D_{n,e,w} \geq 33$ dB.

A modulação da solução de isolamento sonoro entre o exterior e o interior de compartimentos da Unidade Hospitalar com diferentes utilizações e orientações, considerando as zonas opacas conforme projecto de arquitectura, permitiu obter um índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea que se traduz, na situação mais desfavorável, num $D_{2m,nT,W} = 35,2$ dB.

De acordo com o anteriormente exposto podemos concluir que serão satisfeitos os requisitos regulamentares a considerar respeitantes ao isolamento da fachada aos sons aéreos para zonas mistas ($D_{2m,nT,W} \geq 33$ dB)

6.2 DIVISÓRIAS INTERIORES

6.2.1 PAREDES

Para satisfação das exigências de isolamento a sons de condução aérea entre compartimentos no interior do edifício visados pelo regulamento, nomeadamente enfermarias, salas de tratamento, blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame, salas administrativas, salas de convívio e todos os de utilização similar, foram preconizadas soluções

de paredes divisórias “leves” que permitem cumprir com as exigências regulamentares. Estas soluções permitem simplificar e agilizar a construção das paredes divisórias por possibilitar uma execução “repetitiva” que forçosamente permitirá encurtar prazos de execução de obra e otimizar a gestão de materiais e mão-de-obra.

Preconizam-se assim quatro níveis de índice de isolamento sonoro requerido às paredes divisórias leves, consoante as necessidades de isolamento a sons aéreos entre os compartimentos.

De acordo com as pretensões da Arquitectura foram consideradas paredes divisórias ‘pesadas’ na confrontação com as circulações e paredes divisórias ‘leves’ na separação entre os compartimentos com requisitos de isolamento sonoro.

As soluções construtivas descritas de seguida são apenas indicativas, devendo ser consideradas as divisórias constantes do projecto de arquitectura, garantindo o índice de isolamento sonoro mínimo definido para cada caso.

- Tipo I: Divisória de blocos de alvenaria de cimento vazados com 100 mm de espessura rebocados em ambas as faces com 25 mm de espessura - $R_w \geq 46$ dB.
 - A aplicar entre as circulações internas com comunicação com os compartimentos recetores regulamentados, nomeadamente, blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame, enfermarias, salas de tratamento, salas administrativas, salas de convívio e todos os de utilização similar.
- Tipo II: Divisória de blocos de alvenaria de cimento vazados com 150 mm de espessura rebocados em ambas as faces com 25 mm de espessura - $R_w \geq 48$ dB.
 - A aplicar entre as circulações internas e os compartimentos como enfermarias, salas de tratamento, salas administrativas, salas de convívio e todos os de utilização similar, sempre que não existe porta de comunicação entre a circulação e estes compartimentos.
- Tipo III: Divisória de blocos de alvenaria de cimento vazados com 100 mm de espessura rebocados numa face com 25 mm e revestida na outra face com lã mineral em painel de 70 kg/m³ com 40 mm de espessura e duas placas de gesso cartonado com 12,5 mm cada - $R_w \geq 58$ dB.

- A aplicar principalmente entre as circulações internas e os compartimentos como gabinetes médicos, salas de consulta ou exame, blocos operatórios e todos os de utilização similar, sempre que não existe porta de comunicação entre a circulação e estes compartimentos.
- Tipo IV: Divisória com duas placas de gesso cartonado em cada face fixas a montantes de 90mm com preenchimento do espaço de ar com lã mineral em placa com densidade não inferior a 70 kg/m³ - $R_w \geq 52$ dB.
 - A na generalidade da separação das divisórias de separação entre compartimentos regulamentados (blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame, enfermarias, salas de tratamento, salas administrativas, salas de convívio e todos os de utilização similar.) com a excepção das divisórias com as circulações e das indicadas nas Divisórias do Tipo V;
- Tipo V: Divisória com duas placas de gesso cartonado em cada face fixas a montantes metálicos independentes de 48 mm com dois painéis no interior de lã mineral com 50 mm cada e densidade não inferior a 70 kg/m³ - $R_w \geq 65$ dB.
 - A aplicar na compartimentação entre os blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame (e similares) com enfermarias, salas de tratamento, salas administrativas e de convívio, refeitório, cozinhas e oficinas.

Todas as soluções preconizadas possuem um índice de redução sonora ponderado R_w que, juntamente com a adequada ligação entre elementos construtivos, permitem satisfazer as exigências acústicas exigidas entre todos os locais em análise.

As divisórias em blocos de alvenaria de cimento rebocados deverão ter juntas em argamassa de assentamento (horizontais e verticais) totalmente preenchidas.

Relativamente às disposições construtivas das paredes divisórias “leves” salienta-se que:

- Estes sistemas deverão ser devidamente dessolidarizados em todo o seu perímetro com a introdução de dessolidarizador de paredes tipo “CDM-WALL-FIX”, ou equivalente, devendo lateralmente serem terminadas com um montante metálico dessolidarizado em toda a altura do encontro com outra parede, bem como com um perfil de remate superior e um perfil de base inferior que deverão igualmente ficar dessolidarizados, em toda a extensão do tecto e do pavimento, respectivamente, de

forma a evitar ligações rígidas entre elementos, minimizando as transmissões sonoras por via marginal e, consequentemente, evitando a redução do isolamento global;

- A fixação dos painéis de gesso cartonado aos montantes deverá ser efectuada com interposição de banda elastómera auto-adesiva do tipo “tecsound sy banda” ou equivalente, com espessura não inferior a 2,5 mm;
- Superiormente, a divisória deverá rematar na laje de tecto, interrompendo o tecto falso, sendo a dessolidarização feita através da interposição de uma banda resiliente entre os perfis e a laje de tecto, de forma estanque, sendo os painéis de gesso cartonado rematados ao tecto com cordões de silicone em todo o comprimento;
- Lateralmente as divisórias deverão ser rematadas de forma a haver continuidade da lâ mineral, sendo aplicados cordões de silicone nas ligações dos painéis;

Todas as paredes divisórias deverão ser devidamente dessolidarizados em todo o seu perímetro, conforme anteriormente indicado, devendo lateralmente serem terminadas com um montante metálico dessolidarizado em toda a altura do encontro com outra parede, bem como com um perfil de remate superior e um perfil de base inferior que deverão igualmente ficar dessolidarizados, em toda a sua extensão do, tecto e do pavimento, respectivamente.

Refere-se ainda que a área violada das paredes não deverá exceder em mais de 2% a área total do elemento de separação directa, não podendo a parede ser violada em ambas as faces, afastando esses pontos tanto quanto possível e nunca em distâncias inferiores a um metro. A parede tipo V não poderá em caso algum ser violada. Em caso de impossibilidade de cumprimento de algumas das disposições referidas deverá ser comunicado o projectista para que as soluções apresentadas sejam revistas.

Todas as paredes divisórias com requisitos acústicos deverão ser executadas até ao tecto (laje estrutural), ou deverá ser colocada uma barreira acústica com o mesmo índice de isolamento na sua parte superior caso termine no tecto falso. Ressalva-se ainda que em todos os encontros de paredes com requisitos acústicos diferentes deverá prevalecer a de maior índice de isolamento.

De acordo com os resultados da modelação dos vários compartimentos, representativos das diversas confrontações existentes, que consideraram as tipologias de paredes e os locais de aplicação anteriormente definidos, pode-se concluir que as soluções apresentadas permitem cumprir com os índices de isolamento sonoro a sons aéreos exigidos regulamentarmente entre compartimentos.

6.2.2 PORTAS

Nos casos onde é exigido isolamento a sons aéreos entre compartimentos com porta de comunicação, como são os casos das confrontações entre as circulações e as enfermarias, salas de tratamento, gabinetes médicos, blocos operatórios, sala de consulta ou exame, salas administrativas salas de convívio e todos os de utilização similar a estes, será necessário colocar portas prefabricadas do tipo acústicas caracterizados por um índice de redução sonora adequado às necessidades dos compartimentos em causa.

Face às exigências regulamentares, preconiza-se nesta fase quatro tipos de portas acústicas com diferentes exigências relativamente ao índice de redução sonora. Nos casos de comunicações entre as circulações e as enfermarias, salas de tratamento, salas administrativas sala de convívio e similares são definidas portas acústicas com um índice de isolamento sonoro de $R_w = 25$ dB e $R_w = 27$ dB, respectivamente para vãos inferiores e superiores a 1 metro. Por sua vez, na separação entre as circulações e os blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame e similares o índice de isolamento sonoro será de $R_w=30$ dB e $R_w=31$ dB, respectivamente para vãos inferiores e superiores a 1 metro. Foram ainda definidas portas com índice de isolamento sonoro mínimo de 40 dB para aplicar nas comunicações entre compartimentos com exigências de isolamento sonoro quando um dos compartimentos não se trata da circulação.

Todas as portas acústicas deverão possuir duplo batente em todo o contorno lateral e superior, com vedante flexível em borracha ou neoprene e com sistema de vedação de soleira. O aro da porta deverá ser devidamente selado em todo o seu contorno garantindo uma elevada estanquidade.

Salienta-se ainda que não deverão existir vazios/aberturas na zona da fechadura e esta não deverá ter ranhura aberta e continua na sua espessura.

As soluções a aplicar deverão ser atestadas pelos fabricantes através da apresentação das especificações técnicas e dos respectivos resultados dos ensaios, devendo cumprir com as todas as disposições apresentadas.

Conforme resultados da modelação podemos constatar para os diferentes casos que as soluções definidas para as portas permitem cumprir, conjuntamente com a solução de parede divisória tipo I anteriormente definida, com índice de isolamento a sons aéreos exigido de $D_{nT, w} \geq 35$ dB e $D_{nT, w} \geq 30$ dB, respectivamente para as confrontações entre as circulações internas e

os blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame e similares, e entre as circulações internas e as enfermarias, salas de tratamento, salas administrativas, sala de convívio e similares.

6.3 REVESTIMENTOS

6.3.1 PAREDES

Para satisfação das exigências de isolamento a sons de condução aérea entre locais no interior do edifício em locais que a solução arquitectónica não pretende a instalação de paredes 'leves', nomeadamente nas circulações, e em que a expressão da parede 'pesada' equivalente não é enquadrável, prevê-se a aplicação de uma parede mista (parede divisória tipo III), materializada pelo revestimento de um pano de alvenaria com lã mineral em painel de 70 kg/m³ com 40 mm de espessura e duas placas de gesso cartonado com 12,5 mm cada.

Esta solução aplica-se essencialmente nas confrontações entre os gabinetes médicos, salas de consulta, salas de exame e similares, com as circulações, sempre que não existe comunicação directa (porta) entre estes compartimentos.

Esta solução permite resulta num índice de isolamento sonoro $R_w \geq 58$ dB, cumprindo com as exigências regulamentares de isolamento a sons aéreos entre compartimentos nos seus locais de aplicação.

Será ainda analisada caso a caso, após a definição final dos equipamentos que integrarão o caderno de encargos, a necessidade de revestimento das paredes das áreas técnicas.

6.3.2 TECTOS

CORREDORES DE CIRCULAÇÃO

Verifica-se a necessidade de dotar os tectos dos corredores de circulação, enfermarias, refeitórios, átrios, salas de espera e auditório de revestimentos absorventes sonoros nos tectos de forma a cumprir com as exigências regulamentares relativamente aos tempos de reverberação e às áreas de absorção sonora. Serão assim definidos tectos com um coeficiente de absorção sonora que, conjuntamente com a contribuição dos restantes elementos construtivos dos paramentos interiores do compartimento, permitem cumprir com o tempo de reverberação ou a área de absorção exigida regulamentarmente para cada espaço.

As soluções construtivas dos tectos a aplicar deverão ser consultadas no projecto de Arquitectura.

CIRCULAÇÕES

No caso dos corredores circulação será definido um tecto dotado de revestimento absorvente sonoro que, conjuntamente com os restantes elementos construtivos, permite cumprir com a área de absorção sonora equivalente exigida, que é função da superfície do pavimento da circulação considerada. Genericamente foi definido um tecto com coeficiente de absorção sonora médio, $\alpha_m \geq 0,15$ que confere a estes espaços um adequado conforto acústico tendo em consideração a sua utilização.

O tecto a aplicar nos corredores de grande circulação, conjuntamente com a contribuição dos restantes paramentos interiores da sua envolvente garante uma área de absorção sonora equivalente superior a 25% da superfície de pavimento, conforme exigência regulamentar.

ENFERMARIAS, ÁTRIOS E SALAS DE ESPERA

Para as enfermarias com volume superior a 100 m³, bem como para os átrios e sala de espera também com volume superior a 100 m³ e sem difusão de mensagens sonoras, preconizou-se um tecto coeficiente de absorção sonora médio $\alpha_m \geq 0,50$. Para o refeitório e para os átrios e sala de espera com volume superior a 100 m³ mas com difusão de mensagens sonoras é proposto um tecto que se caracteriza por um coeficiente de absorção sonora médio $\alpha_m \geq 0,65$.

REFEITÓRIO

De forma a garantir um adequado conforto acústico na utilização da biblioteca, encontra-se previsto um tecto absorvente com coeficiente de absorção sonora médio $\alpha_m \geq 0,75$. Esta solução será no entanto ainda analisada em fase posterior após definição dos revestimentos finais e do mobiliário fixo, analisando-se ainda a possibilidade da colocação de biombo acústicos ou revestimentos de paredes adequadamente distribuídos de forma a garantir um bom conforto acústico em todas as zonas do refeitório.

BIBLIOTECA

De forma a garantir um adequado conforto acústico na utilização da biblioteca, encontra-se previsto um tecto absorvente com coeficiente de absorção sonora médio $\alpha_m \geq 0,75$. Esta

solução será no entanto ainda analisada em fase posterior após definição dos revestimentos finais e do mobiliário fixo da biblioteca, analisando-se ainda a possibilidade da colocação de biombos acústicos adequadamente distribuídos de forma a 'segregar acusticamente' alguns espaços.

O sistema de suspensão dos tectos falsos deverá ser antivibrático, adequando este à dimensão da caixa-de-ar, ao tipo de tecto e ao seu peso.

ÁREAS TÉCNICAS

Além dos tectos referido anteriormente encontram-se ainda previstas duas tipologias de tecto a instalar nas áreas técnicas ou nos compartimento que se encontram sob as áreas técnicas, que além de terem boas características absorventes, de forma a melhorar a acústica interior destes espaços e consequentemente o ruído transmitido para outros compartimentos ou para o exterior, permitem incrementar o isolamento sonoro a sons aéreos de forma a diminuir o nível de ruído particular dos equipamentos que atinge os compartimentos próximo "sensíveis", cumprindo com a exigência regulamentar relativa a este índice no interior dos blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta, salas de exame, enfermarias, salas de tratamentos, salas administrativas e salas de convívio.

Conforme referido foram preconizados para este efeito duas tipologias de tecto falso/revestimentos para os quais se apresenta de seguida uma proposta de constituição. A solução a aplicar deverá no entanto ser verificada no projecto de Arquitectura, dando cumprimento aos requisitos acústicos mínimos definidos para cada caso:

Tipo I: Placas rígidas de lã mineral de alta densidade (100 kg/m³) com 50 mm tipo "Knauf insulation panelplus TP138", ou equivalente, fixas à laje.

Tipo II: Painel sandwich em chapa de aço galvanizado com isolamento em lã de rocha de alta densidade (100 kg/m³) com 50 mm tipo "MR1000 LR/PF", ou equivalente ($\alpha_m \geq 0,90$; $R_w \geq 34$ dB)

GENERALIDADES

As soluções de tectos definidas consideram que pelo menos 80% do teto é perfurado e que o tecto apresenta uma caixa de ar mínima de 100 mm.

Os tectos deverão ser fixos à laje de tecto através de apoios anti vibráteis, do tipo "CDM-ISO-CC", ou equivalentes, com afastamento de acordo com recomendado pelo fabricante (não superior a 1m), devendo este apoio ser ajustado em função do tipo de tecto, da altura da caixa de ar e do peso por apoio.

Os encontros do tecto com as paredes divisórias ou de fachada deverão ser dessolidarizados, em todo o comprimento, através da interposição de material resiliente.

6.3.3 PAVIMENTOS

De forma a cumprir com as exigências regulamentares relativas aos sons de percussão será necessário garantir o isolamento do ruído proveniente de uma excitação de percussão sobre os pavimentos nos compartimentos contíguos aos compartimentos regulamentados apresentados nos pontos anteriores, quer entre pisos quer entre compartimentos do mesmo piso.

De forma a cumprir com a exigência regulamentar será colocada nas lajes entre pisos uma manta resiliente em granulado de borracha natural e sintética sobre a laje estrutural que permite uma elevada performance de isolamento a ruídos de percussão no pavimento. Esta solução, a instalar sob a camada de enchimento, garante o cumprimento das exigências regulamentares relativas aos sons de percussão e deverá ser instalada nos compartimentos visados pelo regulamento (nomeadamente as enfermarias, salas de tratamento, blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame, salas administrativas e salas de convívio), bem como nos compartimentos contíguos a estes (na vertical e na horizontal). Apesar de se referir apenas os compartimentos visados pelo regulamento, aconselha-se a colocação da manta acústica na generalidade dos pavimentos, traduzindo-se esta opção numa diminuição significativa do ruído de impacto e consequentemente no conforto acústico na utilização dos espaços.

De acordo com o referido propõe-se a instalação de uma manta acústica tipo "CDM-MTC-4,5", ou equivalente, na generalidade dos espaços indicados, com excepção dos blocos operatórios, refeitórios, cozinhas e compartimentos de lavagem de roupa e de louça, em que se propõe uma manta acústica tipo "CDM-MTA-8/4", ou equivalente.

A solução indicada representa uma variação do isolamento sonoro aos sons de percussão superior a 20 dB, o que em qualquer dos casos permite obter, conforme se verifica nos resultados da modelação, um índice de isolamento sonoro aos sons de percussão, $L'_{nT, w} \leq 65$ dB, cumprindo com as disposições regulamentares aplicáveis. Nos casos em que temos as cozinhas, o refeitório os as oficinas como locais emissores verifica-se um índice $L'_{nT, w} \leq 60$ dB, cumprindo também com o estabelecido no regulamento.

Para garantir o isolamento a sons de percussão entre compartimentos do mesmo piso deverá ser realizado o corte da camada de enchimento entre todos os compartimentos em que se encontra preconizada a instalação de manta acústica de forma a evitar a ligação rígida entre estes pavimentos garantindo assim o isolamento sonoro aos sons de percussão exigido.

Salienta-se que o revestimento de piso não ficará ligado rigidamente à parede divisória e ao rodapé, a fim de não haver transmissão sonora através destas ligações. O corte elástico será, então, realizado através da interposição de uma banda de borracha na vertical entre a divisória e o revestimento de piso e de um cordão de silicone entre este e o rodapé, ao longo de todo o perímetro destes. Deverão ainda ser colocadas fitas de sobreposição nas juntas da manta acústica.

6.4 AUDITÓRIO

6.4.1 PAVIMENTO

Conforme definido para a maioria dos espaços também no auditório se prevê a aplicação de manta acústica entre a laje estrutural e a camada de enchimento. Não obstante, prevê-se ainda a aplicação de uma alcatifa, tipo “Desso/Tarkett” ou equivalente, com o objectivo de diminuir o ruído de impacto no interior do auditório.

6.4.2 REVESTIMENTO DE PARAMENTOS INTERIORES

Além da aplicação das paredes divisórias e vãos já apresentadas nos pontos anteriores, que garantem um adequado isolamento a sons aéreos entre o auditório e os compartimentos confrontantes, prevê-se a aplicação de lambris perfurados nos paramentos interiores do compartimento de forma a incrementar a área de absorção e conferir a este espaço um tempo de reverberação que, no mínimo, cumpre com as exigências regulamentares. Para esse efeito prevê-se a aplicação de placas MDF perfuradas e folheadas a madeira natural bétula, com tela

acústica “Plus” e montagem sobre perfis de alumínio, do tipo “Castelhano & Ferreira série Acústica XXI – CFRF 3/8”, ou equivalente. Em algumas zonas serão aplicados perfis lisos do mesmo tipo, ou equivalentes, constituídos por placas de mdf lacadas. A zona de aplicação de cada um destes tipos de lambris encontram-se representadas nos pormenores construtivos do auditório constante do projecto de Arquitectura.

6.4.3 TECTOS

Para o tecto foi prevista um solução em placas minerais laminadas cobertas por um vélo de fibra de vidro, do tipo “Amstrong Ultima +” com perfil “Vector”, ou equivalente, que se caracteriza por um coeficiente de absorção sonora $\alpha_w = 0,75$. Esta solução, conjuntamente com a contribuição dos restantes paramentos interior, garante um tempo de reverberação que cumpre com as exigências regulamentares definidas para o auditório, quer para o seu funcionamento global quer parcial para cada sala.

6.4.4 DIVISÓRIAS

As divisórias a aplicar para a compartimentação do auditório serão manobráveis em painéis de aglomerado de madeira revestidos a melamina preta, com membrana acústica, com $R_w \geq 45$ dB.

6.4.5 OUTRAS

As cadeiras do auditório serão estofadas no assento e no encosto.

O vão da régie caracteriza-se por um índice de isolamento sonoro $R_w \geq 45$ dB.

Não obstante as soluções definidas para o auditório cumprirem com as exigências regulamentares existiram diversos condicionamentos de funcionamento do compartimenro e da sua utilização que não permitiram adoptar outras soluções que se traduzissem num melhoramento da qualidade sonora do espaço, melhorando a inteligibilidade da palavra e reduzindo a necessidade de recorrer à eltro-acústica.

6.5 HELIPORTO

A Unidade Hospitalar integrará um heliporto elevado em relação à cobertura do Módulo Central, cujas operações de aterragem e descolagem dão origem a ruídos e geram ondas de

pressão que provocam incomodidade dos ocupantes, transmitindo vibrações à estrutura de suporte deste e consequentemente aos compartimentos interiores, podendo causar, além da incomodidade, problemas no funcionamento de equipamentos sensíveis.

Propõe-se nesta fase, para redução da transmissibilidade de vibrações através da plataforma de aterragem à estrutura do edifício do Módulo Central, a instalação de sistema isolamento sob a base da estrutura de suporte do heliporto, estabelecendo um corte elástico com a cobertura do edifício, constituído por malha de apoios discretos em material elastómero ou do tipo mola sob a estrutura de suporte do heliporto.

O sistema deverá ser dimensionado admitindo-se uma transmissibilidade máxima de 10 %, ou seja, este deverá garantir atenuações da ordem dos 20 dB. Admitindo-se um coeficiente de amortecimento não inferior a 10%, a frequência própria da estrutura de suporte do heliporto deverá ser cerca de 4 vezes inferior à mais baixa frequência de excitação que, neste caso, se considera como sendo de 20 Hz, e por isso, o sistema de isolamento deverá ser dimensionado para que a frequência própria vertical de vibração da estrutura de suporte (f_0) seja da ordem dos 5Hz.

6.6 ÁREAS TÉCNICAS

Indicam-se, de seguida, as disposições construtivas a aplicar nas áreas técnicas que pretendem atenuar as vibrações provocadas pelos equipamentos a instalar, bem como controlar a emissão de ruído para o interior e exterior do edifício.

As disposições agora apresentadas são genéricas para o tipo de equipamentos a aplicar em cada zona e deverão ser validadas após serem definidas as características dos equipamentos.

Para os pavimentos das áreas técnicas prevê-se a aplicação sob os equipamentos de quatro tipos de pavimentos flutuantes que de seguida de descrevem:

- Tipo I: Pavimento flutuante materializado por um maciço de betão armado com espessura mínima de 10 cm, sob apoios elastómeros com 6 cm acoplados a cofragem perdida com 1,8 cm, do tipo CDM-ISO-FLOAT, ou equivalente;
- Tipo II: Pavimento flutuante materializado por um maciço de betão armado com espessura mínima de 10 cm, sob apoios elastómeros com 6 cm acoplados a

cofragem perdida com 1,8 cm, do tipo CDM-ISO-FLOAT, ou equivalente, com preenchimento do espaço de ar com lã mineral com 100 kg/m³;

- Tipo III: Pavimento flutuante materializado por um maciço de betão armado com espessura mínima de 10 cm, sob apoios mola com 6 cm acoplados a cofragem perdida com 1,8 cm, do tipo CDM-ISO-FLOAT, ou equivalente, com preenchimento do espaço de ar com lã mineral com 100 kg/m³;
- Tipo IV: Pavimento flutuante materializado por um maciço de betão armado com espessura de 10 cm, sob apoios resilientes em caixas metálicas visitáveis com sistema de elevação, com altura máxima de 3 cm de caixa-de-ar (antes da aplicação de cargas), acoplados a cofragem perdida.

Os pavimentos indicados poderão ser dispensados caso os equipamentos sejam fornecidos com sistema de isolamento que garanta os índices de isolamento definidos, devendo constar da ficha técnica do equipamento o desempenho acústico desse sistema, que em termos de vibração quer em termos de ruído.

De seguida apresenta-se o local de aplicação de cada uma das soluções, de forma discreta ou continua, de acordo com o tipo de solicitação de cada equipamento, do isolamento necessário, da proximidade a zonas sensíveis e da área do compartimento e sua regularidade:

- Pavimento flutuante Tipo I
 - › Áreas técnicas do Piso 0 (Grupo Gerador de Emergência, Posto de Transformação e Equipamentos Central Térmica, Central de Gases, Vácuo e Ar Comprimido)
 - › Área técnica do Piso 1 (Data Center)
- Pavimento flutuante Tipo II
 - › Áreas técnicas dos Pisos 2 a 5 (Compressores, transformadores eléctricos, etc.)
- Pavimento flutuante Tipo III
 - › Áreas técnicas do Piso 5 (Chillers)

- Pavimento flutuante Tipo IV
 - › Áreas técnicas do Piso 1 (UTA's)

Para além das zonas identificadas deverão ainda ser aplicados pavimentos do Tipo I sobre todos os equipamentos com peso superior a 100 kg e transmissão significativa de energia, que se encontre na proximidade de receptores sensíveis.

Todas as soluções de apoios destes pavimentos deverão ser devidamente dimensionados em função da frequência de vibração, peso, geometria e localização dos equipamentos que serão efectivamente instalados, garantindo uma eficiência superior a 90 % e uma deflexão adequada (entre 10% e 20%).

No que se refere às entradas e saídas de ar deverão ser integradas grelhas acústicas e/ou atenuadores de ruído na admissão e extracção de ar de forma a cumprir com o limite de ruído do ambiente exterior definido e com o critério de incomodidade, bem como com ruído transmitido pelos equipamentos para os compartimentos sensíveis no interior do edifício. As características destas grelhas/atenuadores serão definidas após conhecidas as características dos equipamentos a instalar.

6.7 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

6.7.1 RUÍDO TRANSMITIDO AO EXTERIOR

No que respeita às limitações das intensidades dos ruídos de funcionamento de equipamentos no exterior ou comunicando directamente com o exterior, aponta-se que, de acordo com os resultados das medições realizadas, se deverá satisfazer um nível de avaliação do ruído particular dos equipamentos a uma distância de cerca de 5 metros das envolventes respectivas ou das aberturas de comunicação directas com o exterior (extracção ou insuflação de ar) de $L_{Ar} \leq 45$ dB (A). Assim o nível de potência sonora (L_w) radiado por equipamentos ou aberturas associadas a sistemas AVAC deverá satisfazer um nível $L_w \leq 70$ dB (A).

Para equipamentos com ligação a condutas de ventilação (equipamentos de AVAC, grupos de geradores, etc.) deverão ser aplicados atenuadores sonoros entre o equipamento e a conduta, a dimensionar em função da potência sonora radiada para o interior da conduta, de forma a não ultrapassar o nível de avaliação de $L_{Ar,nT}$ de 30 db(A) nos receptores "sensíveis", podendo este limite ser superior em 5 db(A) para fontes de ruído intermitentes.

6.7.2 CHILLERS

Os chillers seleccionados deverão ser do tipo insonorizados, dando preferência a equipamentos de baixa potência sonora e vibração. Após definição destes equipamentos e da respectiva potência sonora será estudada a necessidade de adopção de medidas adicionais de isolamento a sons aéreos do compartimento em que estes se inserem de forma a cumprir com os limites de ruído definidos para o ambiente exterior, assim como com o nível de avaliação do ruído particular dos equipamentos nos compartimentos sensíveis existentes nas proximidades.

Além do referido deverá ser aplicado sobre estes equipamentos o pavimento flutuante definido no ponto anterior.

6.7.3 UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR (UTA)

As UTA integrarão grelhas acústicas e/ou atenuadores de ruído na admissão e extracção de ar de forma a cumprir com o limite de ruído do ambiente exterior definido. Na selecção destes equipamentos deverá ser dada preferência a equipamentos de baixa potência sonora e vibração.

Além do referido deverá ser aplicado sobre estes equipamentos o pavimento flutuante definido no ponto anterior.

6.7.4 GRUPO DE GERADORES

Os grupos de geradores deverão integrar silenciadores de ruído simples ou duplos na exaustão de gases e atenuadores de ruído na admissão e extracção de ar de forma a cumprir com o limite de ruído do ambiente exterior definido. Na selecção destes equipamentos deverá ser dada preferência a equipamentos de baixa potência sonora.

Além do referido deverá ser aplicado sobre estes equipamentos o pavimento flutuante definido no ponto anterior.

6.7.5 TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS

Sobre estes equipamentos deverá ser colocado o pavimento flutuante referido no ponto anterior. Alternativamente, nos transformadores eléctricos com vibração pouco significativa (a

definir) poderão ser apenas colocados apenas apoios antivibráticos sob as rodas de base, do tipo cdm-transfo-wheel, ou equivalente.

6.7.6 ELEVADORES

Nos elevadores deverão ser aplicados elementos resilientes na cabine e na estrutura, tipo cdm-iso-elevador, ou equivalente, guias de deslizamento antivibráticas, tipo cdm-iso-elevador-fix, ou equivalente, e fixações resilientes nas amarrações das guias do tipo cdm-iso-fix, ou equivalente.

6.7.7 EQUIPAMENTOS COM PARTES ROTATIVAS

Em todos os equipamentos com partes rotativas apoiados deverão ser Isolados através de apoios antivibráticos, recomendando-se aplicação de sinoblocos do tipo “CDM-HR-80”, ou equivalentes, com altura não inferior a 50 mm para equipamentos pesados (>100 kg) e de apoios de fixação mecânica, do tipo “AMC Topes Diábolo Mecanocaucho”, ou equivalente, para equipamentos leves (<100 kg). Caso existam ligações destes equipamentos a condutas deverão ser aplicadas mangas flexíveis entre o equipamento e a ligação às condutas (por exemplo, PVC).

No casos dos equipamentos suspenso deverão ser aplicados apoios de suspensão do tipo “Akustik 1 + Sylomer da AMC”, ou equivalente.

6.7.8 Condutas

De forma a controlar o ruído transmitido através das condutas para os compartimentos sensíveis no interior do edifício estas deverão ser isoladas com painel rígido de alta densidade de lã mineral tipo “Climaver neto – Isover”, ou equivalente. Sempre que existam condutas que interliguem directamente compartimentos com requisitos acústicos regulamentares (gabinetes de consulta/médicos, salas de trabalho/administrativas, salas de tratamento, sala de reuniões ou sala da convívio), servindo como condutores sonoros, deverão ser instalados atenuadores adequados que garantam que não é diminuído o isolamento sonoro entre esses compartimentos.

6.7.9 TUBAGENS

Os tubos e/ou coletores da rede de esgotos na zonas chumbadas em paredes ou lajes deverão ser envolvidos em membrana de polietileno reticula de célula fechada com 10 mm de espessura, do tipo "impactodan 10" ou equivalente.

A fixação pontual dos tubos e/ou coletores às paredes e/ou estrutura deverá ser efetuada através de braçadeiras de fixação, com a zona de aperto do tubo revestida com faixa de membrana de aglomerado de borracha com 10 mm de espessura, do tipo "CDM-MTA-10" ou equivalente (faixa com cerca de 10 cm de largura a envolver o tubo na zona de fixação do tubo à braçadeira).

Em todas as tubagens instaladas sobre o tecto falso de compartimentos "sensíveis", nomeadamente blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame, enfermarias, salas de tratamento, salas administrativas, sala de convívio, e todos os de uso similar a estes, deverá proceder-se ao envolvimento da tubagem em toda a extensão do coletor com um primeiro elemento em lã de rocha com 20 mm de espessura, 70 kg/m³, revestida exteriormente com folha de alumínio, e um segundo elemento, pelo exterior, com duas camadas de membrana elastómera auto-adesiva do tipo Tecsound SY50, ou equivalente. as braçadeiras de suspensão dos coletores deverão apertar por fora destas duas camadas elastómeras ou , em alternativa, apertar sobre a faixa com cerca de 10 cm de largura de membrana de aglomerado de borracha com 10 mm de espessura, do tipo "cdm-mta-10" ou equivalente.

A solução de isolamento da tubagem a aplicar deverá ser adequada ao material da tubagem e deverá garantir uma atenuação acústica superior a 20 dB.

6.8 Outras disposições

6.8.1 Barreira acústica

Após a definição dos equipamentos a instalar na área técnica da cobertura será avaliada a necessidade de prever a aplicação de barreira acústica na sua envolvente de forma a garantir que o ruído que atinge a fachada do prédio de habitação mais próximo será inferior a 45 dB (limite considerado para a incomodidade).

6.8.2 Courettes

Em courettes de pequena dimensão deverá ser criado "rolhão" em lã de rocha de baixa densidade, compactada, entre o exteriores dos tubos e as faces interiores da courette, no mínimo numa extensão de 1m m junto ao tecto e 1m junto ao piso. Em courettes de maior dimensão deverá ser envolvida a tubagem em polietileno expandido com 10 mm de espessura (ou 5+5 mm) do tipo "fonoblok da tubolit AR", ou equivalente (no mínimo nas zonas de fixação entre a "abraçadeira de fixação" e o tubo), e deverá ser aplicada lã de rocha com 3 cm de espessura e 70 kg/m³, nas faces inferiores da courette.

A parede da courette deverá ser constituída no mínimo por alvenaria de tijolo de 11 cm rebocada, com juntas totalmente preenchidas. Em caso de impossibilidade a solução pelo interior da courette deverá ser reforçada com a aplicação de paínel sanduiche de gesso cartonado + lã de rocha.

6.8.3 Caixa de estore

A caixa de estore deverá ser revestida pelo interior através de manta de aglomerado de espuma fonoabsorvente em poliuretano flexível com cerca de 30 mm de espessura. A tampa da caixa de estore deverá ser em madeira maciça com espessura não inferior a 20 mm, ou com solução alternativa com isolamento sonoro idêntico, com camada de membrana elastómera autoadesiva (massa não inferior a 7 kg/m²), colada pelo interior.

Deverá ser realizada a calafetação de frinchas no caixilho com material elastómero de elevada densidade (por exemplo, mástique)

7 VERIFICAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES

De seguida apresentam-se as características acústicas consideradas para os elementos de confrontação directa e os resultados das verificações acústicas de alguns compartimentos representativos.

7.1 ISOLAMENTO A SONS AÉREOS EXTERIORES

Compartimento receptor: Enfermaria (Quarto duplo)

- Vão envidraçado: $R_w = 33,0$ dB
- Parede de fachada: $R_w = 53,0$ dB
- $D_{2m,nT,w} = 35,1$ dB ≥ 33 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento receptor: Gabinete médico

- Vão envidraçado: $R_w = 33,0$ dB
- Parede de fachada: $R_w = 53,0$ dB
- $D_{2m,nT,w} = 36,3$ dB ≥ 33 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento receptor: Bloco operatório

- Vão envidraçado: $R_w = 33,0$ dB
- Parede de fachada: $R_w = 53,0$ dB
- $D_{2m,nT,w} = 34,7$ dB ≥ 33 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

7.2 ISOLAMENTO A SONS AÉREOS INTERIORES

Compartimento receptor: Enfermaria (Quarto duplo)

Compartimento emissor: Circulação

- Paredes divisória Tipo I: $R_w = 47,0$ dB
- Porta Tipo II: $R_w = 30,0$ dB
- $D_{nT,w} = 32,6$ dB ≥ 30 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento receptor: Enfermaria (Quarto duplo)

Compartimento emissor: Enfermaria (Quarto duplo)

- Paredes divisória Tipo II: $R_w = 51,0$ dB
- $D_{nT,w} = 46,1$ dB ≥ 45 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento receptor: Gabinete de Consulta

Compartimento emissor: Circulação

- Paredes divisória Tipo I: $R_w = 47,0$ dB
- Porta Tipo IV: $R_w = 35,0$ dB
- $D_{nT,w} = 37,4$ dB ≥ 35 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento receptor: Gabinete de Consulta

Compartimento emissor: Gabinete de Consulta

- Paredes divisória Tipo II: $R_w = 51,0$ dB
- $D_{nT,w} = 49,2$ dB ≥ 48 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento receptor: Sala de exames

Compartimento emissor: Sala de tratamentos

- Paredes divisória Tipo III: $R_w = 65,0$ dB
- $D_{nT,w} = 56,6$ dB ≥ 55 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

7.3 ISOLAMENTO A SONS DE PERCUSSÃO

Compartimento receptor: Gabinete de Consulta

Compartimento emissor: Circulação

- Pavimento Tipo I: $\Delta L_w = 20,0$ dB
- $L'_{nT,w} = 51,4$ dB ≤ 65 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento receptor: Gabinete de Consulta

Compartimento emissor: Gabinete de Consulta

- Pavimento Tipo I: $\Delta L_w = 20,0$ dB
- $L'_{nT,w} = 58,8$ dB ≤ 65 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento receptor: Bloco operatório

Compartimento emissor: Circulação

- Pavimento Tipo I: $\Delta L_w = 20,0$ dB
- $L'_{nT,w} = 52,2$ dB ≤ 65 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento receptor: Bloco operatório

Compartimento emissor: Bloco operatório

- Pavimento Tipo I: $\Delta L_w = 20,0$ dB
- $L'_{nT,w} = 58,1$ dB ≤ 65 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento receptor: Oficina

Compartimento emissor: Sala de reuniões

- Pavimento Tipo I: $\Delta L_w = 20,0$ dB
- $L'_{nT,w} = 58,7$ dB ≤ 60 dB (exigido pelo regulamento) → Verifica

7.4 ÁREA DE ABSORÇÃO SONORA

Compartimento: Circulação

- Tecto: $\alpha_m = 0,15$

- $A = 74,61 \geq 65,37 \text{ m}^2$ (exigido pelo regulamento) → Verifica

7.5 TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Compartimento: Enfermaria

- Tecto: $\alpha_m = 0,50$
- $Tr = 0,7s \leq 0,15 \times V^{1/3} = 0,7s$ (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento: Sala de espera (com difusão de mensagem sonora)

- Tecto: $\alpha_m = 0,65$
- $Tr = 0,9s \leq 0,15 \times V^{1/3} = 0,9s$ (exigido pelo regulamento) → Verifica

Compartimento: Auditório

- Tecto: $\alpha_m = 0,75$
- $Tr = 0,8s \leq 0,32 + 0,17 \times \log V = 0,9s$ (exigido pelo regulamento) → Verifica

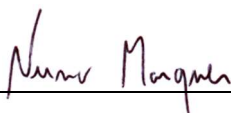
7.6 NÍVEL DE AVALIAÇÃO

Compartimento receptor: Refeitório

Compartimento emissor: Área Técnica Chillers

- Fonte sonora de funcionamento contínuo (chillers): 85 dB
- $L_{Ar,nT} = 28,20 \text{ dB} \leq 30,00 \text{ dB}$ (exigido pelo regulamento) → Verifica

Coimbra, Outubro de 2018



Nuno Marques

(Eng.º Civil, OE n.º 44638)