

JORGE PATRÍCIO

a acústica na reabilitação de edifícios

4.^a EDIÇÃO
REVISTA E AUMENTADA

The cover features a photograph of a yellow building facade with peeling paint and a black street lamp. A stylized soundwave graphic in light green and yellow is overlaid across the middle of the image. The background is a solid dark green color.

engebook

AUTOR

Jorge Patrício

TÍTULO

A Acústica na Reabilitação de Edifícios – 4.ª Edição, Revista e Aumentada

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO

CHANCELA

Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados
Tel. 220 104 872 · Fax 220 104 871 · E-mail: info@booki.pt · www.booki.pt

PARCEIRO DE COMUNICAÇÃO

Construção Magazine – Revista Técnica e Científica de Engenharia Civil

APOIO INSTITUCIONAL

Ordem dos Arquitectos – Secção Regional do Norte

APOIO À EDIÇÃO

IMPERALUM – Sociedade Comercial de Revestimentos e Impermeabilizações, S.A.
SAINT-GOBAIN ISOVER IBÉRICA, S.L.

REVISÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN

Luciano Carvalho
Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2018 | Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Todos os direitos reservados a Publindústria, Produção de Comunicação, Lda. para a língua portuguesa.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio, seja eletrónico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros sem autorização prévia por escrito do autor.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU

69 Indústria da construção. Materiais para construção. Procedimentos e práticas de construção
534.8 Aplicações da acústica (teoria)

ISBN

Papel: 9789897232756

E-book: 9789897232763

Booki – Catalogação da publicação

Família: Engenharia Civil

Subfamília: Acústica

PREFÁCIO	IX
PREÂMBULO	XI
CAPÍTULO 1	
Introdução	1
CAPÍTULO 2	
Situação do Parque Edificado Nacional.....	3
CAPÍTULO 3	
Acústica de Edifícios: Parâmetros Relevantes.....	9
CAPÍTULO 4	
Requisitos Acústicos dos Edifícios	17
CAPÍTULO 5	
Reabilitação Acústica: Princípios Gerais	25
CAPÍTULO 6	
Linhas Orientativas para reabilitação acústica.....	29
6.1 Considerações Gerais	29
6.2 Isolamento a Sons Aéreos das Fachadas	32
6.3 Isolamento a Sons Aéreos e de Percussão com Origem noutras Fogos e/ou Atividades Comerciais Contíguas.....	36
6.4 Outras Considerações Relevantes	48
6.4.1 Ruído de Equipamentos.....	48
6.4.2 Condições de Reverberação	50

CAPÍTULO 7

Ambiente Exterior..... 53

7.1 Introdução.....53

7.2 Propagação em Zonas Urbanas.....56

CAPÍTULO 8

Aspetos Complementares 59

CAPÍTULO 9

Legislação Aplicável Comentada 67

9.1 Artigos Relevantes do Regulamento Geral do Ruído67

9.2 Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios86

9.3 Comentário interpretativo ao Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril 109

CAPÍTULO 10

Soluções construtivas de reabilitação e detalhes relevantes no desempenho acústico 113

10.1 Soluções construtivas..... 113

10.1.1 Solução de reabilitação de sistema de compartimentação horizontal
aligeirado entre fogos 114

10.1.2 Solução de reabilitação de sistema de compartimentação horizontal
aligeirado entre fogos, através de aplicação de teto falso 114

10.1.3 Solução de reabilitação de sistema de compartimentação horizontal
com laje não encastrada na parede 115

10.1.4 Solução de reabilitação acústica de sistema de compartimentação
horizontal aligeirado entre fogos, através de aplicação de teto falso..... 116

10.1.5 Solução de reabilitação de sistema de compartimentação
vertical de blocos maciços 117

10.1.6 Solução de reabilitação acústica de sistema de compartimentação
vertical (parede) com pano interior contínuo entre fogos..... 118

10.1.7 Solução de reabilitação acústica de sistema
de compartimentação vertical (parede dupla) de blocos maciços 119

10.1.8 Solução de reabilitação acústica de sistema de compartimentação
vertical de blocos maciços, com fragilidade nas juntas ente o pano
de bloco maciço e os pilares 120

10.1.9 Solução de reabilitação acústica de sistema
de compartimentação horizontal entre fogos, de laje
maciça de betão armado e revestimento de madeira..... 121

10.1.10 Solução de reabilitação acústica de sistema de compartimentação
horizontal entre fogos, com laje maciça de betão armado
e revestimento de pavimento em ladrilhos vinílicos 122

10.1.11 Lajeta flutuante com continuidade entre salas adjacentes do mesmo piso 123

10.1.12	Solução corretiva de quebra de isolamento em armário embutido pela presença de roço de grande dimensão parcialmente aberto.....	124
10.1.13	Solução construtiva de compartimentação vertical – parede dupla interior	125
10.1.14	Solução de reabilitação para divisória de compartimentação vertical entre fogos, ou exterior, constituída por dois panos de alvenaria de tijolo.....	126
10.1.15	Solução de reabilitação de compartimentação vertical entre fogos ou exterior em alvenaria de tijolo	127
10.1.16	Solução de reabilitação de divisória de compartimentação vertical exterior em tabique.....	128
10.1.17	Solução de reabilitação de divisória de compartimentação vertical interior em tabique.....	129
10.1.18	Solução de reabilitação de divisória de compartimentação vertical interior em tabique.....	130
10.1.19	Solução de reabilitação de divisória de compartimentação vertical interior em tabique.....	131
10.1.20	Solução de reabilitação de compartimentação horizontal constituído por laje maciça de betão armado	132
10.1.21	Solução de reabilitação de compartimentação horizontal, sendo este o teto adjacente à cobertura.....	133
10.1.22	Solução construtiva para pavimentos intermédios entre zonas de comércio e edifícios de habitação	134
10.2	Pormenores Construtivos	135
10.2.1	Solução de construção de compartimentação vertical – parede interior simples	135
10.2.2	Solução de construção de compartimentação vertical – parede interior dupla	136
10.2.3	Solução de reabilitação de compartimentação vertical – parede em alvenaria de tijolo.....	137
10.2.4	Solução de reabilitação de compartimentação vertical – parede em alvenaria de tijolo.....	138
10.2.5	Revestimento interior de parede.....	139
10.2.6	Revestimento interior de parede.....	140
10.2.7	Solução construtiva a aplicar em zonas de junção do pavimento entre salas adjacentes do mesmo piso – pavimentos independentes, solução com placas de gesso cartonado	141
10.2.8	Solução construtiva a aplicar em zonas de junção do pavimento entre salas adjacentes do mesmo piso – pavimentos independentes, solução mista	142
10.2.9	Solução construtiva a aplicar em zonas de junção do pavimento entre salas adjacentes do mesmo piso – solução sobre camada de compressão, com placas de gesso cartonado	143

10.2.10	Solução construtiva a aplicar em zonas de junção do pavimento entre salas adjacentes do mesmo piso – solução mista sobre camada de compressão.....	144
10.2.11	Solução construtiva a aplicar em zonas de junção do pavimento entre salas adjacentes do mesmo piso – solução mista sobre pavimento flutuante	145
10.2.12	Solução construtiva a aplicar em zonas de encontro de divisórias entre salas adjacentes do mesmo piso – solução com placas de gesso cartonado	146
10.2.13	Solução construtiva a aplicar em zonas de encontro de divisórias entre salas adjacentes do mesmo piso – solução mista	147
10.2.14	Solução construtiva a aplicar na existência de zonas com vigas, pilares ou roços para instalações.....	148
10.2.15	Solução construtiva a aplicar na existência de zonas com vigas	149
10.2.16	Variante de solução em pilar ou parede.....	150
10.2.17	Instalações horizontais – canalizações	151
10.2.18	Elementos de separação	152
10.2.19	Colmatar roços	153
10.2.20	Enchimento da camada de lã mineral.....	154
10.2.21	Elementos pré-fabricados	155
10.2.22	Utilização de bandas elásticas	156
10.2.23	Encontro de elementos de separação vertical e horizontal.....	157
10.2.24	Interseção entre elementos verticais e divisórias interiores – parede simples de placas de gesso cartonado	158
10.2.25	Tetos falsos entre salas adjacentes do mesmo piso	159
10.3	Soluções construtivas de paredes tradicionais Portuguesas	160
10.3.1	Soluções construtivas heterogêneas.....	160
10.3.1.1	Parede de taipa	161
10.3.1.2	Parede de adobe.....	162
10.3.2	Soluções construtivas homogêneas.....	163
10.3.2.1	Parede de alvenaria de pedra	163
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	165

Na sequência da realização do CENSOS 2011 e dos resultados obtidos com o inquérito à habitação, os quais atualizam a informação proveniente do último recenseamento efetuado em 2001, assim como na evolução das tendências das políticas públicas que elegem, como desiderato prioritário, a reabilitação de edificado e de áreas urbanas. No entanto, apesar de esta orientação ser estratégica, e em virtude da publicação do Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril, do Ministério do Ambiente, que contrariamente ao que seria aconselhável e evolutivo isenta deste processo de requalificação qualquer exigência de conforto acústico, importa promover a qualidade de vida do cidadão, nas suas múltiplas dimensões económico-sociais. Neste sentido, entendeu-se ser altura de proceder à revisão deste livro, de modo a dar uma resposta mais completa a este desafio.

A presente edição do livro sobre reabilitação acústica mantém a estrutura da anterior, contendo, no entanto, aspetos adicionais, tais como, exemplos de soluções construtivas aligeiradas, legislação aplicável comentada, e uma ilustração gráfica mais apelativa. Neste âmbito, aproveito para demonstrar o meu agradecimento a Rita Martins, que produziu as imagens do Capítulo 10 e executou uma formatação do livro inicial. No entanto, adicionalmente, não obstante o anteriormente exposto, inclui-se uma seção (vd. 9.3) de comentário interpretativo à aplicação do decreto supra mencionado (DL53/2014), no sentido de clarificar o âmbito da sua aplicação.

Concomitantemente (vd. Capítulo 8), faz-se também referência ao método de classificação da qualidade acústica de unidades habitacionais, no sentido de valorar e qualificar as ações de reabilitação, contribuindo assim para reduzir os efeitos negativos da aplicação não ponderada do DL 53/2014.

O título deste livro designa-se por "*a acústica na reabilitação de edifícios*", o qual se afigura mais correto e apropriado para o objectivo proposto. Todavia, por questões de giria e simplicidade, adopta-se ao longo do desenrolar dos vários capítulos, a designação "*reabilitação acústica de edifícios*".

Espera-se que possa ser de utilidade e que contribua para a dinamização e qualidade dos processos de reabilitação dos edifícios.

O presente livro incide sobre os princípios gerais associados à reabilitação acústica de edifícios antigos e dos respetivos espaços envolventes, tendo por base a necessidade de manter a sua memória identitária, no sentido de perpetuar a cultura do espaço urbano associado.

Neste contexto, as considerações expostas neste documento dirigem-se fundamentalmente aos bairros antigos, cuja construção assenta em paredes resistentes e onde a compartimentação interior era realizada em paredes de tabique e pavimentos aligeirados de estrutura de madeira.

No entanto, tendo em atenção que houve muitos edifícios, da já designada época do betão armado, que não tiveram cobertura legal no campo da acústica (relembre-se que o País só teve corpo legal que consubstanciasse exigências funcionais de conforto acústico a partir de 1 de janeiro de 1988), é de manifesto bom senso estender a aplicabilidade consequente também aos edifícios mais recentes, mas anteriores à data mencionada.

Na realidade, fruto do desenvolvimento social e do aumento dos padrões de qualidade de vida, as cidades tradicionais, constituídas por aglomerados populacionais mais ou menos homogêneos, onde coexistiam, de forma equilibrada, zonas residenciais e comerciais e até pequena indústria, têm-se expandido substancialmente, ocupando manchas de território bastante alargadas e não devidamente planeadas.

Isto tem criado uma distribuição/organização territorial e administrativa materializada em novas centralidades e periferias, que se interligam por sistemas de transporte rápido e comunicações multimodais.

Como resultado mais evidentemente negativo deste processo expansivo, destaca-se o facto de se terem desertificado muitas zonas centrais das cidades e, muito especificamente, os núcleos urbanos mais antigos, os quais constituíam, até tempos bem recentes, o coração habitacional e comercial destas urbes, privilegiando-se as novas periferias dotadas de edifícios, equipamentos e infra-estruturas de nível superior.

O estado de despovoamento a que chegaram muitas zonas antigas das principais urbes nacionais é deveras preocupante. Com poucos habitantes para lhes dar vida, e maioritariamente algo idosos, estes espaços urbanos, enquanto tal, vão perdendo a sua essência de comunidade humana e de memória histórico-cultural. Pelo facto, é fundamental reabilitá-los, revitalizá-los e voltar a torná-los pólos de vivência inter-relacional e intergeracional. Mas, para que tal ocorra, é necessário criar condições para fazer regressar os que partiram e potenciar a vinda de novos usufrutuários.

A atenção dada a esta necessidade é cada vez mais crescente entre os vários intervenientes técnicos e atores políticos. A tal evidência também não é alheio o público em geral, que vê na opção por soluções de reabilitação, recuperação, remodelação e revitalização das zonas antigas das cidades a solução para um futuro mais saudável.

A corroborar o exposto, denota-se igualmente que os novos protagonistas da gestão autárquica começam a eleger a recuperação das zonas antigas das cidades como uma bandeira de capacidade de concretização de políticas urbanas sustentadas.

É, pois, tempo de protagonizar este desiderato e de assumir, sem dogmatismos, que as cidades, materializadas nos seus edifícios (sem esquecer as respetivas acessibilidades), necessitam de ser reabilitadas e revitalizadas, melhorando a sua qualidade, o seu conforto, a sua capacidade de sociabilização, num equilíbrio entre aquilo que devem oferecer e as exigências e padrões decorrentes das vivências atuais do género humano.

Neste enquadramento, de entre as múltiplas componentes ambientais que podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, situa-se a acústica, a qual, vista num sentido globalizante, envolve tecnologias de construção e qualidade de materiais que favorecem o conforto interior, mas também a aplicação de soluções urbanísticas e de gestão de ruído que contribuam para a melhoria do ambiente exterior.

Refere-se que este livro pretende ser um Guia de diretrizes que surge no sentido de fornecer linhas de orientação a projetistas, construtores, arquitetos, entidades licenciadoras e público em geral, sobre as melhores soluções/princípios de abordagem, ou vias de "ataque", associadas aos processos de reabilitação/ recuperação/remodelação, não pretendendo, pois, ser um manual de acústica teórica.

Pelo facto, e para esse efeito, este livro não dispensa a consulta da obra *Acústica de Edifícios*, onde, sim, se abordam com o devido detalhe científico e técnico, as metodologias de análise, avaliação e cálculo, necessárias para a execução de qualquer obra de reabilitação acústica.

Por último, importa destacar que este livro sobre reabilitação acústica se dirige fundamentalmente aos edifícios habitacionais, podendo, no entanto, alguns princípios metodológicos e processuais, serem transpostos/aplicados a outro tipo de edificado.

INTRODUÇÃO

A reabilitação designa toda a série de ações que se empreendem tendo em vista a recuperação e a beneficiação de um certo sistema funcional (normalmente edifício), conceptualizado à data de implementação para satisfação de determinados requisitos, voltando a torná-lo “habilitado” para novos usos, mas agora em conformidade com padrões exigências atuais, ou seja, de acordo com a definição conceptual comumente aceite:

todo o conjunto de operações dirigidas à conservação e ao restauro das partes significativas – em termos históricos e estéticos – de uma arquitetura, incluindo a sua beneficiação geral, de forma a permitir-lhe satisfazer a níveis de desempenho e exigências funcionais atuais.

Neste sentido, o objetivo fundamental da reabilitação consiste em solucionar deficiências e anomalias construtivas, ambientais e funcionais, perspetivando, simultaneamente, uma modernização e beneficiação gerais do objeto sobre o qual incide. No caso dos edifícios, isto corresponde à atualização da organização dos seus espaços, ao reforço de segurança e à melhoria das condições de conforto para os ocupantes, visando melhorar o seu desempenho e tornando-o apto para a sua completa e integral reutilização [9].

Neste contexto, e de uma forma mais global, pode estender-se a reabilitação a um conceito de reabilitação urbana que consiste na assunção de uma política urbanística que procure a requalificação da cidade existente, desenvolvendo estratégias de intervenção múltiplas e coerentes, destinadas a potenciar os valores socioeconómicos, ambientais e funcionais de determinadas áreas urbanas. Tais medidas têm a finalidade de elevar substancialmente a qualidade de vida das populações residentes, melhorando as condições físicas do seu parque edificado, os níveis de habitabilidade, infraestruturas, instalações e espaços livres de uso público, ou seja, revitalizando e qualificando as urbes.

De entre os vários tipos de reabilitação que se podem promover no campo do edificado – estrutural, organização de espaços, segurança contra incêndio, qualidade do ar, térmica, etc. –, é possível, analogamente, conceber-se uma reabilitação acústica, a qual deve, por princípio, ser sempre integrada e correlacionada com todos os outros tipos de reabilitação, quando tal se justificar.

SITUAÇÃO DO PARQUE EDIFICADO NACIONAL

O panorama das condições do parque edificado existente no País tem uma variabilidade relativamente grande, na medida em que a situação existente nos pequenos aglomerados urbanos de natureza mais rural é algo distinta da que ocorre nos grandes centros urbanos.

No primeiro caso, a degradação, ou o não-cuidado, dos edifícios (casas térreas ou com pouco desenvolvimento em altura) deriva mais do abandono desses locais enquadrados em processos migratórios internos ao País, do que propriamente em reestruturação urbanística, como acontece nas cidades de pequena, média e grande dimensão, onde as opções correspondentes assentaram mais em nova promoção imobiliária, fruto do desenvolvimento económico e social recente, originando crescimento explosivo das áreas metropolitanas e dos subúrbios associados para onde foram deslocados habitantes de baixos recursos económicos, gerando áreas urbanas fisicamente desqualificadas e sem identidade cultural, património identitário e coesão social.

Assim, de um ponto de vista de reorganização urbana, desenvolvimento harmonioso dos aglomerados sociais, e sustentabilidade futura, é, pois, prioritário melhorar as condições de vida das cidades e reverter situações como a ilustrada na Figura 2.1.



Figura 2.1: Exemplo de edifício degradado e com necessidades de reabilitação

Na Figura 2.3., apresenta-se, para os edifícios que foram identificados na Figura 2.2. como necessitando de obras de reparação, a amplitude genérica dessas mesmas obras (pequenas, médias e grandes).

Refira-se ainda que 6% dos edifícios existentes no País foram construídos antes de 1919 (situando-se cerca de 35% no Norte do País, 28% no Centro, 11% em Lisboa, 5% no Algarve, 16% no Alentejo, e 5% nas Ilhas).

Os edifícios construídos a partir da década de 40 apresentam, na sua esmagadora maioria, estrutura de betão armado, estimando-se em cerca de 47% do total (3,5 milhões de edifícios) os atualmente existentes com esse tipo de estrutura (Figura 2.4).

Quadro 2.1: Distribuição (em número de edifícios) do tipo de estrutura de construção dos edifícios recenseados no âmbito do Censos 2011

Tipo de estrutura da construção				
Betão armado	Paredes de alvenaria argamassada com placa	Paredes de alvenaria argamassada sem placa	Paredes de adobe, taipa, ou alvenaria de pedra solta	Outros
1 721 109	1 123 774	481 115	189 072	29 319

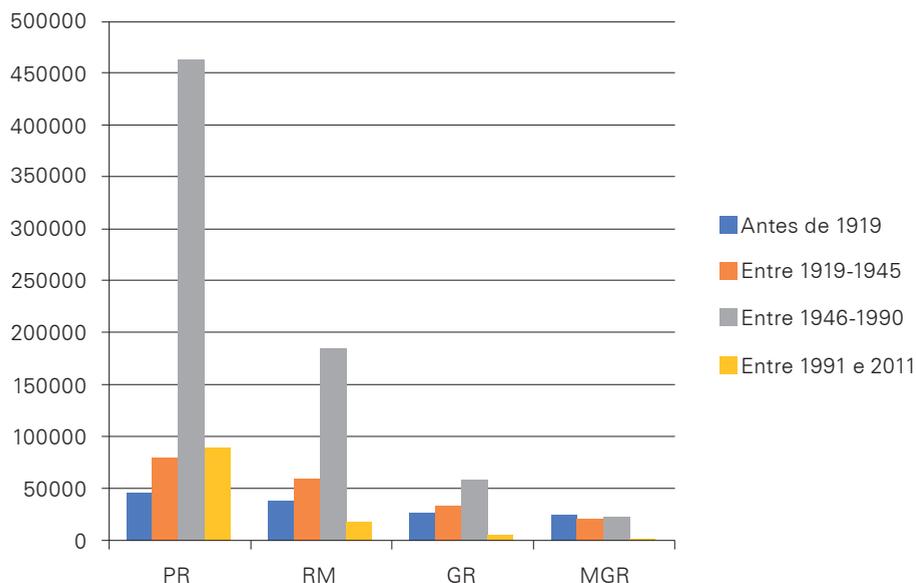


Figura 2.3: Distribuição, por época, da amplitude de reparação de edificado com necessidade de obras: Pequena Reparação (PR); Média Reparação (MR); Grande Reparação (GR); e Muito Grande Reparação (MGR).

Os restantes, cerca de 1,5% têm idade entre 55 e 90 anos e apresentam, presumivelmente, estrutura com base, essencialmente, em alvenaria resistente, integrando alguns elementos de betão armado (especialmente os construídos nas décadas de 30 e 40), conforme ilustra a Figura 2.5.

ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS: PARÂMETROS RELEVANTES

Numa perspetiva de condicionamento acústico de edifícios habitacionais e mistos, é necessário cumprir um conjunto de requisitos relativos ao isolamento sonoro entre espaços, tanto a sons aéreos como de percussão (vd. Figura 3.1), que se encontram dispostos na regulamentação aplicável ou em documentos programáticos específicos para determinadas tipologias de edificado.

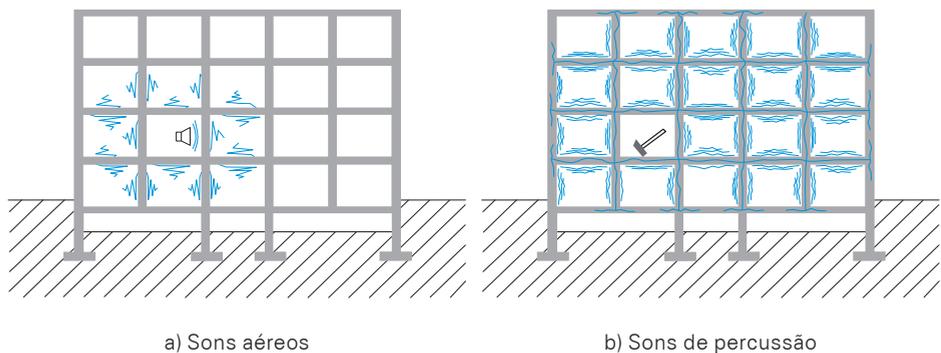


Figura 3.1: Ilustração do conceito de som aéreo e de percussão [Ref. 26]

Para efeitos de estabelecimento de condições acústicas mínimas, em termos de isolamento sonoro, a regulamentação existente e em vigor em Portugal apoia-se em três parâmetros caracterizadores (índices).

O primeiro destes parâmetros designa-se por $D_{2m,nT,w}$ e caracteriza, sob a forma de índice (valor único), a perda de energia sonora entre o exterior e os espaços interiores do edifício, proporcionada pelo elemento de compartimentação da envolvente exterior do edifício (fachada).

então em situações de desnível relativamente a corredores viários (rodo e ferro) que possibilitem estarem expostas a ruído exterior potencialmente elevado, como é o caso da situação exposta na Figura 3.3.



Figura 3.3: Edifícios cujas coberturas se encontram em condições de exposição desfavorável

O segundo parâmetro diz respeito ao índice de isolamento a sons aéreos, padronizado, que deve ser assegurado pelos elementos de compartimentação horizontal (pavimentos) e vertical (paredes) do interior do edifício. Designa-se por $D_{nT,w}$ e pretende traduzir a perda de energia sonora, no domínio da frequência, D_n (integrando a propagação por via marginal), conforme o descrito pela Equação (3.2.).

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad dB \quad (3.2)$$

onde:

L_1 : nível de pressão sonora médio no compartimento emissor;

L_2 : nível de pressão sonora médio no compartimento recetor;

T_0 : tempo de reverberação de referência (por norma, igual a 0,5 s);

T : tempo de reverberação do compartimento de receção, em s.

O terceiro e último parâmetro designa-se por $L'_{nT,w}$ e representa o índice que caracteriza o campo sonoro normalizado, no domínio da frequência, L'_{nT} estabelecido num determinado compartimento (espaço fechado), devido à ação de uma percussão normalizada (exercida normalmente num pavimento), pela radiação dos elementos de compartimentação que definem a envolvente desse espaço, conforme ilustra a Figura 3.1

O cálculo referente ao isolamento conferido por este tipo de sons, é efetuado em conformidade com o disposto pela Equação (3.3.).

$$L'_{nT} = L_r - 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad dB \quad (3.3)$$

onde:

L'_{nT} : representa o nível de pressão sonora médio padronizado, no compartimento recetor, em dB;

L_r : o nível de pressão sonora médio medido no compartimento recetor, em dB;

T : o tempo de reverberação do compartimento de receção, em s;

T_0 : o tempo de reverberação de referência (usualmente, igual a 0,5 s).

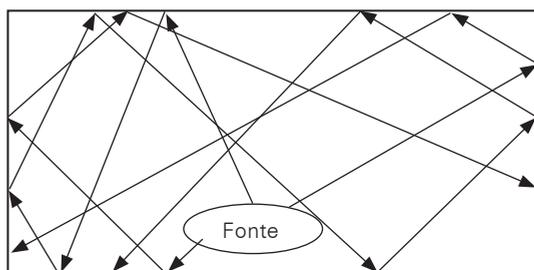


Figura 3.8: Reflexões estabelecidas num recinto fechado

Por definição, o tempo de reverberação de um recinto fechado, para uma determinada banda de frequências, corresponde ao intervalo de tempo necessário para que o nível de pressão sonora nessa banda de frequências, após ter sido interrompida a emissão de energia sonora, decresça de 60 dB, ou, de um ponto de vista energético, ao tempo que é necessário decorrer para que a densidade média da energia sonora existente no espaço em causa atinja um milionésimo do seu valor inicial.

Na Figura 3.19, ilustra-se este conceito, podendo denotar-se que, no caso exemplificado, o valor de T_r é de cerca de 3,2 s (3,8 s - 0,6 s). Como se pode verificar foi necessário decorrer este intervalo de tempo para que o nível de pressão sonora, na banda de frequências a que se refere o exemplo, decrescesse 60 dB (80 dB - 20 dB).

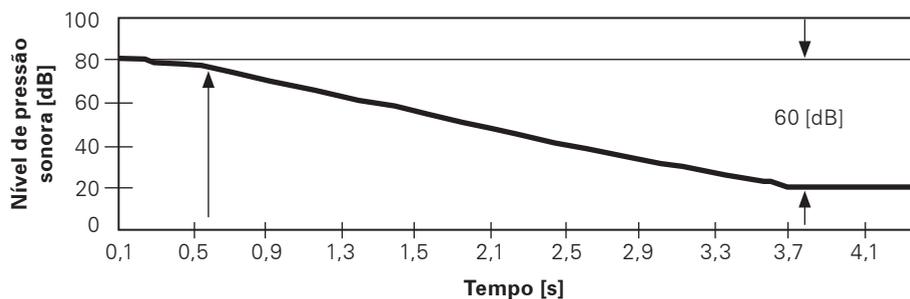


Figura 3.9: Ilustração do conceito de tempo de reverberação

Como se referiu, o valor do tempo de reverberação depende da frequência, da absorção sonora dos materiais que integram a envolvente exposta (revestimentos ou elementos definidores da compartimentação) e dos objetos existentes no recinto fechado.

Um dos tipos de locais onde é manifestamente notória a existência de tempos de reverberação elevados, e onde é manifesta a crítica em relação às condições de inteligibilidade, corresponde ao interior de estabelecimentos de restauração, cafés, cervejarias e áreas de utilização análoga, nas quais existem superfícies refletoras (paredes e tetos), constituídas muitas vezes na base de azulejaria, em reboco pintado ou integrando materiais similares.

REQUISITOS ACÚSTICOS DOS EDIFÍCIOS

Do ponto de vista do conforto acústico dos edifícios, as exigências correspondentes encontram tradução quantitativa num conjunto de índices que é necessário cumprir em qualquer projeto de licenciamento.

Estas exigências integram-se em três aspetos fundamentais:

- › Isolamento a sons aéreos dos elementos de compartimentação verticais (paredes), tanto interiores como exteriores (fachadas);
- › Isolamento a sons de percussão dos elementos de compartimentação horizontais;
- › Ruído de equipamentos e instalações.

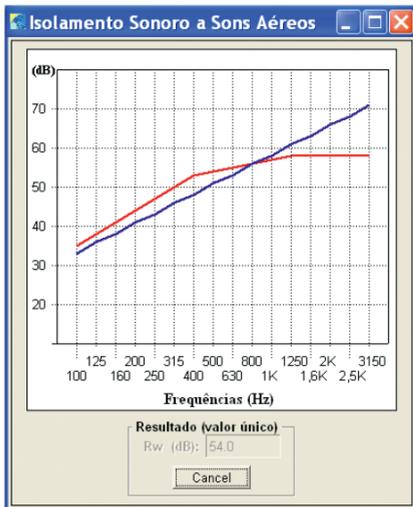
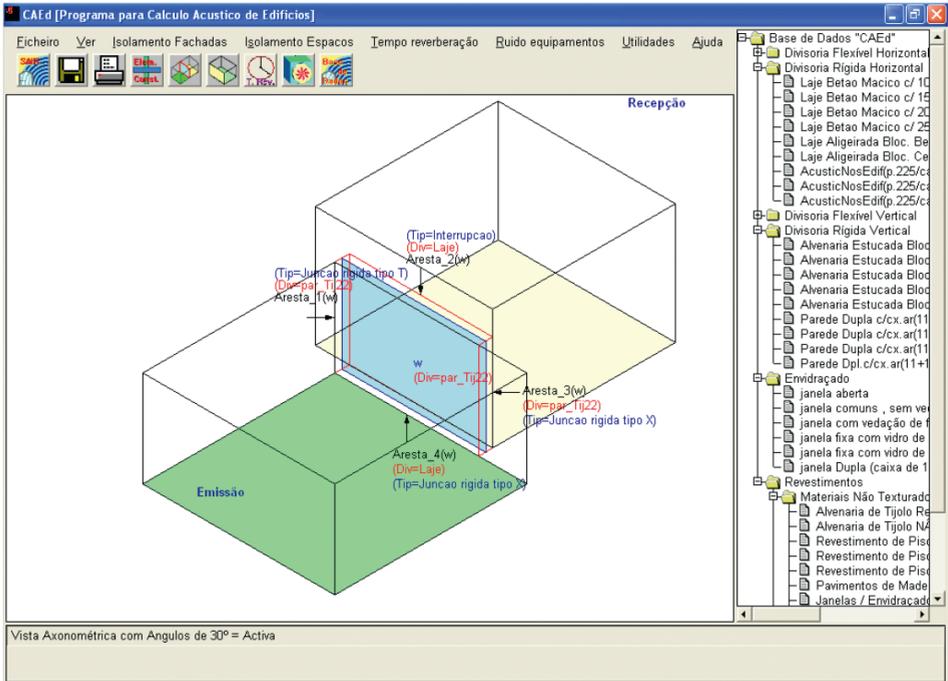
Note-se que estas exigências consideram como unidade primária a “proteger” a fração habitacional autónoma, no seu todo, ou seja, não se consideram requisitos entre espaços da mesma unidade. É neste contexto que não se preconiza legalmente qualquer exigência de isolamento sonoro entre espaços do mesmo fogo.

Refere-se também que o ruído de equipamentos e instalações está associado ao funcionamento de unidades ou sistemas coletivos (por exemplo, sistemas de escoamento de águas residuais, *corettes* de tubos de queda, elevadores, bombas sobrepessoras, unidades de climatização coletiva, etc.).

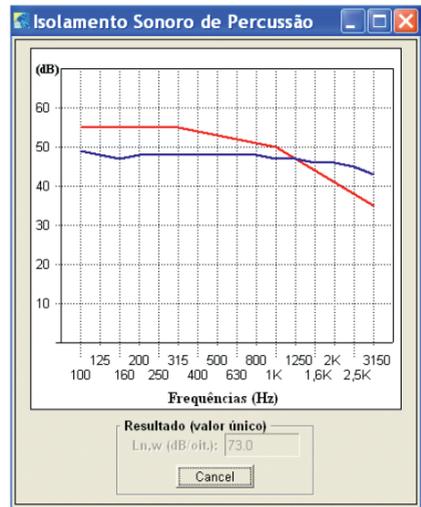
Assim sendo, as exigências referidas encontram-se dispostas no Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de maio, vulgarmente conhecido por “Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios”, [17], alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de Junho, respetivamente, para o objeto presente:

Do mesmo modo, podem ser utilizados programas de cálculo automático, de entre os quais se destacam os programas CAEd, ACOUBAT [11] e BASTIAN.

As Figuras 4.1. e 4.2. apresentam ilustrações demonstrativas das potencialidades do programa CAEd.



Parâmetro R_w segundo o método Elasto-Dinâmico



Parâmetro $L_{n,w}$ segundo o método de R. Josse

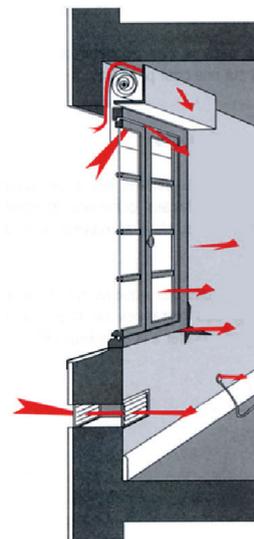
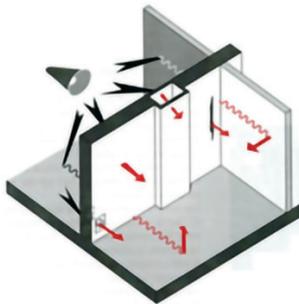
Figura 4.1: Página de entrada do programa CAEd

REABILITAÇÃO ACÚSTICA: PRINCÍPIOS GERAIS

No enquadramento exposto, os aspetos relevantes a ter em atenção numa perspetiva de reabilitação acústica dos edifícios inserem-se, fundamentalmente, na necessidade de verificação da conformidade regulamentar do edifício “corrigido” com a legislação em vigor à data do licenciamento da ação de reabilitação/recuperação/remodelação correspondente, excetuando o que se integrar em objetivos de natureza apenas programática, como sejam correções de natureza muito pontual (mudança de janelas, aplicação de outros/novos revestimentos de piso, etc.).

Neste sentido, deve ser verificado o seguinte [20]:

- a) O isolamento a sons aéreos entre fogos (tanto na horizontal como na vertical) e entre estes e o exterior (isolamento da fachada);



LINHAS ORIENTATIVAS PARA REABILITAÇÃO ACÚSTICA

6.1. Considerações Gerais

No âmbito de um processo de reabilitação acústica de edificado, primeiro que tudo, há, neste campo, uma fase de diagnóstico, de avaliação e de proposição de soluções corretivas, como anteriormente se referiu, tendo sempre presente, obviamente, a interligação entre as várias valências integrantes do processo de reabilitação e os aspetos económicos pertinentes. Este processo pode enquadrar-se no organograma da Figura 6.1. que se segue.

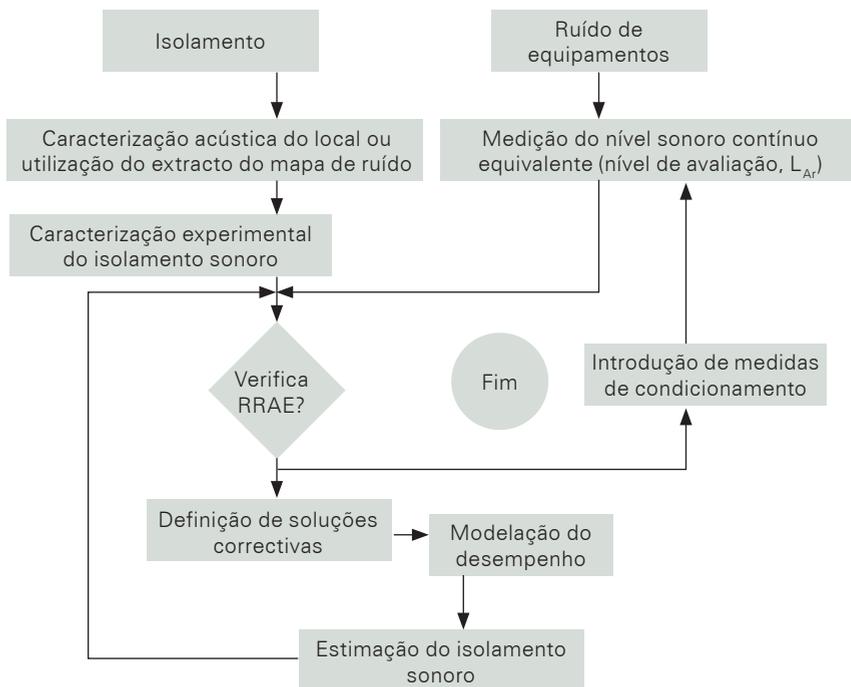


Figura 6.1: Sequência de procedimentos aconselháveis de seguir em ações de reabilitação

Neste sentido, deve-se:

Dispor os espaços de maior tranquilidade e sossego (quartos e zonas de estar) virados para as zonas exteriores menos ruidosas (ou seja, as opostas às vias de tráfego).



Evitar a colocação de espaços de fogos distintos, com vocação de uso diferenciada, adjacentes entre si (salas sobre quartos ou cozinhas anexas a salas ou quartos).



Evitar a adjacência de caixas de elevadores, ou outros tipos de equipamentos de carácter colectivo, com as zonas de concentração, repouso e sossego.



Na Figura 6.2: Apresenta-se uma ilustração esquemática de colocação de equipamentos de serviço coletivos, de forma a perturbar menos a tranquilidade e descanso dos utentes em zonas onde se exige tranquilidade e sossego.

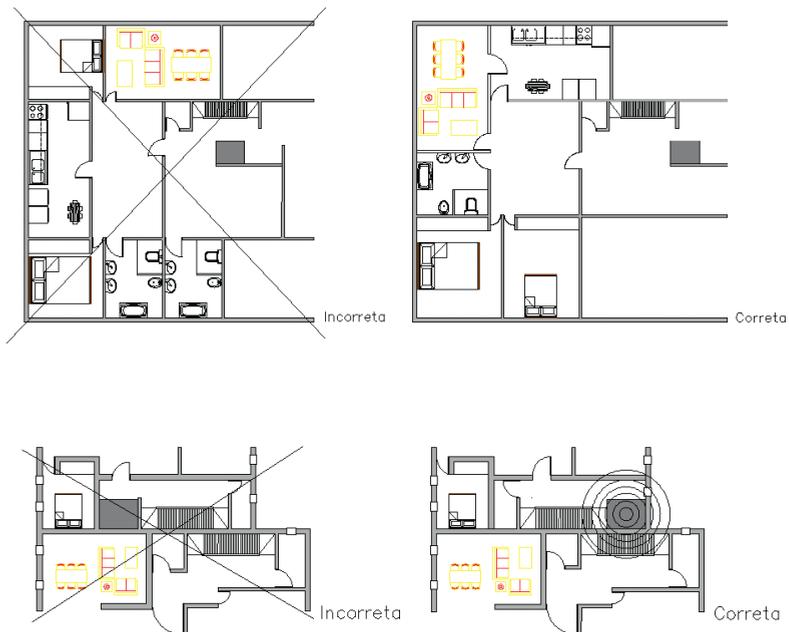


Figura 6.2: Ilustração esquemática de disposição de equipamentos para melhoria das condições de conforto acústico a) e de espaços funcionais b)[20]

res provenientes de ensaios realizados em condições laboratoriais, os quais permitem dar resposta às solicitações que um processo de reabilitação contempla.

Quadro 6.1: Índice de isolamento sonoro de janelas

Vidro simples		Vidro duplo		
Esp. (mm)	R_w (dB)	Tipo	Esp. (mm)	R_w (dB)
8	34	3-13-3	19	31
12	37	3-13-6	22	37
15	38	3-25-6	34	39
19	39	3-50-6	59	42

Como se verifica, o isolamento proporcionado pelas janelas, só por si, já cumpre na generalidade os requisitos regulamentares. Em geral, uma janela giratória tem desempenhos superiores a uma janela de correr a qual dificilmente poderá oferecer um isolamento muito superior a 35 dB (vd. valores típicos no Quadro 6.2).

Todavia, há que ter cuidados específicos com as caixas de estore e as grelhas de ventilação, que são normalmente os pontos fracos das fachadas. No sentido de não reduzir o isolamento sonoro das paredes exteriores proporcionado pelas entradas de ar deve ter-se em atenção que para o caso corrente de uma entrada de ar por compartimento, o valor do respetivo isolamento sonoro, $D_{n,e,w}$, deverá exceder entre 3 dB(A) e 6 dB(A) o isolamento sonoro pretendido para o sistema.

Se acaso a área de envidraçado corresponder a quase toda a área da fachada (e aí a reabilitação é de grande magnitude), deve ter-se especial atenção na escolha do tipo de janela para que se assegure adequado conforto acústico no interior.

Para áreas de maior magnitude há tendência para a escolha de janelas de correr que podem não ser suficientes para o cumprimento das disposições legais devido à sua maior permeabilidade ao ar. Pelo facto, e nesta situação, sugere-se a criação de um ou dois montantes a meio do vão, e optar alternativamente por janela giratória.

Quadro 6.2: Índice de isolamento sonoro de janelas duplas giratórias e de correr

Giratória			Correr		
Dimensões mm×mm	Vidro	R_w	Dimensões	Vidro	R_w
1230×1480	4-16-4	32	1480×1470	4-12-4	25
1230×1480	6-16-4	34	1480×1470	44.2-6-8	33
1230×1480	44.2-16-8	37	3500×2100	8-8-6	25
1480×1470	44.2-6-8	30	1500×1500	44.1-8-10	33
1780×2060	8-8-6	34	3000×2800	44.1-10-6	34

Analogamente, os novos sistemas de isolamento térmico pelo exterior – ETICS (*External Thermal Insulation Composites*), Figura 6.3 – têm normalmente um efeito pouco significativo em sistemas de compartimentação exterior que sejam algo pesados, como é o caso das paredes de alvenaria de tijolo maciço, ou furado com espessura superior a 20 cm, e também de alvenaria de pedra.

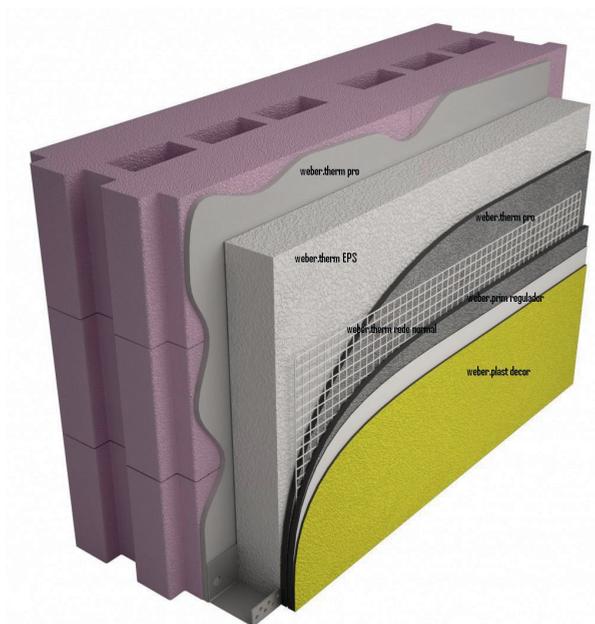


Figura 6.3: Exemplo de um sistema ETICS

No entanto, no que respeita a sistemas muito aligeirados, tal pode não ocorrer (dependendo das características do sistema), é provável que o seu contributo seja negativo no isolamento sonoro proporcionado pela fachada, na medida em que vão originar o posicionamento da frequência crítica do sistema global e originar que a compartimentação exterior sem ETICS tenha um índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea superior às que têm esses sistemas aplicados, variando esta diferença entre 3 a 6 dB e podendo em alguns casos específicos atingir até 8 dB.

O problema poderá ser parcialmente solucionado com a aplicação de sistema (ETICS) que possua uma adequada rigidez dinâmica e um valor de amortecimento interno bastante elevado.

Atento a esta evidência, e a outras correlacionadas, foi criado, no âmbito da EOTA “*European Organization for Technical Approvals*”, o *Project Team 11*, o qual tem como missão produzir linhas orientativas, visando a caracterização dos sistemas de construção, e estabelecer qual a parametrização mais adequada para descrever o desempenho acústico de um sistema, tanto a sons aéreos como de percussão, que tenha, por princípio, de cobrir várias valências de desempenho e diferentes requisitos funcionais nos edifícios.

Note-se que este sistema de compartimentação horizontal, apesar de aligeirado, proporciona um isolamento a sons aéreos e de impacto bastante razoável, derivando tal facto da existência de uma camada espessa de lâ mineral no tardo das placas de teto e na dessolidarização proporcionada pelos suspensores elásticos que suportam esse teto. Esta solução é aconselhável para espaços verticalmente adjacentes, em edifícios antigos.

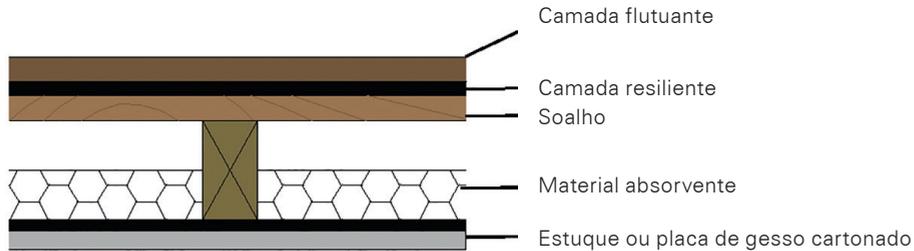
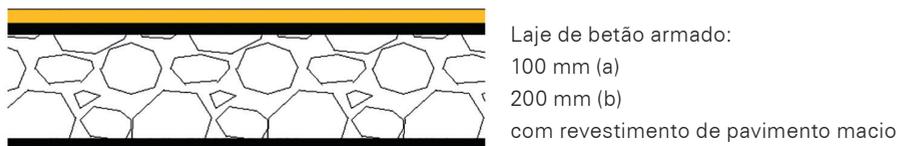


Figura 6.6: Pavimento de madeira com soalho: $R_w = 47 - 53 \text{ dB}$; $L_{n,w} = 60 - 65 \text{ dB}$

No caso de se utilizar como elemento de compartimentação horizontal uma laje maciça de betão armado, o problema coloca-se fundamentalmente no campo dos sons de percussão, dado que os sons aéreos são normalmente cumpridos pelo isolamento proporcionado pela massa superficial do pavimento, quando esta é superior a 300 kgm^{-2} (espessura de 0,12 m), ou seja, lajes com espessura de 0,14 m cumprem normalmente o estipulado na regulamentação em vigor, no que respeita a este tipo de sons, para as superfícies de compartimentação correntes.

Relativamente aos sons de percussão, ter-se-á obrigatoriamente de considerar a aplicação de revestimentos de piso resilientes (não há nenhuma laje não revestida que cumpra a regulamentação), ou, preferencialmente, adotar-se um sistema de pavimento flutuante, não contando quase nada qualquer aumento da espessura da laje de suporte de cargas.

Nas figuras seguintes apresentam-se algumas soluções típicas de compartimentação horizontal. Terá de ser dada particular atenção ao tipo de revestimento de piso para cumprir as exigências legais (vd. capítulo “Acústica de Edifícios: Parâmetros Relevantes”).



a) $R_w = 48 \text{ dB}$; $L_{n,w} = 60 - 65 \text{ dB}$

b) $R_w = 53 \text{ dB}$; $L_{n,w} = 60 - 65 \text{ dB}$

Figura 6.7: Desempenho de pavimento de betão comum

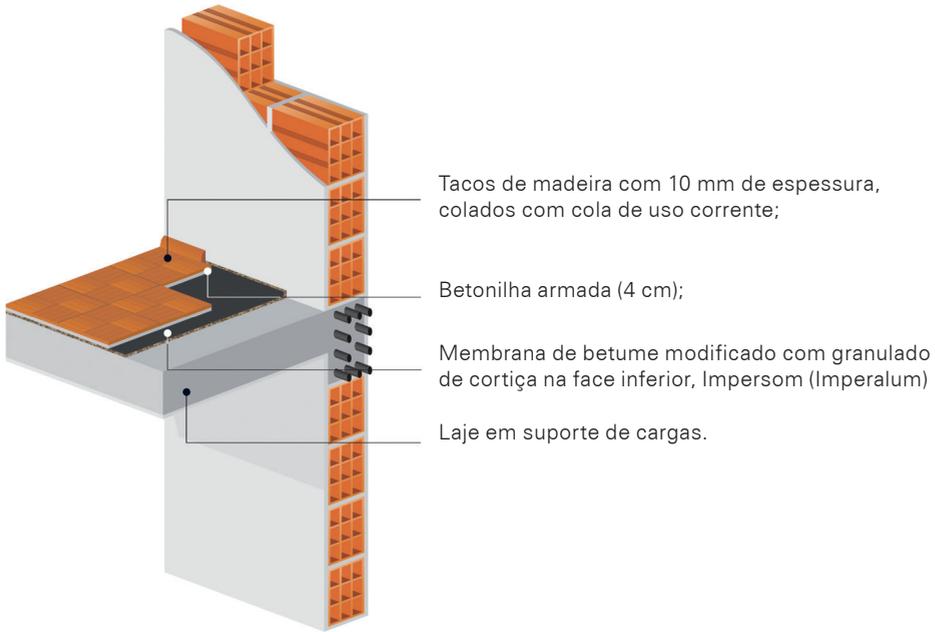


Figura 6.10: Sistema flutuante, com atenuação $\Delta L_{n,w} = 24$ dB [Ref. 26]

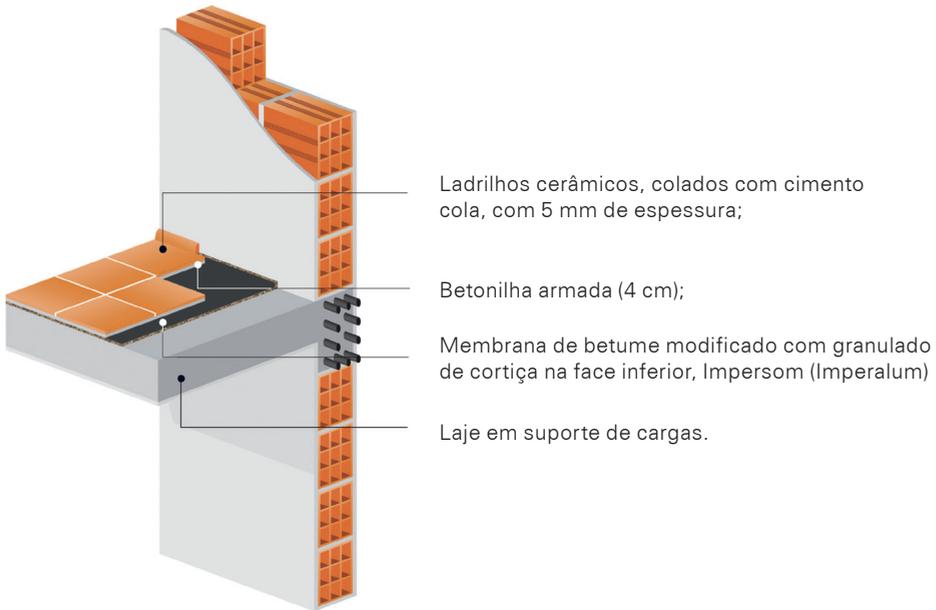


Figura 6.11: Sistema flutuante, com atenuação $\Delta L_{n,w} = 22$ dB [Ref. 26]

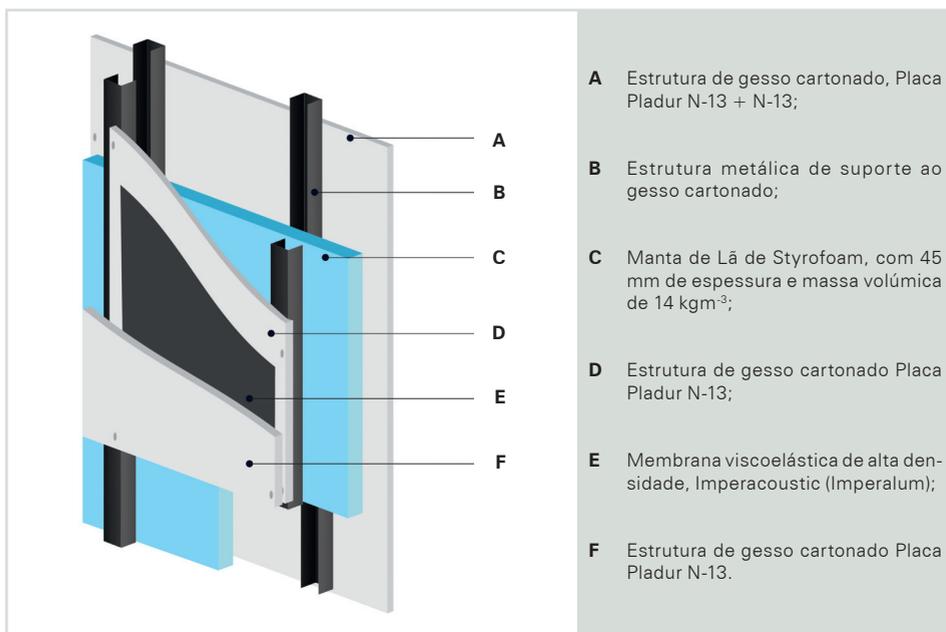


Figura 6.18: Sistema de parede dupla com índice de redução sonora $R_w = 55$ dB [Ref. 26]

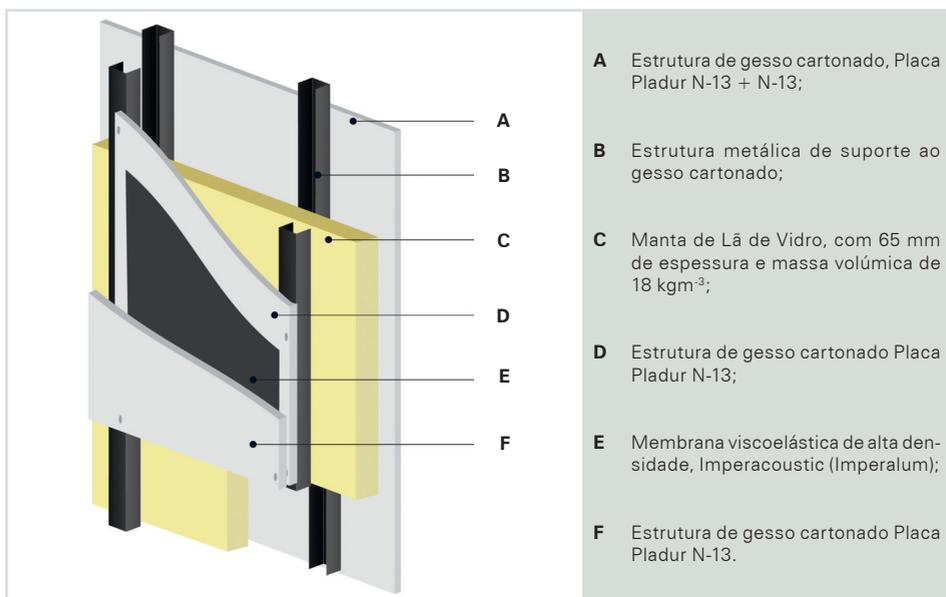


Figura 6.19: Sistema de parede dupla com índice de redução sonora $R_w = 56$ dB [Ref. 26]

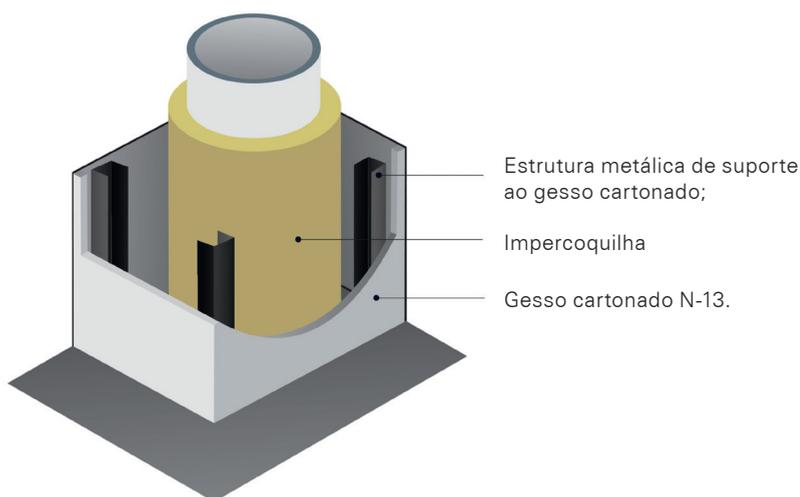


Figura 6.25: Sistema de proteção de instalações de escoamento e abastecimento de águas [Ref. 26]

Ainda neste âmbito, torna-se também necessário tomar precauções, quer a nível do projeto, quer da execução, destacando-se as seguintes:

- › Colocar os aparelhos sanitários junto das paredes que não estejam contíguas a zonas de estar ou dormir e, se possível, torná-los independentes da estrutura do edifício;
- › Proceder ao isolamento das canalizações ou dos seus suportes, sobretudo quando se trate de paredes meeiras entre fogos;
- › Utilizar tubagem com parede espessa.

Devem ser tidos cuidados similares para o caso de instalação no edifício de equipamentos eletromecânicos, nomeadamente nas zonas de apoio ou de ligação à compartimentação do edifício, visando minorar a propagação das vibrações induzidas pelo seu funcionamento, as quais se podem traduzir em radiação de ruído em vários pontos do edifício (vd. Figura 6.26. [20]).

Nesta situação, deverá recorrer-se ao uso de apoios antivibráticos, com frequências de corte corretamente dimensionadas.

Os problemas de propagação de ruído devido ao funcionamento de equipamentos eletromecânicos derivam também muito do estado global dos sistemas respetivos, nomeadamente no que respeita à degradação dos componentes e à falta de manutenção periódica adequada. Por esse facto, a reabilitação acústica, não se dirigindo apenas às soluções de compartimentação, ou seja, estando também a eles associada, deve ter em manifesta prioridade a avaliação do estado de desempenho dos equipamentos e da sua interligação com as vias preferenciais de propagação de ruído e vibrações.

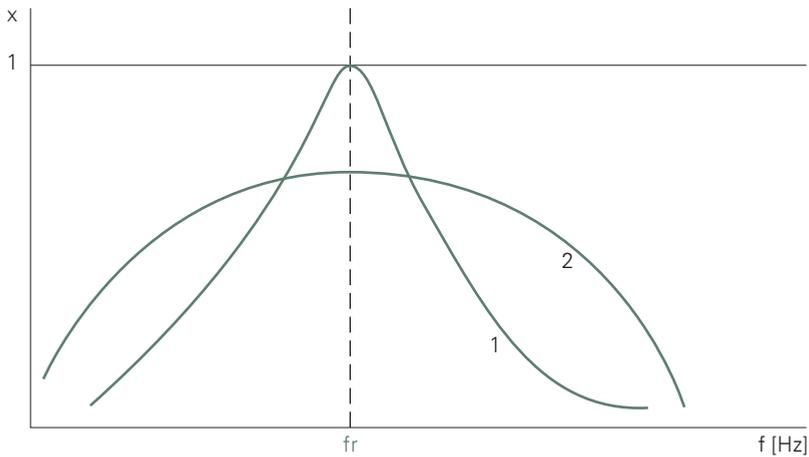


Figura 6.28: Ilustração da seletividade de um painel ressonante

Na Figura 6.29, apresenta-se um conjunto de painéis para correção acústica de espaços, os quais contemplam um aspeto estético de franca agradabilidade e forma, recorrendo à distribuição de ranhuras que favorecem a absorção sonora, desenvolvidos pela firma TécnicaWood.

De um ponto de vista teórico as correções das condições de reverberação podem efetuar-se colocando material absorvente sonoro em qualquer superfície, desde que tal não viole os pressupostos de Sabine (absorção sonora razoavelmente distribuída na superfície envolvente).



Figura 6.29: Painéis com estética inovadora para correção acústica interior

No entanto, na prática, é mais corrente dispor sistemas ou materiais absorventes sonoros no teto e na metade superior das paredes. Tal aspeto é de importância crucial em certo tipo de estabelecimentos de restauração, onde há muitas vezes necessidade de garantir condições de limpeza nas paredes sem comprometer a eficácia da absorção sonora.

AMBIENTE EXTERIOR

7.1. Introdução

Quando se fala em ações de reabilitação, pensa-se genericamente quase sempre em bairros históricos e em edifícios degradados. Invariavelmente, esta tendência também se verifica quando se trata de reabilitação acústica, na qual os aspetos consequentes se associam ao desenvolvimento de processos que tenham a ver com a adaptação do desempenho dos edifícios a reabilitar ao disposto no corpo legal aplicável. No entanto, este tipo de reabilitação é muito mais vasto do que aquilo que possa parecer, tendo que ser enquadrado numa realidade muito mais alargada do que a dirigida à simples unidade edificada.

Numa perspetiva de reabilitação do conforto acústico dos indivíduos relativamente à sua envolvente, além do adequado desempenho acústico da unidade edifício (envolvente restrita), a qualidade da componente acústica do ambiente exterior é fator fundamental no seu ambiente global. É por isso que o planeamento urbanístico, traduzido na disposição do edificado, das vias de acesso rodoviárias e ferroviárias, da localização das zonas verdes, etc., assume importância relevante.

A acústica, entendida na sua abrangência como uma ciência que intersecta várias disciplinas e engenharias, tem por objetivo último a criação de condições de conforto, no seu sentido mais lato, para o recetor indivíduo. Neste sentido, afigura-se naturalmente ilógico conceptualizar-se um modelo sistémico de apreciação das condições de qualidade da vivência humana que consubstancie a dissociação da realidade edifício com a sua envolvente. Assim sendo, numa linha de reabilitação acústica global, importa ter sempre presente a necessidade de efetuar uma avaliação integrada de todos os aspetos com relevância interveniente.

Por outro lado, também é de senso comum que a fonte de ruído mais significativa associada ao ruído ambiente exterior é o tráfego rodoviário, salvo situações mais excecionais como sejam as de edifícios situados na proximidade de vias-férreas ou aeroportos.

7.2. Propagação em zonas urbanas

Contrariamente às áreas de campo aberto, nas quais as aglomerações evoluem numa envolvente alargada, na maior parte dos casos, consolidada *a posteriori*, as zonas urbanas, típicas das cidades a reabilitar, devem ser alvo de uma atenção muito especial.

Isto porque os parâmetros identificadores das características das fontes sonoras são, normalmente, menos estacionários do que quando em campo livre (e.g.: variações de velocidade mais acentuadas, conduções transientes, etc.). De um ponto de vista de ruído urbano, o instrumento de apoio ao planeamento e gestão urbanística, assim como das valências correlacionadas, mais comumente considerado para o efeito, é o Mapa de Ruído.

Na Figura 7.3. apresenta-se um mapa de ruído típico de zona urbanizada.

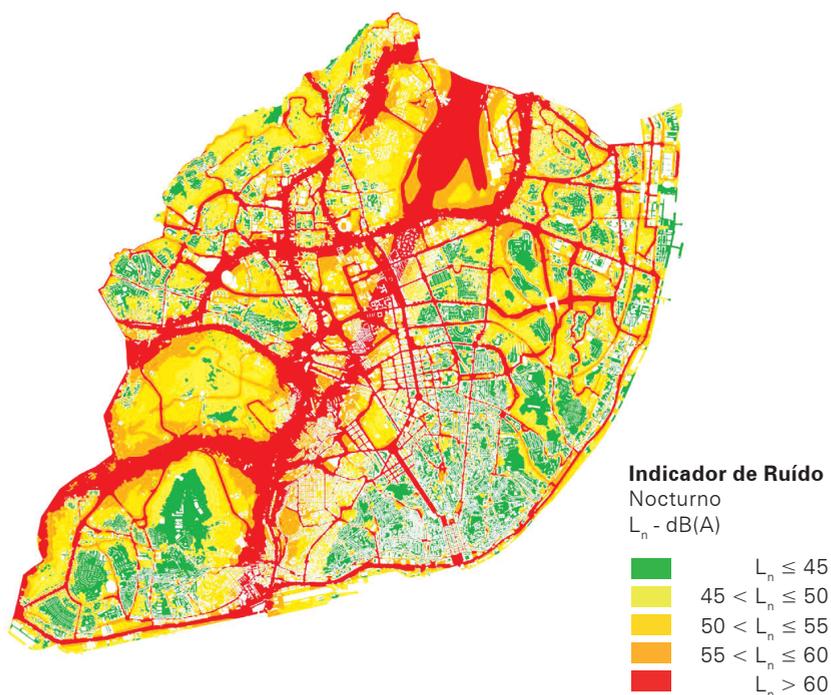


Figura 7.3: Mapa de ruído (Lisboa)

Analogamente, a propagação sonora é condicionada por uma grande variação dos perfis de vento locais, muitas vezes criados pela orientação específica dos edifícios da aglomeração urbanística (*street canyons*).

Este tipo de oscilações e particularidades devem constar no mapa de ruído respetivo de forma a que a representação quantitativa e qualitativa da área urbana de interesse seja a tradução mais ou menos fidedigna da realidade existente.

Muito embora a avaliação da exatidão dos cálculos associados à produção do mapa de ruído possa ser efetuada com base em medições dos níveis sonoros realmente existentes,

ASPETOS COMPLEMENTARES

No processo de análise do isolamento sonoro, importa ter em atenção o seguinte:

- › Relativamente aos sons aéreos, o parâmetro de caracterização, constante nas figuras anteriores com exemplos quantificados de isolamento sonoro, é designado por R_w . No entanto, o índice regulamentar é o parâmetro $D_{nT,w}$. Tal facto obriga a converter R_w em $D_{nT,w}$ com base na relação anteriormente apresentada - $D_{nT,w} = R_w + 10 \log (0,32V/S)$, sendo S a superfície de separação entre os compartimentos em causa e V o volume do compartimento de receção. Infere-se desta igualdade que, quando V é aproximadamente igual a 30 m^3 , o valor do isolamento real, **in situ**, é igual ao constante nos boletins de ensaio ou folhetos comerciais e também igual ao isolamento sonoro normalizado. Todavia, qualquer problema daqui derivado não deve ser corrente no parque a reabilitar devido às reduzidas dimensões das adjacências entre compartimentos (tanto na vertical como na horizontal), assim como de volumes interessados. Para os sons de percussão deve -se efetuar a padronização do índice laboratorial, ou de modelo analítico correspondente para a situação **in situ** [$-10 \log(0,0032V)$]. Atente-se que o ruído particular de equipamentos tem um processo de padronização idêntico ao usado para os sons de percussão.
- › No que respeita aos isolamentos globais é importante ter particular atenção à transmissão marginal, a qual pode comprometer a verificação regulamentar. Normalmente, este efeito é desprezável nas fachadas, mas deve ser tido em conta nas outras inter-relações. Relativamente aos sons aéreos, uma estimação de perda de 3 dB de isolamento é bastante comum em paredes e lajes pesadas. Na circunstância, o valor de $D_{nT,w}$ terá de ser “calculado” para 3 dB acima do valor regulamentar. No que concerne aos sons de percussão esta perda é, em média, de 2 dB. Analogamente, o valor de $L'_{nT,w}$ tem de ser “calculado” para 2 dB abaixo do exposto no texto legal aplicável.
- › Não existem exigências regulamentares entre espaços interiores da mesma habitação. Todavia, é aconselhável que, pelo menos, se utilizem soluções de compartimentação que

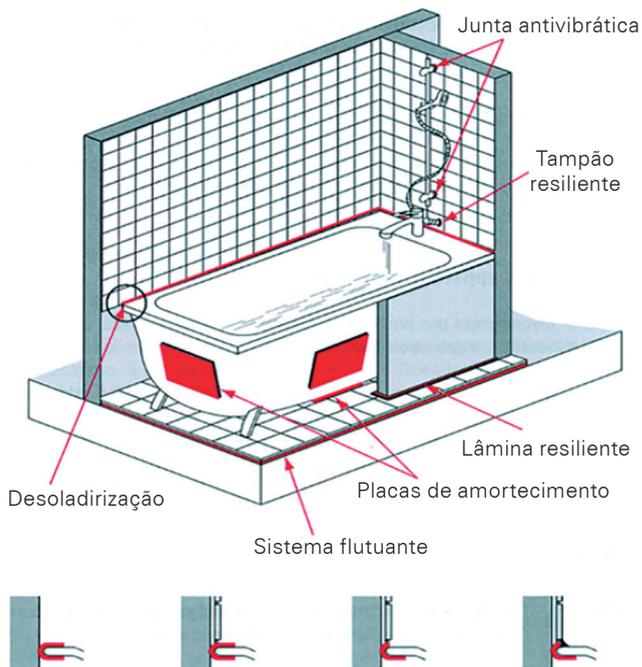


Figura 8.3: Pormenor C: dessolidarização entre superfícies rígidas [20]

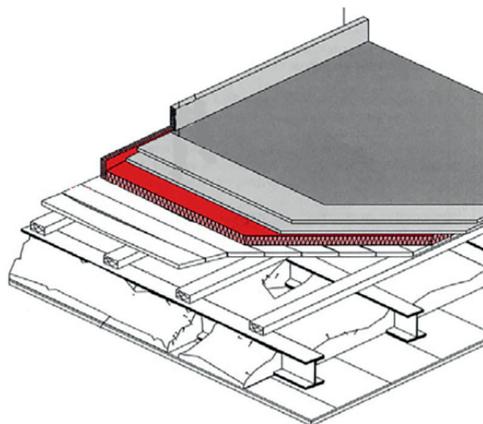


Figura 8.4: Pormenor D: Solução de compartimentação horizontal de edifício antigo [20]

Analogamente, apresenta-se nas figuras seguintes algumas soluções gerais de isolamento sonoro. Na Figura 8.5 contemplam-se elementos de compartimentação horizontal (divisórias) e na Figura 8.6, os elementos de compartimentação vertical, pavimentos.

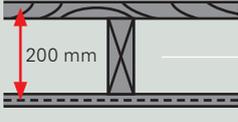
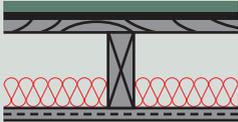
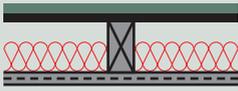
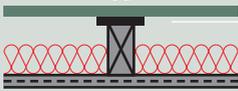
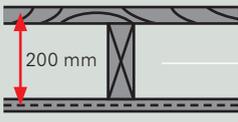
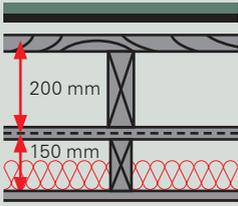
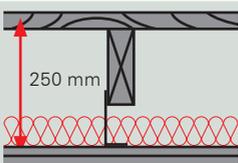
Pormenores Construtivos	Sons Aéreos R_w	Percussão L_{nw}
 <p>Pavimento / tecto existentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Soalho (18 mm) - Barrote - Estuque (12,5 mm) <p>35 – 40 dB</p>	80 – 85 dB
	<ul style="list-style-type: none"> - Camada flutuante - Camada resiliente - Soalho - Material absorvente - Estuque ou placa de gesso cartonado <p>50 – 58 dB</p>	55 – 60 dB
 <p>ou</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Camada flutuante - Camada resiliente contínua - Material absorvente - Estuque ou placa de gesso cartonado <ul style="list-style-type: none"> - Camada flutuante - Elemento resiliente - Material absorvente - Estuque ou placa de gesso cartonado <p>47 – 53 dB</p>	60 – 65 dB
 <p>1. Pavimento / tecto existentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Soalho (18 mm) - Barrote - Estuque (12,5 mm) <p>35 – 40 dB</p>	80 – 85 dB
 <p>2. Sistema de tecto falso, com placa de gesso cartonado denso de 12,5 mm, espaço de ar de 150 mm contendo 80 mm de lã de vidro/mineral</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Camada flutuante - Soalho - Estuque - Lã de vidro - Placa de gesso cartonado denso (12,5 mm) <p>58 – 60 dB</p>	60 – 70 dB
<p>3. Tal como a solução 2, mas com 2 placas de gesso cartonado de 12,5 mm</p>	<p>58 – 63 dB</p>	60 – 65 dB
 <p>4. Sistema com 2 camadas de gesso cartonado denso de 12,5 mm, com suspensores metálicos fixos ao barrote, espaço de ar de 250 mm contendo 80 mm de lã de vidro / mineral</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Soalho - Lã de vidro mineral - Placa de gesso cartonado denso (12,5 mm) <p>47 – 53 dB</p>	60 – 65 dB

Figura 8.6: Exemplos de tipologias de elementos de compartimentação vertical (pavimentos)

LEGISLAÇÃO APLICÁVEL COMENTADA

9.1. Artigos relevantes do Regulamento Geral do Ruído

CAPÍTULO I

Disposições gerais

Artigo 1.º

Objeto

O presente Regulamento estabelece o regime de prevenção e controlo da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações.

O presente diploma assenta na consagração de um preceito constitucional que visa a salvaguarda do bem-estar das populações. Enquadrado pela Lei de Bases do Ambiente, tem por objetivo estabelecer condições de vida adequadas, com base numa gestão e controlo eficazes da componente acústica do ambiente, de modo a permitir que a saúde da população exposta ao ruído não seja por ele prejudicada, as orientações e recomendações expressas pela Organização Mundial de Saúde (WHO) sejam observadas e seguidas.

Este objetivo assume importância particular, dado considerar-se que o agravamento da afetação da componente acústica do ambiente deriva diretamente do desenvolvimento das sociedades modernas, na forma de um “sub-produto” – o ruído -, ao qual se tem de prestar a devida atenção de molde a reduzir e minimizar a degradação do nosso ambiente sonoro. Consideração análoga é feita pelas instâncias europeias que, por considerarem a poluição sonora como uma agressão ambiental significativamente grave, promoveram a elaboração

5 – O edifício, ou qualquer das suas partes, é considerado conforme aos requisitos acústicos aplicáveis, quando, cumulativamente:

- O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m,nT,w}$ ou $D_{nT,w}$, acrescido do fator I no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar;
- O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$, diminuído do fator I no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar;
- O valor obtido para o nível de avaliação, $L_{A,r,nT}$, diminuído do fator I no valor de 3 dB(A), satisfaça o limite regulamentar;
- O valor obtido para o tempo de reverberação, T, diminuído do fator I no valor de 25% do limite regulamentar, satisfaça o limite regulamentar.

Anexo

Quadro II

[a que se refere o artigo 7.º, n.º 1, alíneas a), b) e c)].

Locais de receção – Locais de emissão	Sala de aula(*), de professores, administrativas	Bibliotecas e gabinetes médicos	Salas polivalentes
Sala de aula, professores, administrativas	≥ 45	≥ 45	≥ 45
Sala de aula musical, salas polivalentes, refeitórios, ginásios e oficinas	≥ 55	≥ 58	≥ 50
Berçários	≥ 53	≥ 55	≥ 48
Corredores de grande circulação (**)	≥ 30	≥ 35	≥ 30

(*) Incluindo salas de aula musical.

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

Quadro III

[a que se refere o artigo 7.º, n.º 1, alínea d)].

Locais	Tempo de reverberação (500 Hz – 2 kHz)
Salas de aula, bibliotecas, salas polivalentes e refeitórios	$T \leq 0,15 V^{1/3}$ [s]
Ginásios	(V. artigo 9.º)

V = Volume interior do recinto em causa.

SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DE REABILITAÇÃO E DETALHES RELEVANTES NO DESEMPENHO ACÚSTICO

No sentido de estabelecer, em obras de reabilitação acústica, as condições mínimas a nível de isolamento sonoro, é primordial que se adapte da melhor forma a solução de reabilitação à solução construtiva original. Desta forma, são apresentados neste capítulo algumas soluções construtivas possíveis de aplicar a casos de reabilitação específicos, bem como vários pormenores que se tornam relevantes no desempenho acústico dos sistemas aplicáveis.

De forma a que se consiga um bom desempenho acústico, tanto em obras de reabilitação como em novas construções, é primordial uma análise previa e detalhada das condições associadas à situação a atuar. Como já foi referido anteriormente, em obras de reabilitação o diagnóstico prévio da situação a reabilitar é de extrema importância, no sentido de adequar à mesma a solução corretiva mais ajustada, que se traduzirá numa melhor performance.

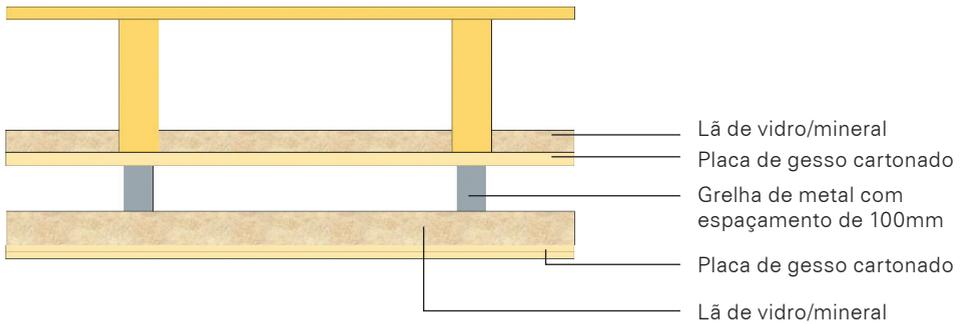
10.1 Soluções construtivas

Os exemplos de soluções construtivas de reabilitação descritos objetivam a representação de soluções aplicáveis de elementos de compartimentação vertical e horizontal de referência, que poderão servir de apoio no processo de intervenção do edificado, tanto a nível de isolamento a sons aéreos como de percussão.

As soluções apresentadas são de caráter genérico, não devendo ser assumidas como absolutas, na medida de que a melhoria pode ser dependente da solução construtiva inicial. São baseadas na aplicação de medidas simples, de elementos leves, não sendo abordadas quaisquer alterações estruturais.

São também expostas algumas situações reais em que tenha sido constatado um fraco desempenho acústico, e uma solução corretiva adaptável ao caso, que ultrapasse as carências evidenciadas.

Solução de reabilitação:

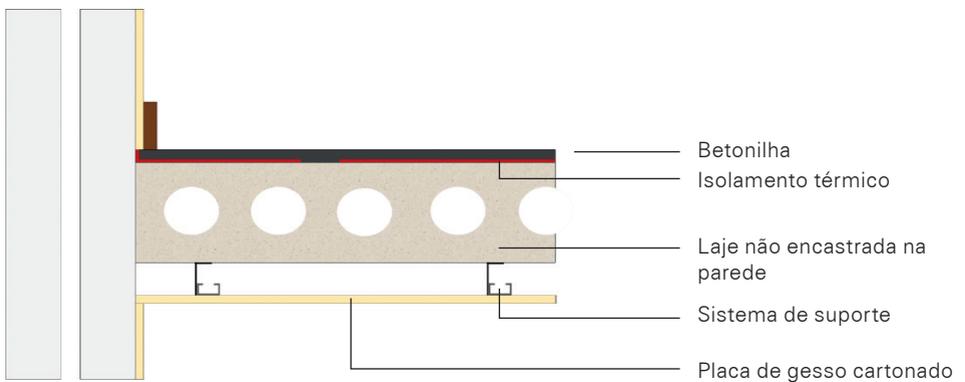


	$D_{nT,w}$ (dB)	$L'_{nT,w}$ (dB)
Solução construtiva original	45	65
Solução de reabilitação	55	56

Figura 10.2: Compartimentação horizontal aligeirada, entre fogs, com aplicação de teto falso [ref. 22]

10.1.3 Solução de reabilitação de sistema e compartimentação horizontal com laje não encastrada na parede

Solução construtiva original:

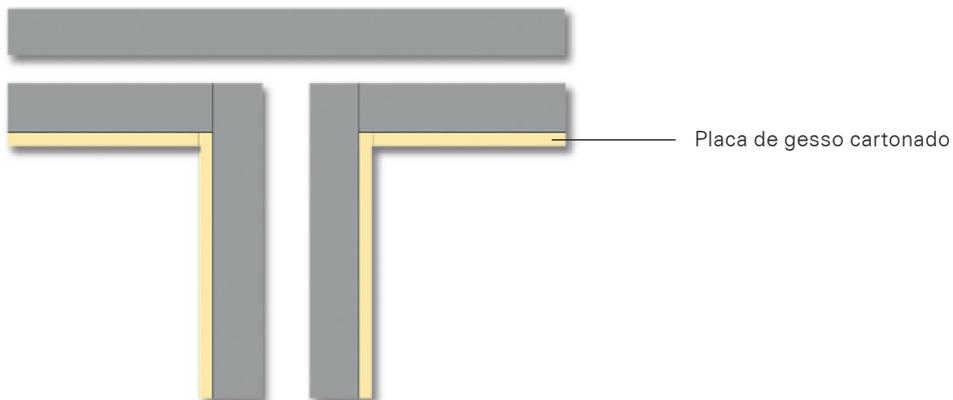


	$D_{nT,w}$ (dB)	$L'_{nT,w}$ (dB)
Solução construtiva original	42	67
Solução de reabilitação	55	44

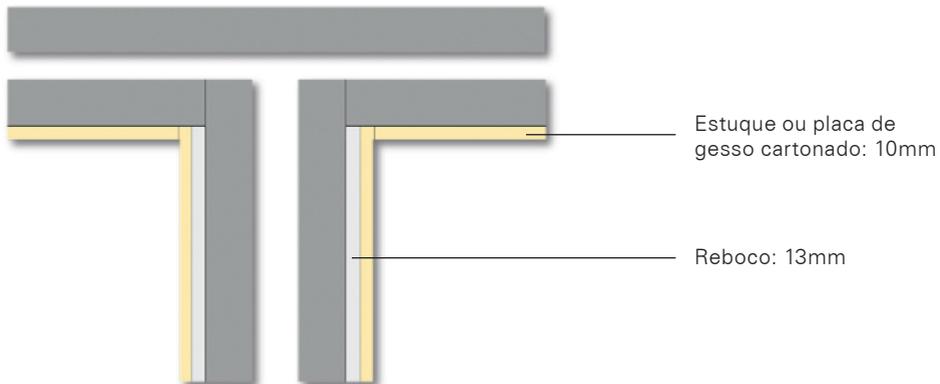
Figura 10.3: Compartimentação horizontal com laje não encastrada na parede [ref. 22]

10.1.7 Solução de reabilitação acústica de sistema de compartimentação vertical (parede dupla) de blocos maciços

Solução construtiva original:



Solução de reabilitação:

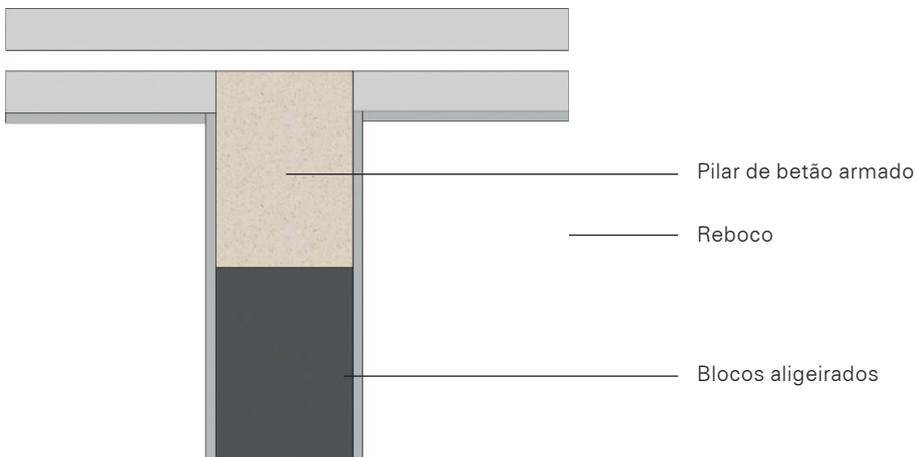


	$D_{nT,w}$ (dB)
Solução construtiva original	51
Solução de reabilitação	60

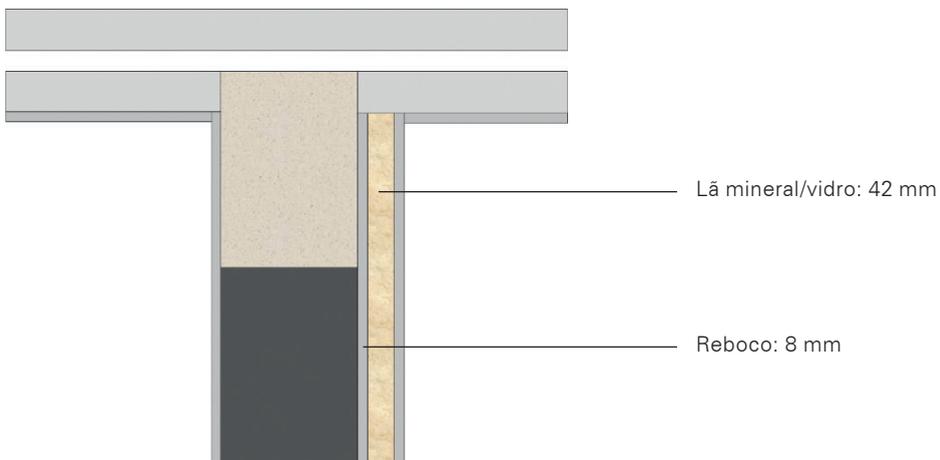
Figura 10.7: Compartimentação vertical (parede dupla), de blocos maciços [ref. 22]

10.1.8 Solução de reabilitação acústica de sistema de compartimentação vertical de blocos maciços, com fragilidade nas juntas ente o pano de bloco maciço e os pilares

Solução construtiva original:



Solução de reabilitação:

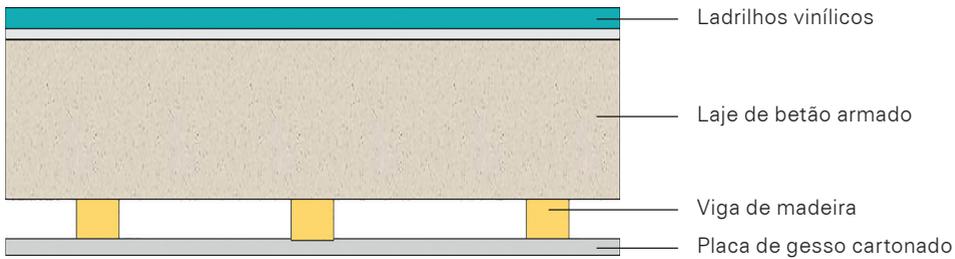


	$D_{nT,w}$ (dB)
Solução construtiva original	51
Solução de reabilitação	60

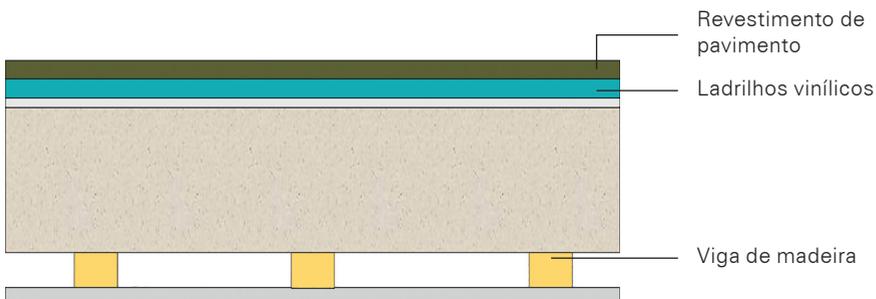
Figura 10.8: Compartimentação vertical de blocos maciços, com fragilidades nas juntas ente o pano de bloco maciço e os pilares [ref. 22]

10.1.10 Solução de reabilitação acústica de sistema de compartimentação horizontal entre fogos, com laje maciça de betão armado e revestimento de pavimento em ladrilhos vinílicos

Solução construtiva original:



Solução de reabilitação:

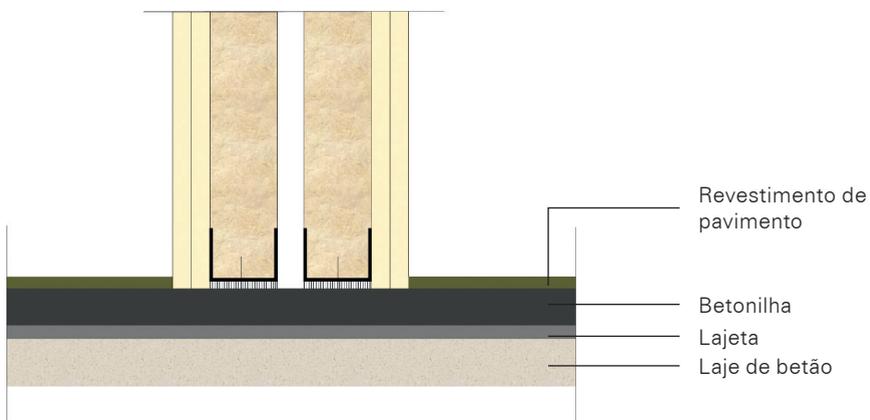


	$L'_{nT,w}$ (dB)
Solução construtiva original	66
Solução de reabilitação	45

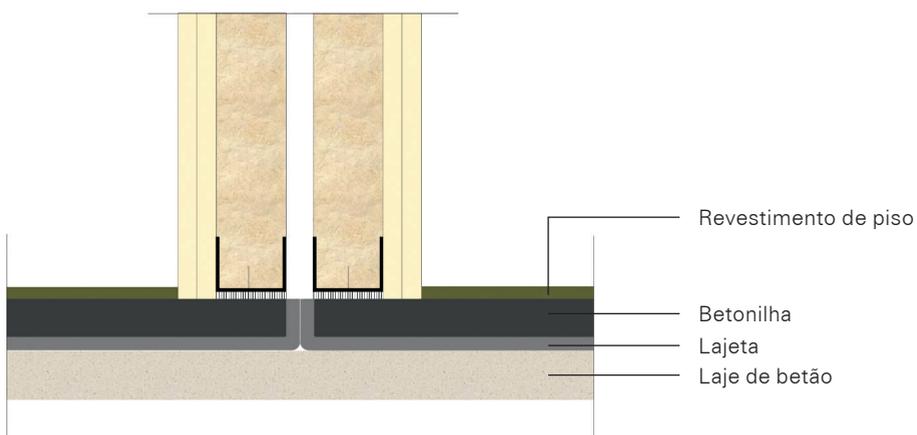
Figura 10.10: Compartimentação horizontal entre fogos, com laje maciça de betão armado e revestimento de pavimento em ladrilhos vinílicos [ref. 22]

10.1.11 Lajeta flutuante com continuidade entre salas adjacentes do mesmo piso

Solução construtiva original:



Solução de reabilitação:

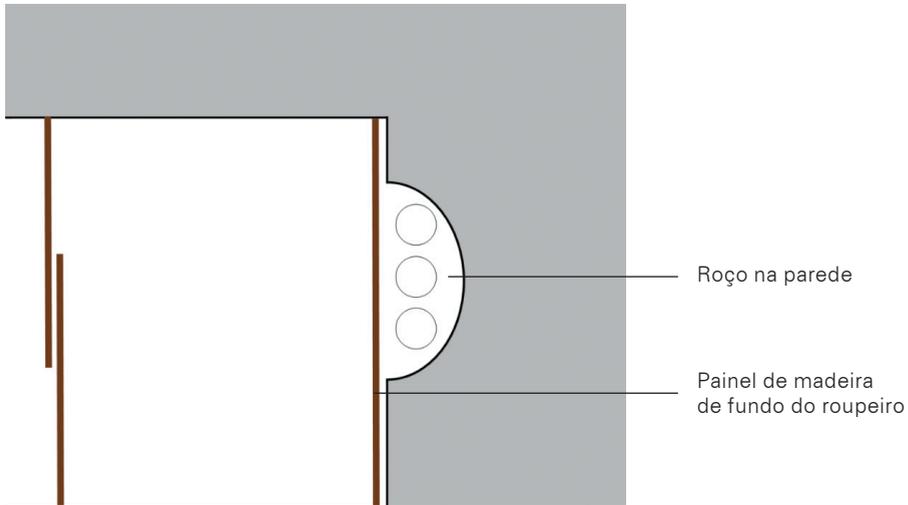


	$L'_{nT,w}$ (dB)
Solução construtiva original	74
Solução de reabilitação	43

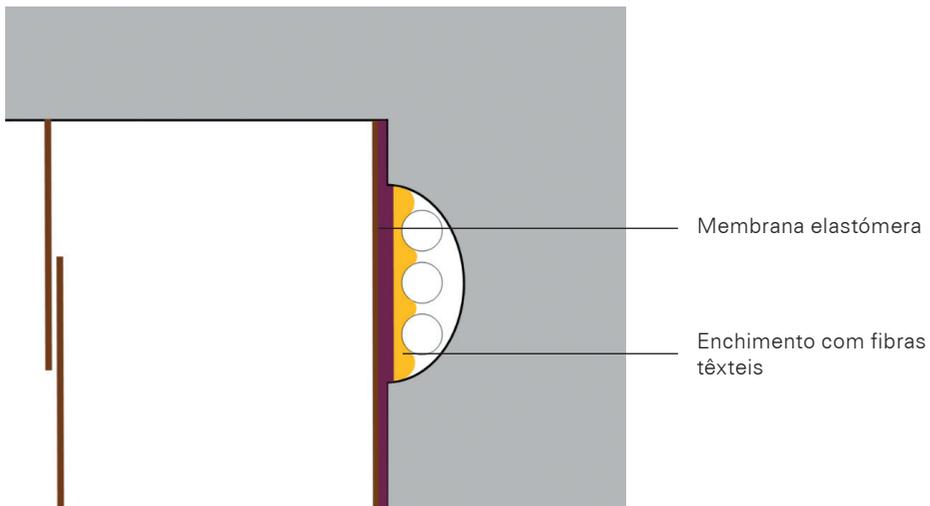
Figura 10.11: Lajeta flutuante com continuidade entre salas adjacentes (mesmo piso) [ref. 14]

10.1.12 Solução corretiva de quebra de isolamento em armário embutido pela presença de roço de grande dimensão parcialmente aberto

Solução construtiva original:



Solução de reabilitação:



	$D_{nT,w}$ (dB)
Solução construtiva original	43
Solução de reabilitação	47

Figura 10.12: Solução para quebra de isolamento, em armário embutido, pela presença de roço de grande dimensão, parcialmente aberto [ref. 14]

10.2 Pormenores Construtivos

Quando se trata da maximização do desempenho acústico de uma habitação, apesar da solução construtiva aplicada ser decisiva nos resultados finais, os pormenores da sua construção revelam-se igualmente importantes. Em situações em que, teoricamente a solução construtiva pela qual se optou seja a mais indicada, a sua incorreta aplicação prática pode levar a grandes decréscimos na performance esperada. Por esta razão, não deve ser descurada a fase de aplicação das soluções construtivas, devendo ser dada uma atenção redobrada no que toca a alguns pormenores considerados como relevantes em certos casos.

Apresentam-se alguns exemplos de soluções construtivas e alguns conselhos práticos e pormenores relevantes, que quando aplicados revelaram um desempenho a nível acústico satisfatório,

Sublinha-se novamente que as soluções aplicadas são genéricas, sendo que a sua performance pode estar condicionada por outros fatores característicos das condições da solução a reabilitar.

10.2.1 Solução de construção de compartimentação vertical – parede interior simples

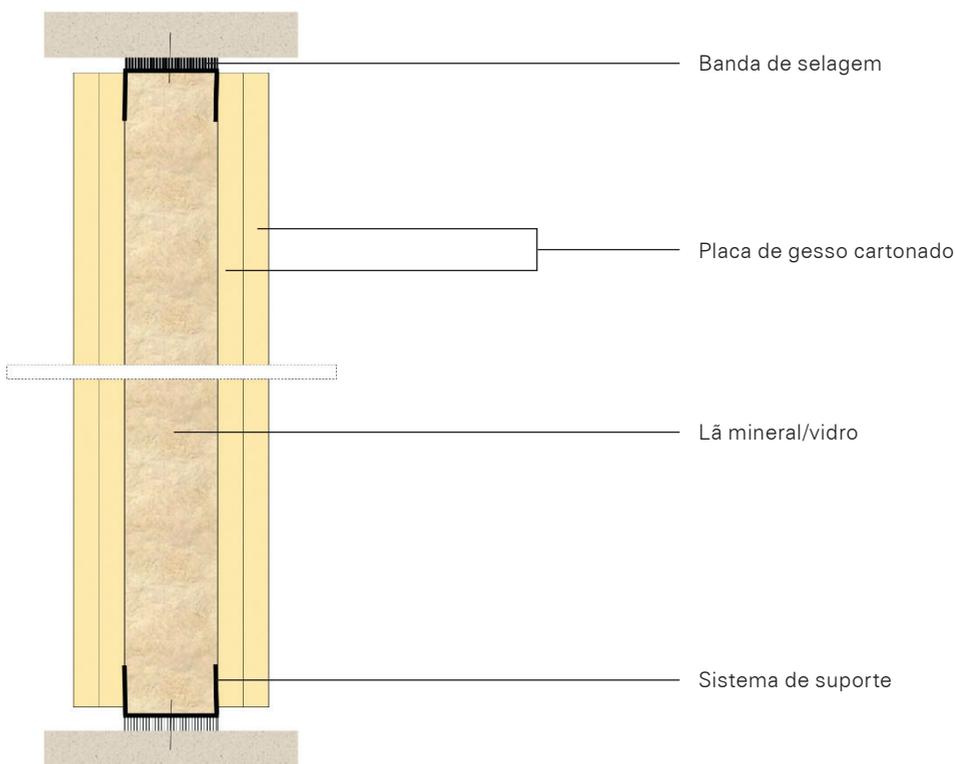


Figura 10.23: Compartimentação vertical – parede interior simples [Ref. 25]

10.2.2 Utilização de bandas elásticas

Recomenda-se que a camada de estuque esteja desligada dos pavimentos mediante a introdução de bandas elásticas.

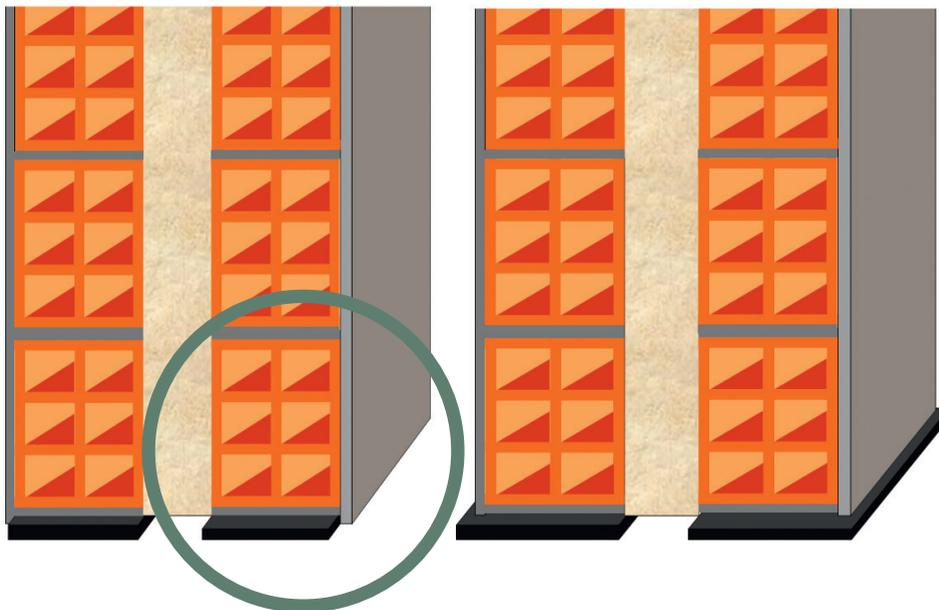
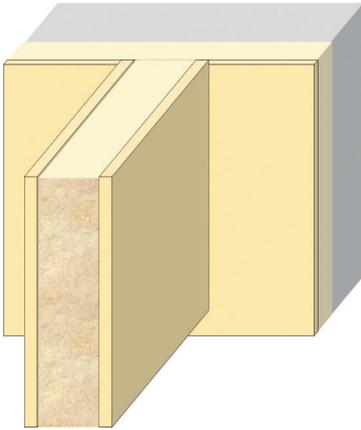


Figura 10.44: Utilização de bandas elásticas [Ref. 25]

10.2.24 Interseção entre elementos verticais e divisórias interiores – parede simples de placas de gesso cartonado

Recomenda-se que a intersecção de elementos verticais e divisórias interiores se execute conforme ilustrado na figura, sendo que a lã mineral de ambos os elementos também se devem intersetar.

Problema:



Solução:

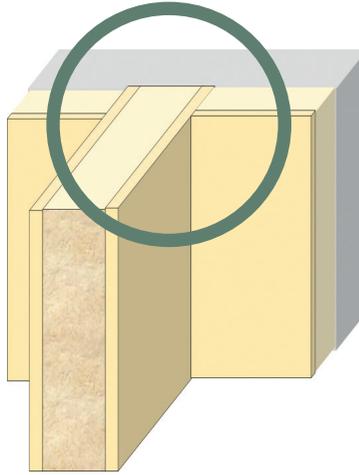


Figura 10.46: Interseção entre elementos verticais e divisórias interiores; parede de placas de gesso cartonado [Ref. 25]



imperacoustic
impersom
Imperimpact
impercoquilha

Soluções Acústicas Imperialum

 **imperialum** | 50 ANOS
SOCIEDADE COMERCIAL DE REVESTIMENTOS E IMPERMEABILIZAÇÕES, SA | A DESAFIAR O TEMPO

imperialum@imperialum.pt
www.imperialum.com

arena
Lã mineral

O natural
contra o ruído



Construimos o seu futuro

ISOVER
SAINT-GOBAIN

JORGE PATRÍCIO

a acústica na reabilitação de edifícios

4.ª EDIÇÃO

REVISTA É AUMENTADA

Sobre a obra

Um livro prático sobre os princípios gerais associados à reabilitação acústica de edifícios antigos e respetivos espaços envolventes. O autor aborda as questões fundamentais que um projetista ou um planificador deve ter presentes na avaliação de um edifício antigo bem como na seleção e implementação das ações de recuperação e beneficiação.

Para além dos requisitos legais aplicáveis, o autor aponta linhas gerais orientadoras para uma melhor abordagem e análise dos problemas existentes, nos vários domínios que os requisitos acústicos contemplam e ilustram-se, com pormenores construtivos, possíveis soluções corretivas a aplicar.

Sobre o autor

Jorge Viçoso Patrício

Engenheiro, Licenciado, Doutorado e Agregado em Engenharia Civil pelo IST – Instituto Superior Técnico, sendo atualmente investigador do LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Exerceu atividade docente na Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa, onde foi Professor Associado. Tem participado em numerosas conferências e encontros científicos, nacionais e internacionais, e tem ministrado, e organizado, múltiplas ações de formação avançada em Acústica.

Faz ainda parte do corpo de oradores convidados em cursos de mestrado e de programas doutorais de várias universidades nacionais.

É Presidente da Sociedade Portuguesa de Acústica e Presidente da EAA (European Acoustics Association), e membro da Comissão de Especialização em Engenharia Acústica da Ordem dos Engenheiros.

Apoio Institucional



Parceiro de Comunicação



Apoio à Edição



Também disponível em formato papel



ISBN E-Book

978-989-723-276-3

www.engebook.pt