



# DESEMPENHO ACÚSTICO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

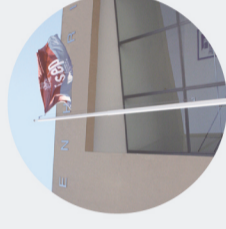
**JOÃO DAVID RIBEIRO DE VASCONCELOS**

novembro de 2017

**isep**

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

INSTITUTO SUPERIOR DE  
ENGENHARIA DO PORTO



isep

## DESEMPENHO ACÚSTICO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

DESEMPENHO ACÚSTICO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

**isep** Instituto Superior de  
Engenharia do Porto

JOÃO DAVID RIBEIRO DE VASCONCELOS  
Outubro de 2017

JOÃO DAVID RIBEIRO DE VASCONCELOS  
Outubro de 2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto ● Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 ● 4249-015 Porto  
Tel. +351 228 340 500 ● Fax +351 228 321 159 ● mail@isep.iupp.pt ● www.isep.iupp.pt

POLITÉCNICO  
DO PORTO



## **DESEMPENHO ACÚSTICO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS**

JOÃO DAVID RIBEIRO DE VASCONCELOS

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES**

Orientador: Eng<sup>o</sup> Duarte Barroso Lopes

Supervisor: Eng<sup>a</sup> Alexandra Correia Barbosa (Alfaengenharia)

**OUTUBRO DE 2017**



# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vii
Agradecimentos.....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas .....	xvii
Abreviaturas .....	xxi
CAPÍTULO 1    Introdução.....	1
CAPÍTULO 2    Estado da arte .....	5
CAPÍTULO 3    Isolamento sonoro dos elementos da envolvente exterior .....	19
CAPÍTULO 4    Isolamento sonoro dos elementos de separação .....	85
CAPÍTULO 5    Caso de estudo .....	119
CAPÍTULO 6    Considerações finais.....	141

*ÍNDICE GERAL*

Referências bibliográficas .....	143
ANEXO I – Exemplos de cálculo do desempenho acústico de paredes .....	145
ANEXO II – Ensaio de desempenho acústico em caixilharias.....	156

## RESUMO

O presente relatório pretende apresentar o trabalho desenvolvido ao longo do estágio curricular realizado na empresa Alfaengenharia, especialista em acústica de edifícios, sediada no Porto.

O principal tema abordado no presente documento é a acústica dos edifícios, nomeadamente, o seu isolamento sonoro a sons de condução aérea. Nesse sentido, foram catalogadas e estudadas várias soluções construtivas de caixilharia, vidros e paredes, sendo que, para cada solução é apresentado o respetivo desempenho acústico.

O caso de estudo, incide sobre dois edifícios de habitação unifamiliar aos quais é feita a verificação do isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar. Para cada um dos edifícios, são apresentados os respetivos cálculos realizados para garantir o cumprimento das exigências regulamentares estabelecidas no Regulamento Geral do Ruído (RGR) e o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE).

**Palavras-chave:** acústica, caixilharia, vidros, paredes.



## **ABSTRACT**

This report reflects the work carried out during an internship at Alfaengenharia. Alfaengenharia is a company based in Porto and specialized in acoustic projects for buildings.

The main theme of this document is the acoustics of buildings, in particular, the airborne sound insulation. Therefore, the different kind of window frame solutions, glazing and walls were inserted on tables and analyzed separately. Each different solution presents the corresponding acoustic performance and properties.

An acoustic performance on two residential buildings was developed in order to check the airborne sound insulation between the exterior and interior of the building (bedrooms and other partitions). For each building all the calculations are shown and described according with the Portuguese regulations - Regulamento Geral do Ruído (RGR) and Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios (RRAE).

**Keywords:**acoustics, frames, glazing, walls.



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à empresa Alfaengenharia e à Engenheira Alexandra Correia Barbosa, por me ter concedido esta oportunidade de estágio e por todos os conhecimentos transmitidos.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Engenheiro Duarte Barroso Lopes, pela sua disponibilidade e orientação durante todo este percurso.

Ao Engenheiro Marco Costa, colaborador da empresa Alfaengenharia, por toda a ajuda e apoio prestado ao longo do estágio.

À minha família, agradeço por todo o apoio sempre demonstrado ao longo de todo o meu percurso académico.



# ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos do estágio e expectativas .....	2
1.3	Organização estrutural do relatório.....	3
CAPÍTULO 2	Estado da arte .....	5
2.1	Noções gerais .....	5
2.2	Legislação aplicável.....	9
2.2.1	Regulamento Geral do Ruído (RGR).....	9
2.2.2	Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) .....	14
CAPÍTULO 3	Isolamento sonoro dos elementos da envolvente exterior .....	19
3.1	Caixilharias.....	20
3.1.1	Caracterização dos sistemas de caixilharias.....	23
3.1.2	Soluções de caixilharias.....	27
3.1.3	Observações .....	70

3.1.4	Condições técnicas de execução .....	71
3.1.5	Conclusões.....	72
3.2	Vidros .....	73
3.2.1	Soluções de vidros .....	74
3.2.2	Observações .....	83
3.2.3	Conclusões.....	84
CAPÍTULO 4	Isolamento sonoro dos elementos de separação .....	85
4.1	Isolamento sonoro a sons de condução aérea .....	85
4.1.1	Paredes.....	87
4.1.1.1	Paredes simples de alvenaria .....	88
4.1.1.2	Paredes duplas.....	90
4.1.1.2.1	Materiais de isolamento acústico em paredes.....	91
4.1.1.2.2	Paredes duplas de alvenaria .....	97
4.1.1.2.3	Paredes duplas mistas .....	100
4.1.1.2.4	Paredes duplas leves .....	102

4.1.1.3	Observações .....	109
4.1.1.4	Conclusões.....	113
4.1.1.5	Erros de execução.....	114
4.1.1.6	Condições técnicas de execução.....	116
CAPÍTULO 5	Caso de estudo .....	119
5.1	Descrição dos edifícios.....	119
5.2	Dimensionamento .....	125
CAPÍTULO 6	Considerações finais.....	141



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Propagação de sons aéreos e sons de percussão (Fonte: Imperialum).....	8
Figura 3.1– Sistema de batente com uma folha e com duas folhas (Fonte: Technal) .....	24
Figura 3.2– Sistema oscilo-batente (Fonte: Technal).....	24
Figura 3.3– Sistema de correr com duas folhas e com três folhas (Fonte: Technal) .....	25
Figura 3.4 – Sistema oscilo-paralelo (Adaptado de: [4]) .....	26
Figura 3.5– Sistema de correr elevatório (Adaptado de: [4]).....	27
Figura 4.1– Manta de lã mineral e painéis de lã mineral (Fonte: Isover).....	91
Figura 4.2- ALPHAROCK 225 (Fonte: ROCKWOOL) .....	92
Figura 4.3- TECSOUND 2FT (Fonte: TEXSA) .....	93
Figura 4.4- DANOFON (Fonte: DANOSA).....	94
Figura 4.5 - ACUSTIDAN (Fonte: DANOSA) .....	95
Figura 4.6- Aglomerado de cortiça expandido (Fonte: Amorim).....	96
Figura 4.7 –Estrutura simples (Fonte: Gyptec) .....	108
Figura 4.8–Estrutura dupla (Fonte: Gyptec) .....	109
Figura 4.9– Propagação do som através da parede (Adaptado de: [7]) .....	114
Figura 4.10– Erros de execução numa parede (Adaptado de: [7]) .....	115
Figura 4.11- Isolamento de aberturas para aplicação de caixas técnicas. (Fonte: Gyptec) .....	117
Figura 4.12- Desfasamento de elementos embutidos. (Fonte: Gyptec) .....	117

Figura 4.13- Selagem de aberturas para passagem de tubagem de água .....	118
Figura 5.1– Planta do Piso 0 .....	120
Figura 5.2– Planta do Piso 1 .....	120
Figura 5.3– Planta do Piso 0 .....	121
Figura 5.4– Planta de condicionantes: Localização da zona de estudo .....	122
Figura 5.5– Mapa do ruído da cidade do Porto para o período diurno-entardecer-noturno, com a indicação da zona em estudo (indicador $L_{den}$ ) .....	123
Figura 5.6– Mapa do ruído da cidade do Porto para o período noturno, com a indicação da zona em estudo (indicador $L_n$ ) .....	124
Figura 5.7– Cálculo do $R_w$ da parede exterior.....	126
Figura 5.8– Planta do quarto 1 .....	128
Figura 5.9– Cálculo do $D_{2m,nT,w}$ do quarto 1 .....	129
Figura 5.10– Planta do quarto 2 .....	131
Figura 5.11– Cálculo do $D_{2m,nT,w}$ do quarto 2 .....	132
Figura 5.12– Planta do quarto.....	135
Figura 5.13– Cálculo do $D_{2m,nT,w}$ do quarto .....	136
Figura 5.14– Planta da sala.....	138
Figura 5.15– Cálculo do $D_{2m,nT,w}$ da sala.....	139

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Limites regulamentares do RGR .....	13
Tabela 2.2 - Limites regulamentares do isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e quartos ou zonas de estar .....	16
Tabela 2.3 – Limites regulamentares do isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos e quartos ou zonas de estar .....	17
Tabela 3.1 – Soluções de sistema de batente .....	28
Tabela 3.2 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	29
Tabela 3.3 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	30
Tabela 3.4 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	31
Tabela 3.5 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	32
Tabela 3.6 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	33
Tabela 3.7 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	34
Tabela 3.8 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	35
Tabela 3.9 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	36
Tabela 3.10 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	37
Tabela 3.11 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	38
Tabela 3.12 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	39
Tabela 3.13 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	40
Tabela 3.14 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	41

Tabela 3.15 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	42
Tabela 3.16 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	43
Tabela 3.17 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	44
Tabela 3.18 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	45
Tabela 3.19 - Soluções de sistema de batente, continuação .....	46
Tabela 3.20 - Soluções de sistema de batente em madeira.....	47
Tabela 3.21- Soluções de sistema de batente em madeira, continuação .....	48
Tabela 3.22 - Soluções de sistema de correr.....	49
Tabela 3.23 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	50
Tabela 3.24 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	51
Tabela 3.25 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	52
Tabela 3.26 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	53
Tabela 3.27 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	54
Tabela 3.28 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	55
Tabela 3.29 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	56
Tabela 3.30 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	57
Tabela 3.31 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	58
Tabela 3.32 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	59
Tabela 3.33 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	60
Tabela 3.34 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	61
Tabela 3.35 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	62

Tabela 3.36 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	63
Tabela 3.37 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	64
Tabela 3.38 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	65
Tabela 3.39 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	66
Tabela 3.40 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	67
Tabela 3.41 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	68
Tabela 3.42 - Soluções de sistema de correr, continuação.....	69
Tabela 3.68– Vantagens e desvantagens dos materiais (Adaptado de: [5]) .....	71
Tabela 3.69–Soluções de vidro ISOLAR AKUSTEX.....	75
Tabela 3.70– Soluções de vidro laminado e vidro duplo SAINT-GOBAIN .....	76
Tabela 3.71 – Soluções de vidro duplo laminado SAINT-GOBAIN .....	77
Tabela 3.72– Soluções de vidro triplo SAINT-GOBAIN.....	78
Tabela 3.73– Soluções de vidro duplo e duplo laminado GUARDIAN SUN.....	79
Tabela 3.74 – Soluções de vidro duplo laminado GUARDIAN SUN .....	80
Tabela 3.75 – Soluções de vidro triplo GUARDIAN SUN .....	81
Tabela 3.76 – Soluções de vidro com o melhor e o pior desempenho.....	82
Tabela 4.1 – Soluções de paredes simples de alvenaria .....	89
Tabela 4.2 – Soluções de paredes duplas de alvenaria.....	98
Tabela 4.3 – Soluções de paredes duplas de alvenaria com valor comercial e valor de cálculo.....	99
Tabela 4.4 – Soluções de paredes duplas mistas.....	101
Tabela 4.5 – Soluções de paredes duplas leves.....	103

Tabela 4.6 – Soluções de paredes duplas leves, continuação.....	104
Tabela 4.7 – Soluções de paredes duplas leves, continuação.....	105
Tabela 4.8– Soluções de paredes duplas leves, continuação.....	106
Tabela 4.9 – Soluções de paredes duplas leves, continuação.....	107
Tabela 4.10 – Vantagens e desvantagens de paredes de alvenaria de tijolo [6] .....	110
Tabela 4.11 – Vantagens e desvantagens de paredes de alvenaria de blocos de betão normal [6].....	111
Tabela 4.12 – Vantagens e desvantagens de paredes de alvenaria de blocos de betão leve [6].....	111
Tabela 4.13 – Vantagens e desvantagens de paredes divisórias de gesso cartonado [6] .....	112
Tabela 5.1– Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado e ponderado .....	125

## ABREVIATURAS

$C$  ou  $C_{tr}$  – termos de adaptação do ruído rosa, ou ruído de tráfego, respetivamente

$D_{2m,nT,w}$  – índice de isolamento sonoro a sons aéreos, entre o exterior e o interior

$D_{nT,w}$  – índice de isolamento sonoro a sons aéreos, entre elementos de compartimentação interiores

$L_{Ar,nT}$  – nível de avaliação padronizado

$L_d$  – indicador de ruído diurno

$L_{den}$  – indicador de ruído diurno-entardecer-noturno

$L_e$  – indicador de ruído do entardecer

$L_{eq}$  – nível sonoro equivalente

$L_n$  – indicador de ruído noturno

$L'_{nT}$  – nível sonoro de percussão padronizado

$R_A$  – índice de redução sonora afetado com o termo de adaptação do ruído rosa

$R_{A,tr}$  – índice de redução sonora afetado com o termo de adaptação do ruído de tráfego

$R_w$  – índice de redução sonora



# CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 ENQUADRAMENTO

O presente relatório apresenta partedo trabalho desenvolvido ao longo do estágio curricular realizado na empresa Alfaengenharia para a atribuição do grau de mestre em Engenharia Civil, no Ramo de Construções.

O estágio desenvolveu-se no âmbito de um protocolo estabelecido entre o ISEP e a empresa, teve a duração de 23 semanas e decorreu entre o dia 13 de fevereiro e o dia 17 de junho.

A Alfaengenharia é uma empresa de projeto de engenharia civil, especialista em projetos de acústica de edifícios. Durante o período de estágio que foram desenvolvidas diferentes atividades das quais se destacam a pesquisa e o estudo de soluções construtivas para isolamento sonoro a sons de condução aérea. Foi também possível fazer o acompanhamento de projetos de condicionamento acústico de edifícios com diferentes especificidades.

A opção pelo estágio curricular foi tomada por permitir uma integração no panorama profissional e simultaneamente possibilitar a aplicação do conhecimento adquirido ao longo de todo o percurso académico.

## 1.2 OBJETIVOS DO ESTÁGIO E EXPECTATIVAS

Os objetivos deste estágio abrangem, não só o desenvolvimento das competências técnico-científicas adquiridas na formação académica, mas também a inserção do estagiário no mercado de trabalho. Por consequência, o desenvolvimento da capacidade de trabalhar em equipa assim como o rigor aplicado nas diferentes tarefas não podem deixar de ser considerados como objetivos a atingir nesta experiência.

As principais expectativas para a realização deste estágio curricular foram:

- Consolidar e aplicar o conhecimento adquirido ao longo de todo o percurso académico;
- Desenvolver novas capacidades técnicas, em particular no que respeita a acústica em edifícios;
- Potencializar a capacidade de trabalho em equipa dentro de uma empresa;
- Adquirir experiência profissional.

### **1.3 ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DO RELATÓRIO**

O presente relatório é constituído por 6 capítulos, bibliografia e anexos.

No capítulo 1 é feita uma introdução, destacando os objetivos e expectativas do estágio e a organização do relatório.

No capítulo 2 apresentam-se alguns conceitos gerais sobre a acústica de edifícios, destacando os diferentes tipos de ruído existentes. Neste capítulo é também abordada a legislação aplicável no estudo do comportamento acústico de edifícios, nomeadamente, o Regulamento Geral do Ruído (RGR) e o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.

O capítulo 3 incide sobre o isolamento sonoro dos elementos da envolvente exterior, dividindo-se em duas categorias distintas: caixilharias e vidros. Para cada uma destas categorias, são apresentadas várias soluções estudadas e o respetivo desempenho acústico.

No capítulo 4 é abordado o isolamento sonoro dos elementos de separação, nomeadamente em paredes. São também apresentadas diversas soluções de composição de paredes, distinguidas em duas categorias principais: paredes simples de alvenaria e paredes duplas. Na categoria de paredes duplas, existem ainda 3 subcategorias: paredes duplas de alvenaria, paredes duplas mistas e paredes duplas leves.

No capítulo 5 apresenta-se o caso de estudo, onde se analisa o isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior dos edifícios e quartos ou zonas de estar. É feita a caracterização dos dois edifícios em questão e apresentados os cálculos efetuados que fundamentam este estudo.

Por último, no Capítulo 6 são apresentadas as considerações finais com as principais conclusões deste estágio e ainda algumas observações para desenvolvimentos futuros.



## CAPÍTULO 2 ESTADO DA ARTE

### 2.1 NOÇÕES GERAIS

A acústica é a ciência que estuda o som, a sua propagação tanto em meio fluido como sólido, e as suas inter-relações com o ser humano numa perspectiva de efeitos causados, tenham eles carácter de agradabilidade (música, voz) ou não (ruído) [1].

O som e/ou o ruído correspondem a uma variação de pressão atmosférica que o ouvido humano pode captar, sendo que, geralmente, associa-se sensações agradáveis ao som e sensações indesejáveis ao ruído, estando esta distinção dependente da respetiva frequência e amplitude da onda sonora [2].

Existem vários tipos de ruído, desde ruídos contínuos a ruídos aleatórios, passando por ruídos intermitentes e ruídos impulsivos. De forma a caracterizar o ruído podem ser utilizados indicadores de ruído que conduzem a um único valor, mesmo em situações de grande variabilidade de níveis sonoros ao longo do tempo. Estes indicadores podem ser obtidos diretamente através de equipamentos de medição sonora, nomeadamente sonómetros e analisadores integradores com análise em frequência, equipamentos geralmente usados em medições acústicas, sendo possível obter níveis sonoros quer em dB quer em dB (A) [2].

De entre os indicadores de ruído existentes destacam-se:

- Nível sonoro equivalente,  $L_{eq}$ , em dB ou  $L_{Aeq}$ , em dB (A), correspondendo ao valor único que contém a mesma energia sonora da globalidade do ruído;
- Parâmetros estatísticos ou níveis percentis,  $L_n$ , em que n representa a percentagem do intervalo de medição (T) em que o nível de ruído é excedido;

- Níveis sonoros instantâneos.

De acordo com a legislação em vigor, no nosso país, a avaliação do ruído é efetuada em termos do indicador  $L_{Aeq}$ , podendo ser utilizado em conjunto com outros indicadores [2].

O ruído produzido por uma fonte pode ser caracterizado, por exemplo, através do nível de potência sonora, em dB. A pressão sonora num determinado ponto depende das características da fonte sonora e das características da envolvente, absorção, reflexão e transmissão [2].

Em espaços fechados, a propagação do som é condicionada pelas superfícies envolventes e pelos obstáculos existentes no interior [2].

Nos dias que correm, a acústica de edifícios concentra-se em duas questões fundamentais, nomeadamente, a correção acústica eo isolamento sonoro.

No que respeita a correção acústica, esta preocupa-se em retificar o desempenho de um determinado compartimento relativamente aos sons emitidos no seu interior.

O isolamento sonoro, tem como principal objetivo dotar um determinado compartimento com características que lhe permitam isolar os sons provenientes dentro do próprio edifício, sons com origem em compartimentos contíguos, ou do exterior do mesmo, sons de tráfego rodoviário ou de equipamentos.

O isolamento sonoro traduz-se na capacidade que os diferentes materiais manifestam em impedir a propagação de som através de si. Esta capacidade está também associada ao fator massa do próprio material, isto é, materiais com maior massa terão maior capacidade de isolamento sonoro, daí serem geralmente utilizados materiais densos, tais como betão, aço, etc.

Para que seja garantido um bom nível de isolamento sonoro, deve-se encontrar uma solução que obrigue o som a contornar uma série de obstáculos permitindo que o este se dissipe ao longo desse elemento até chegar ao interior do compartimento. Importa ainda referir que uma melhoria de 1 dB é ligeiramente perceptível, 3 dB é perceptível, 5dB representa uma melhoria considerável e 10 dB reduz o som para metade.

A acústica de edifícios distingue os ruídos de acordo com a localização da fonte sonora. Consequentemente, existem duas categorias distintas:

- **Ruídos exteriores;**
- **Ruídos interiores.**

Na primeira categoria, a fonte sonora localiza-se no exterior do edifício e podem ser originados pelo tráfego rodoviário, realização de obras na vizinhança, entre outros. Na segunda categoria, a fonte sonora encontra-se no interior do edifício e tem origem na utilização do próprio edifício, como por exemplo o ruído provocado pelos elevadores ou pelos sistemas de ventilação.

No estudo do comportamento acústico dos edifícios, importa também distinguir os ruídos pela forma como se transmitem e propagam no meio, isto porque, atuar sobre o seu modo de propagação e transmissão será a forma mais eficaz de os eliminar ou atenuar. Assim sendo, temos então dois tipos de ruído:

- **Ruídos de condução aérea**, em que a transmissão é feita unicamente por vibração do ar sem contacto direto do estímulo original com a estrutura. São por exemplo os ruídos de vozes, de tráfego rodoviário, etc; [3]
- **Ruídos de percussão**, em que há solicitação mecânica direta da fonte de irradiação sobre os elementos de construção. São por exemplo os ruídos de passos num pavimento superior, o bater de portas ou arrastar de móveis, etc. [3]

Na Figura 2.1 podemos verificar como se propagam os dois tipos de ruído pelo edifício a partir do compartimento de origem.

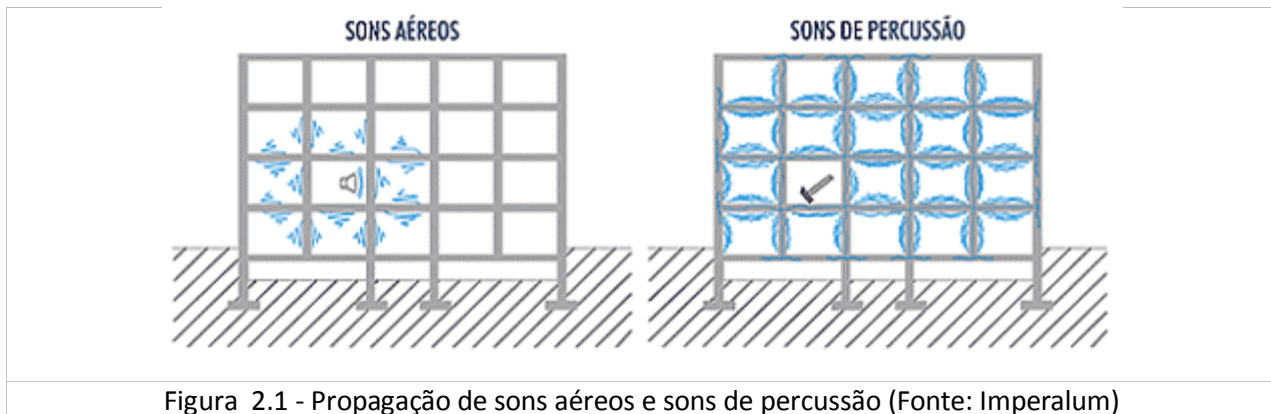


Figura 2.1 - Propagação de sons aéreos e sons de percussão (Fonte: Imperialum)

Analisando os esquemas acima apresentados, nota-se que a propagação dos sons aéreos é menos abrangente, fazendo-se sentir apenas nos compartimentos contíguos ao compartimento onde se encontra a fonte sonora. Pelo contrário, a propagação dos sons de percussão, revela-se muito mais abrangente podendo atingir espaços do edifício mais distantes da origem, uma vez que, o som é transmitido pela estrutura do mesmo.

## 2.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

No que respeita a legislação os edifícios têm que cumprir vários critérios para o controlo do seu comportamento acústico, presentes em dois Regulamentos: O Regulamento Geral do Ruído (RGR, 2007) e o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE, 2008).

### 2.2.1 Regulamento Geral do Ruído (RGR)

O Regulamento Geral do Ruído apresenta algumas exigências necessárias a cumprir no diz respeito ao ruído no exterior, designadamente nas seguintes situações:

- Construção, reconstrução, ampliação, alteração ou conservação de edificações;
- Obras de construção civil;
- Laboração de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços;
- Equipamentos para utilização no exterior;
- Infraestruturas de transporte, veículos e tráfegos;
- Espetáculos, diversões, manifestações desportivas, feiras e mercados;
- Sistemas sonoros de alarme.

Este regulamento estabelece também um conjunto de definições que devem ser consideradas neste estudo, em particular:

- **“Atividade ruidosa permanente** – atividade desenvolvida com carácter permanente, ainda que sazonal, que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído, designadamente laboração de estabelecimentos industriais, comerciais ou deserviços;”

- “**Atividade ruidosa temporária** – atividade que, não constituindo um ato isolado, tenha carácter não permanente e que produza um ruído nocivo (que ultrapassa o nível de ação conforme a legislação de ruído) ou incomodativo (que ultrapassa os critérios de incomodidade (art. 13º)) para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído tais como obras de construção civil, competições desportivas, espetáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados;”
- “**Avaliação acústica** – verificação da conformidade de situações específicas de ruído com os limites fixados;”
- “**Fonte de ruído** – a ação, atividade permanente ou temporária, equipamento, estrutura ou infraestrutura que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se faça sentir o seu efeito;”
- “**Indicador de ruído** – o parâmetro físico-matemático para a descrição do ruído ambiente que tenha uma relação com um efeito prejudicial na saúde ou no bem-estar humano;”
- “**Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno ( $L_{den}$ )** – indicador de ruído, expresso em dB (A), associado ao incómodo global, dado pela expressão:

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

- “**Indicador de ruído diurno ( $L_d$ ) ou ( $L_{day}$ )** - o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na Normal NP 1730-1:1996, ou na versão atualizada correspondente, determinado durante uma série e períodos diurnos representativos de um ano;”

- “**Indicador de ruído do entardecer ( $L_e$ ) ou ( $L_{\text{evening}}$ )** – o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido a Norma NP 1730-1:1996, ou na versão atualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos do entardecer representativos de um ano;”
- “**Indicador de ruído do noturno ( $L_n$ ) ou ( $L_{\text{night}}$ )** – o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido a Norma NP 1730-1:1996, ou na versão atualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos noturnos representativos de um ano;”
- “**Mapa de ruído** – o descritor do ruído ambiente exterior, expresso pelos indicadores  $L_{\text{den}}$  e  $L_n$ , traçado em documento onde se representam as isófonas e as áreas por elas delimitadas às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB (A);”
- “**Período de referência** – o intervalo de tempo a que se refere um indicador de ruído, de modo a abranger as atividades humanas típicas, delimitado nos seguintes termos:
  - Período diurno – das 7h às 20h;
  - Período do entardecer – das 20h às 23h;
  - Período noturno – das 23h às 7h;
- “**Recetor sensível** – o edifício habitacional, escolar, hospitalar ou similar ou espaço de lazer, com utilização humana;”
- “**Ruído de vizinhança** – ruído associado o uso habitacional e às atividades que lhe são inerentes, produzido diretamente por alguém ou por intermédio de outrem, por coisa à sua guarda ou animal colocado à sua responsabilidade, que, pela sua duração, repetição ou intensidade, seja suscetível de afetar a saúde pública ou a tranquilidade da vizinhança;”

- “**Ruído ambiente** – o ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado;”
- “**Ruído particular** – o componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificado por meios acústicos e atribuído a uma determinada fonte sonora;”
- “**Ruído residual** – o ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma situação determinada;”
- “**Zona mista** – a área definida em plano municipal de ordenamento de território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível;”
- “**Zona sensível** – a área definida em plano municipal de ordenamento de território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno;”
- “**Zona urbana consolidada** – a zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação;”

A tabela seguinte apresenta os limites regulamentares estabelecidos no Regulamento Geral do Ruído.

Tabela2.1 – Limites regulamentares do RGR

<b>Localização</b>	<b>L<sub>den</sub> (dB)</b>	<b>L<sub>n</sub> (dB)</b>
Zonas mistas	≤ 65	≤ 55
Zonas sensíveis	≤ 55	≤ 45
Zonas sensíveis em cujas proximidades exista em exploração uma grande infraestrutura de transporte	≤ 65	≤ 55
Zonas sensíveis em cujas proximidades já exista projetada uma grande infraestrutura de transporte não aéreo	≤ 60	≤ 50
No caso de infraestrutura de transporte aéreo	≤ 65	≤ 55
Zonas urbanas consolidadas, desde que essa zona: a). Seja abrangida por um plano municipal de redução de ruído b) Não exceda em mais de 5 dB (A) os valores limite fixados no art. 11.º	<b>L<sub>den</sub> + 5</b>	<b>L<sub>n</sub> + 5</b>

### 2.2.2 Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE)

Este Regulamento estabelece os requisitos acústicos dos edifícios, com vista a melhoria do comportamento acústico destes. No RRAE são também apresentadas algumas definições, tais como:

- **Tempo de reverberação, T:** 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;
- **Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado,  $D_{2m,nT}$ :** diferença entre o nível médio de pressão sonora exterior, medido a 2m da fachada do edifício ( $L_{1,2m}$ ), e o nível médio de pressão sonora medido no local de receção ( $L_2$ ), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor, segundo a expressão:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \text{ Log } (T_2/T_0) \text{ [dB]}$$

Em que:  $T_2$  – é o tempo de reverberação do compartimento recetor, em segundos, e  $T_0$  – é o tempo de reverberação de referência, em segundos; para compartimentos de habitação ou com dimensões comparáveis,  $T_0 = 0,5s$  para compartimentos em que haja tempo de reverberação atribuível em projeto, o valor de referência a considerar será o do respetivo tempo de dimensionamento.

- **Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado,  $D_{nT}$ :** diferença entre o nível médio de pressão sonora medido no compartimento emissor ( $L_1$ ) produzido por uma ou mais fontes sonoras, e o nível médio de pressão sonora medido no compartimento recetor ( $L_2$ ), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor, segundo a expressão:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log } (T/T_0) \text{ [dB]}$$

- **Nível sonoro de percussão padronizado,  $L'_{nT}$ :** nível sonoro médio ( $L_i$ ) medido no compartimento recetor, proveniente de uma excitação de percussão normalizada exercida sobre um pavimento, corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor, segundo a expressão:

$$L'_{nT} = L_i - 10 \text{ Log } (T/T_0) \text{ [dB]}$$

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

$$L_{Ar,nT} = L_A + K - 10 \text{ Log } (T/T_0) \text{ [dB]}$$

- **Termo de adaptação, C ou  $C_{tr}$ :** correção definida na EN ISO 717-1, função das características espectrais do ruído na emissão, a anexar ao índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea.

Estas são algumas das definições consideradas relevantes para uma melhor compreensão do presente relatório.

O RRAE estabelece os limites regulamentares, expressos através dos diferentes indicadores acima descritos. Estes limites serão apresentados de forma resumida nas tabelas que se seguem.

Tabela 2.2 - Limites regulamentares do isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e quartos ou zonas de estar

$D_{2m,nT}$	Localização
$\geq 33$ dB	Zonas mistas ou sensíveis em cuja proximidade já exista uma grande infraestrutura de transporte ou esteja projetada uma grande infraestrutura de transporte aéreo ou esteja projetada uma grande infraestrutura de transporte não aéreo
$\geq 28$ dB	Zonas sensíveis em que o ruído ambiente exterior não é superior a 55 dB (A), expresso pelo indicador $L_{den}$ , nem superior a 45 dB (A), expresso pelo indicador $L_n$
$\geq 33 + 3$ dB $\geq 28 + 3$ dB	Zonas urbanas consolidadas, desde que essa zona: <ul style="list-style-type: none"> <li>• seja abrangida por um plano municipal de redução de ruído;</li> <li>• não exceda em mais de 5 dB (A) os valores fixados no art. 11º e que o projeto acústico considere valores do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizado, <math>D_{2m,nT}</math>, superiores em 3 dB</li> </ul>

Ainda em relação a este indicador importa referir que quando a área translúcida foi superior a 60% da área do elemento de fachada em análise,  $D_{2m,nT}$ , deve ser sujeito a uma correção através dos termos de adaptação  $C/C_{tr}$  conforme o tipo de ruído dominante nas emissões.

Tabela 2.3 – Limites regulamentares do isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos e quartos ou zonas de estar

$D_{nT,w}$	Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado
$\geq 50$ dB	Entre compartimentos de um fogo (emissão) e quartos ou zonas de estar de outro fogo (recepção)
$\geq 48$ dB	Entre locais de circulação comum (emissão) e quartos ou zonas de estar de fogos (recepção) Se o local emissor for dotado de caixa de escadas e existirem ascensores Se o local emissor for uma garagem para automóveis;
$\geq 40$ dB	
$\geq 50$ dB	
$\geq 58$ dB	Entre locais destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão(emissão) e quartos ou zonas de estar de fogos (recepção)

Ambos os limites regulamentares anteriormente apresentados estão relacionados com o isolamento sonoro a sons de condução aérea. Apesar de não serem aqui apresentados, o RRAE, estabelece também os limites regulamentares relacionados com o isolamento sonoro a sons de percussão, designadamente, através do indicador,  $L'_{nT}$ , índice de isolamento sonoro a sons de percussão padronizado, para sons de percussão entre compartimentos e quartos ou zonas de estar e ainda através do indicador,  $L_{Ar,nT}$ , nível de avaliação padronizado, para ruído particular de equipamento.



## CAPÍTULO 3 ISOLAMENTO SONORO DOS ELEMENTOS DA ENVOLVENTE EXTERIOR

Um contributo para o conforto no interior de um edifício será a garantia do bom isolamento sonoro dos elementos da envolvente ao ruído proveniente do exterior.

Em termos de regulamentação, no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), são estipulados os requisitos acústicos em função da localização do edifício, divididos por dois tipos de zona:

- $D_{2m,nw} \geq 33$  dB para Zonas Mistas
- $D_{2m,nw} \geq 28$  dB para Zonas Sensíveis

Os requisitos para os elementos de separação com o exterior são definidos pelo índice de redução sonora a ruídos de condução aérea normalizado:

$D_{2m,nw}$  (dB) – índice de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea com o exterior, medido a 2 metros (do elemento de contacto com o exterior) – índice 2m, normalizado – índice n – e ponderado (uso da curva da norma ISO 717-1) – índice w.

Sabendo que uma parede de envolvente é constituída por diferentes elementos, uns mais isolantes e outros menos isolantes, é de salientar que o valor do índice de redução sonora final da parede sofre uma forte influência dos elementos de menor isolamento.

Em fase de projeto, deve-se encontrar um equilíbrio entre os elementos da fachada menos isolantes e os mais isolantes de modo a que sejam cumpridos os requisitos estipulados para a situação em causa.

Assim sendo, neste capítulo será feita a análise dos elementos com menor isolamento, nomeadamente:

- Caixilharias
- Vidros

### **3.1 CAIXILHARIAS**

Sabendo que as caixilharias são um elemento de construção leve e aplicadas numa descontinuidade na fachada, estas revelam-se um ponto fraco do isolamento sonoro da envolvente do edifício, com elevada sensibilidade à transmissão de ruídos aéreos exteriores.

Num sistema caixilharia+vidro, o vidro era o componente mais fraco a nível de isolamento sonoro, mas graças ao desenvolvimento tecnológico da sua produção, e com as exigências de conforto em edifícios a aumentar cada vez mais, a caixilharia assume agora esse papel, sendo o grande responsável pela limitação do comportamento geral do sistema.

Neste sentido, para além das características do seu material constituinte, a composição do vidro aplicado e a boa selagem das juntas assumem um papel preponderante no isolamento sonoro das caixilharias.

Relativamente à seleção da caixilharia adequada, esta deve ser feita pelo projetista, em função dos cálculos feitos em gabinete, dos resultados obtidos nos ensaios de desempenho acústico feitos às caixilharias e a intensidade de ruído que ocorre no local onde se situa o edifício. A intensidade de ruído, deve ser sustentada com medições realizadas in situ e tendo em conta a evolução esperada do tráfego naquela zona.

A consulta da planta de condicionantes do Plano Diretor Municipal, é fundamental para se verificar se o edifício se localiza numa zona mista ou numa zona sensível e posteriormente se estabelecer os critérios regulamentares a cumprir.

Os mapas de ruído revelam-se de grande importância como meio de diagnóstico dos níveis de ruído que se fazem sentir no local do edifício através de dois indicadores de ruído: o indicador  $L_n$  que representa o ruído médio durante o período noturno (das 23h00 as 7h00) e o indicador  $L_{den}$  que representa uma média ponderada das 24 horas do dia.

O desempenho acústico apresentado, foi estimado pelos respetivos fabricantes, submetendo as soluções a ensaios em laboratório ou através de métodos alternativos, recorrendo a valores tabelados, de acordo com as normas **NP EN ISO 717-1 e NP EN 14351-1-Anexo B**.

A norma ISO 717-1 permite traduzir por um valor único (índice), o isolamento sonoro a sons de condução aérea, em edifícios e de elementos de construção, obtido por um dos métodos de medição acima referidos. Para isso, a norma estabelece a metodologia para a determinação destes índices a partir dos resultados das medições efetuadas, por bandas de frequências, com largura de um terço de oitava ou de uma oitava. Esta metodologia tem também em consideração os níveis de pressão sonora de diferentes distribuições espectrais relativas a fontes de ruído diversas, situadas no interior ou exterior do edifício.

Para se avaliar os resultados das medições realizadas, por bandas de frequências com largura de um terço de oitava ou de uma de oitava os valores devem ser arredondados à décima. Na determinação do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, ajusta-se a curva de referência, disposta na norma ISO 717-1, por patamares de 1dB, relativamente à curva dos valores medidos, de modo a que a soma dos desvios desfavoráveis seja a maior possível, mas não superior a 32dB para medições em 16 bandas de terços de oitava ou 10dB para medições em 5 bandas de oitava.

Os desvios desfavoráveis ocorrem quando o valor medido é inferior ao valor de referência e são os únicos que devem ser tidos em conta.

Para além disso, devem ser calculados dois termos de adaptação espectral, utilizando dois espectros típicos. Estes dois termos podem ser complementados, opcionalmente, por termos de adaptação espectral adicionais.

O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea será o valor, em decibéis, da ordenada da curva de referência, na banda de frequências de 500 Hz, após ter sido ajustada de acordo com a metodologia já descrita.

O termo de adaptação espectral será o valor, em decibéis, a adicionar ao índice determinado de forma a considerar as características de um espectro de emissão particular. Neste caso, distinguem-se o termo de adaptação espectral  $C$ , relativo ao ruído rosa e o termo de adaptação  $C_{tr}$ , para o ruído de tráfego urbano.

Estes valores dos dois termos de adaptação espectral devem também ser apresentados no resultado final do isolamento sonoro a sons de condução aérea, da seguinte forma:

$$R_w (C;C_{tr})= 30 (-1;-2) \text{ dB}$$

Relativamente à norma NP EN 14351-1, esta é uma norma de produto e identifica as características de desempenho e requisitos especiais de janelas, independentemente do material que as constitui. Nestas características de desempenho inclui-se o desempenho acústico.

O isolamento sonoro das janelas deve ser determinado por ensaio de acordo com a norma EN ISO 140-3 (método de referência) mas em alternativa e na ausência de valores ensaiados, no Anexo B da norma NP EN 14351-1, o isolamento sonoro pode ser determinado usando dados de isolamento sonoro das unidades de vidro isolante e critérios de construção da janela recorrendo a valores tabelados.

Este método alternativo é apenas aplicável às janelas que cumpram os seguintes requisitos: janelas simples fixas e com folhas móveis (batentes, projetantes, basculantes, pivotantes e de correr) com unidades de vidro isolante, excetuando as unidades de vidro isolante com SF6. No que respeita às vedações estas devem ser macias, permanentemente flexíveis, resistentes ao envelhecimento, devem

ainda ser fáceis de substituir e pelo menos um vedante deve ser contínuo. A permeabilidade ao ar da janela deve ser de classe 3 e pelo menos classe 2 para janelas de correr.

No Anexo B, define-se o procedimento para a determinação do isolamento sonoro  $R_w$  (C;  $C_{tr}$ ) baseado nos dados da unidade de vidro isolante.

Em primeiro lugar determina-se o  $R_w$  da janela baseado no  $R_w$  para a unidade de vidro isolante (IGU), recorrendo ao Quadro B.1. Seguidamente, determina-se o  $R_w + C_{tr}$  da janela baseado no  $R_w + C_{tr}$  para a unidade de vidro isolante, recorrendo ao Quadro B.2. Relativamente aos termos de adaptação espectral, para o termo C considera-se sempre -1dB e o termo  $C_{tr}$  é calculado fazendo a diferença entre o valor de  $R_w + C_{tr}$  (Quadro B.2) e  $R_w$  (Quadro B.1).

No Quadro B.3, estão indicadas as regras de extrapolação para diferentes dimensões de janela e as respetivas correções a fazer caso seja necessário.

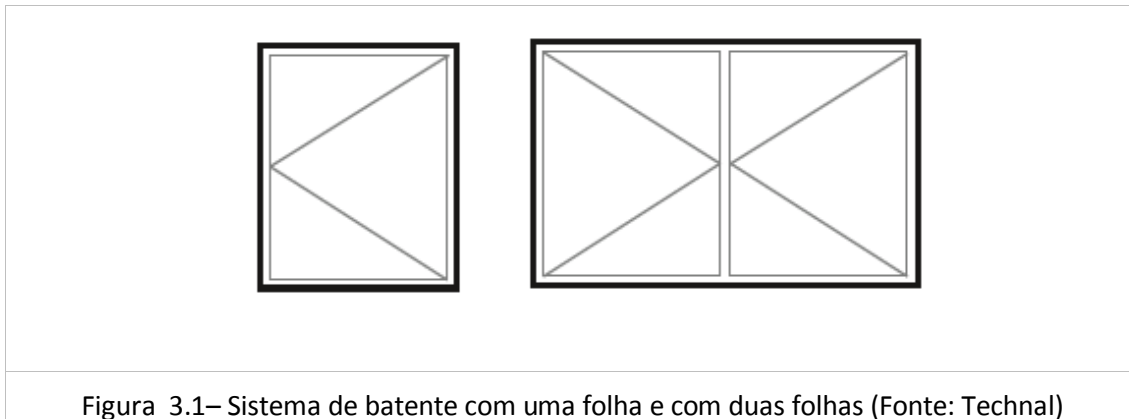
No ANEXO II do presente documento é possível consultar dois exemplos de ensaios de desempenho acústico. Num dos exemplos, o desempenho acústico é obtido através de ensaio em laboratório, de acordo com a norma EN ISO 140-3, enquanto que no outro exemplo é estimado através da norma NP EN 14351-1.

### **3.1.1 Caracterização dos sistemas de caixilharias**

#### **Sistema de batente**

Este sistema é muito utilizado e pode ser composto por uma ou duas folhas móveis. A abertura faz-se com o recurso a dobradiças que unem a parte fixa à parte móvel, situadas num dos lados do aro fixo, através da rotação segundo um eixo vertical. A sua abertura tanto pode ser feita para o interior como para o exterior.

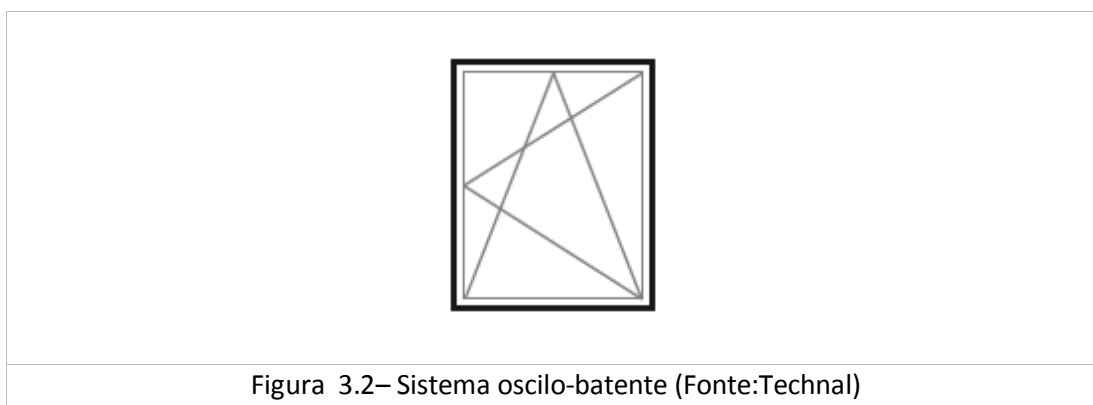
É um sistema que permite a abertura total do vão, fator que facilita as operações de limpeza e de manutenção, mas que não permite controlar a ventilação.



### Sistema oscilo-batente

Este sistema permite a abertura de duas maneiras diferentes. A abertura segundo um eixo de rotação vertical (sistema de batente) e a abertura segundo um eixo horizontal na base da janela (sistema basculante), que permite que esta tombe para o interior e se fixe com um determinado ângulo de abertura.

Como consequência dos dois tipos de abertura que apresenta, este é um sistema que permite diferentes caudais de ventilação.

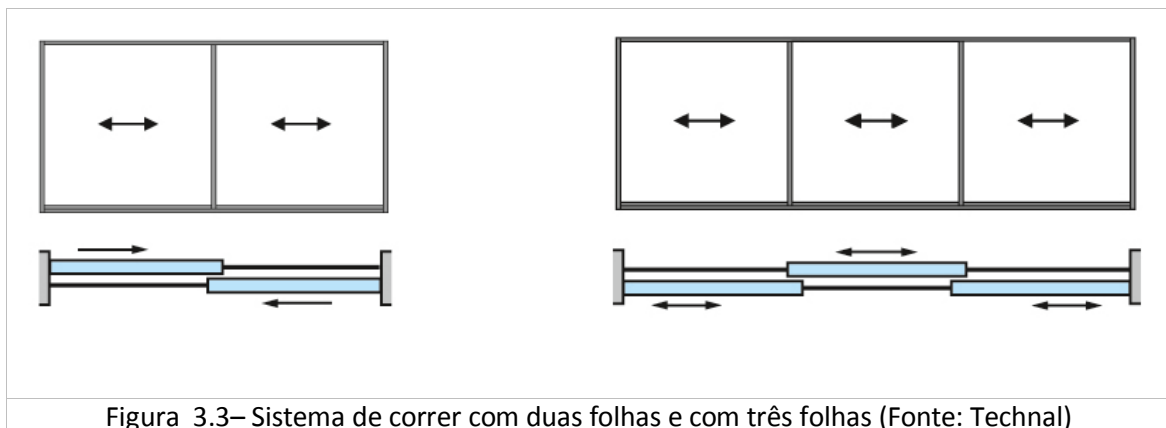


### Sistema de correr

São normalmente constituídos por uma ou mais folhas móveis. Na abertura destes sistemas as folhas móveis deslizam, na direção horizontal, sobre carris inseridos nos aros fixos das janelas. A sua utilização não obriga a grandes esforços, mesmo quando se tratam de janelas de grande vão.

Tem a particularidade de poderem ser embutidas nas paredes em situações que se pretenda o máximo aproveitamento do vão.

É um sistema que revela problemas de desempenho ao nível de estanquidade à água e permeabilidade ao ar, sendo que, exige componentes que diminuam esses efeitos.

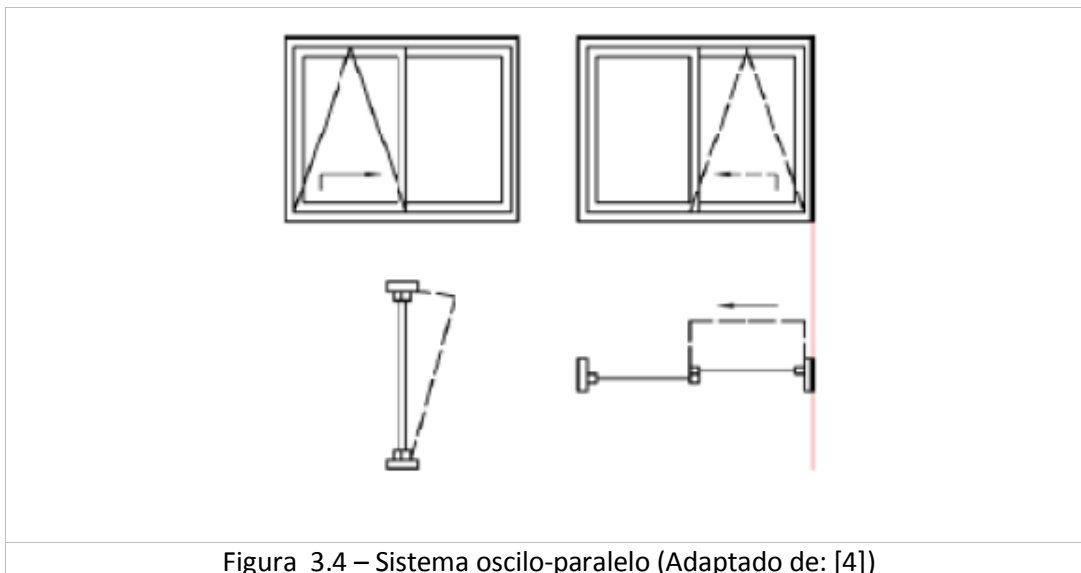


### Sistema oscilo-paralelo

Este sistema é uma combinação entre um sistema de correr e um sistema basculante. É geralmente composto por uma folha móvel e uma folha fixa e permite os dois tipos de abertura já referidos.

O sistema de correr, permite que a folha móvel se movimente sobre um carril ocupando lugar atrás da folha fixa quando totalmente aberta e libertando cerca de 50% do vão total. O sistema basculante possibilita a ventilação interior sem ocupar muito espaço.

Comparativamente com os sistemas anteriores, tem um preço mais elevado e dificulta as tarefas de limpeza do lado exterior.



### Sistema de correr elevatório

Este sistema pode ser considerado uma variante do sistema de correr, mas com algumas particularidades, nomeadamente, o mecanismo que permite a elevação da janela na operação de abertura e a descida na operação de fecho. Ao rodar uma alavanca, um sistema de roldanas desce e eleva a janela, possibilitando o deslizamento sobre um carril. Quando está fechada a janela assenta no aro fixo impedindo a sua movimentação e garantindo a sua estanquidade e isolamento acústico.

Este tipo de sistema está normalmente associado a janelas de grandes dimensões e, conseqüentemente, janelas de elevado peso.

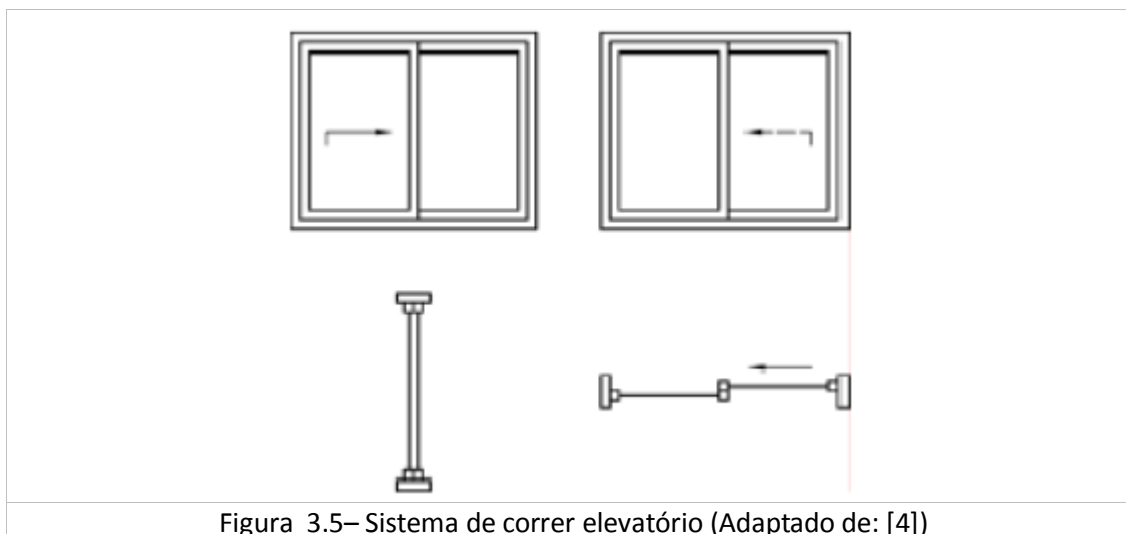


Figura 3.5– Sistema de correr elevatório (Adaptado de: [4])

### 3.1.2 Soluções de caixilharias

As tabelas seguintes apresentam uma compilação de algumas soluções de caixilharia com a respetiva informação considerada relevante para este estudo. As soluções estão divididas por sistema de batente ou sistema de correr, material da caixilharia, fabricante e respetivo modelo.

Para cada solução, na primeira parte da tabela, são apresentadas algumas características gerais, assim como, uma figura ilustrativa da caixilharia em questão, as dimensões máximas e o enchimento máximo possíveis. Na segunda parte da tabela, que corresponde ao desempenho acústico, são apresentadas, sempre que possível, as dimensões do vidro e a sua composição, e os resultados obtidos de  $R_w$ ,  $R_A$ ,  $R_{A,tr}$  para a janela e para o vidro.

Os valores de  $R_w$ ,  $R_A$  e  $R_{A,tr}$  foram obtidos segundo o Anexo B da NP EN 14351-1. As soluções que foram sujeitas a ensaios de desempenho acústico estão assinaladas com uma nota de rodapé na tabela onde são apresentadas.

Tabela 3.1 – Soluções de sistema de batente

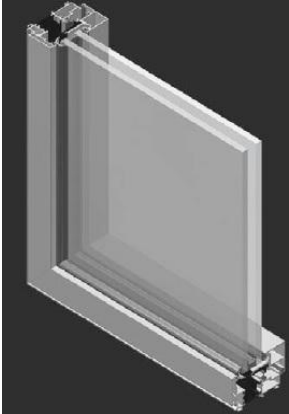

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>TECHNAL</b>	<b>UNICITY</b>		1,00 x 2,50 (Janela de batente 1 folha)	38 mm com folha RPT e 42mm com folha sem RPT	1,47 x 1,48	Cimalitacústico 44.1 (12) 10	44	43	40			
	Janela 2 folhas											
	Janela 2 folhas											
	Janela 1 folha											
	<b>SOLEAL FY 55</b>		1,00 x 2,50 (Janela de sacada 1 folha)	24 a 32 mm na folha e 6 a 42 mm no aro fixo	1,45 x 1,48	6 (16) 4	34	33	31	34	33	29
	Janela 1 folha FM oscilo-batente											
	Janela 1 folha FM oscilo-batente											
	Janela 1 folha FM oscilo-batente											

Tabela 3.2 - Soluções de sistema de batente, continuação


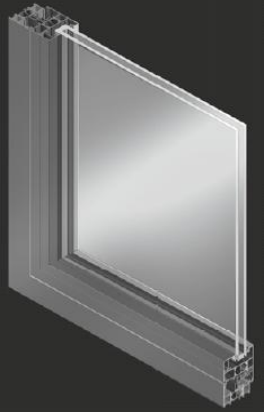
Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>TECHNAL</b>	<b>SOLEAL FY 55</b>		1,00 x 2,50 (Janela de sacada 1 folha)	24 a 32 mm na folha e 6 a 42 mm no aro fixo								
	Janela 1 folha FV oscilo-batente				1,45 x 1,48	6 (16) 4	35	34	31	34	33	29
	Janela 1 folha FV oscilo-batente				1,45 x 1,48	44.1 (20) 12	43	43	40	46	44	40
	Porta-janela 2 folhas FV				1,45 x 2,18	6 (16) 4	36	36	32	34	33	29
	<b>SOLEAL FY 65</b>		1,00 x 2,70 (Janela de sacada 1 folha)	24 a 42 mm na folha e 24 a 54 mm no aro fixo								
	Janela 1 folha FV oscilo-batente					6 (16) 6	38	36	35	37	36	34
	Janela 1 folha FV oscilo-batente					44.1 (16) 12	44	42	39	46	44	40
	Janela 1 folha FV oscilo-batente					88.2 (20) 66.2	46	45	43	54	53	49
	Janela 1 folha FM oscilo-batente					6 (16) 10	37	36	34	37	36	34

Tabela 3.3 - Soluções de sistema de batente, continuação

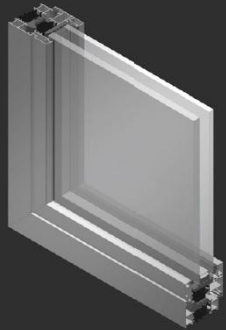

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>TECHNAL</b>	<b>SOLEAL FY 75</b>		1,00 x 2,70 (Janela de sacada 1 folha)	28 a 52 mm na folha e 21 a 62 mm no aro fixo	1,23 x 1,48	88.2 (20) 66.2	44	42	39	51	50	46
	Janela 1 folha FV oscilo-batente											
	<b>ÓPTICA</b>		1,10 x 2,30 (Janela de batente 1 folha)	1,23 x 1,48	5 (10) 44.1	40	38	35	36	35	32	
	Janela 2 folhas											

Tabela 3.4 - Soluções de sistema de batente, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>TECHNAL</b>	<b>ECOTHERMIC PLUS</b>		1,00 x 2,50 (Janela de sacada 1 folha)	38 mm na folha e 35 mm no aro fixo								
	Janela 1 folha oscilo-batente				1,23 x 1,48	4 (16) 4 "Acustic"	32	30	26			
	Janela 1 folha oscilo-batente				1,23 x 1,48	44.2 (16) 8 "Silence"	38	36	34			
<b>SOSOARES-EURO 2000</b>	<b>Sistema AT</b>			4 a 35 mm								
	Janela de batente 2 folhas				1,60 x 1,40	8(12) 6	36					
	Janela de batente 2 folhas e fixo lateral				2,60 x 2,40	8(12) 6 (folha fixa) 8 (18) 6 (folha móvel)	36					

Tabela 3.5 - Soluções de sistema de batente, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)											
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr									
<b>SOSOARES-EURO 2000</b>	<b>Sistema IT</b>			4 a 43 mm																	
	Janela de batente 2 folhas												1,60 x 1,40	8 (16) 8	36						
	<b>Sistema LT</b>			20 a 53 mm																	
	Janela de batente 2 folhas													1,60 x 1,40	8 (16) 8	36					
	Janela de batente 2 folhas e fixo lateral													2,60 x 2,40	8(16) 6 (folha fixa) 8 (16) 6 (folha móvel)	36					

Tabela 3.6 - Soluções de sistema de batente, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>SOSOARES-EURO 2000</b>	<b>Sistema OT</b>			55 mm	1,55 x 1,60	8(16) 8	36					
	Janela de batente 2 folhas											
	<b>Sistema ST</b>			19 a 58 mm (vidro duplo ou triplo)	1,80 x 2,24	5 (14) 4(14) 5	48					
	Janela de 2 folhas (1 folha batente e 1 folha oscilobatente)											

Tabela 3.7 - Soluções de sistema de batente, continuação



Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>SOSOARES-EURO 2000</b>	<b>Sistema SB</b>											
	Janela de 2 folhas			4 a 32 mm	2,60 x 2,25		36					
	<b>Sistema SB</b>											
	Janela 2 folhas + fixo			4 a 39 mm	2,60 x 2,40		36					

Tabela 3.8 - Soluções de sistema de batente, continuação



Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>EXTRUSAL</b>	<b>Sistema A.100 RPT</b>		1,40 x 2,70	38 a 54 mm								
	A.175											
	A.175 com folha oculta			34 mm	A ≥ 4,60m2	vidro duplo 8 câmara 44.1	35	34	30			

Tabela 3.9 - Soluções de sistema de batente, continuação


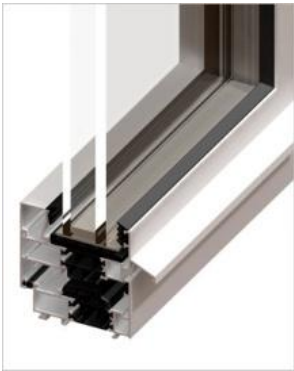

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)											
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr									
<b>EXTRUSAL</b>	<b>Sistema A.100 RPT</b>		1,40 x 2,70																		
	A.165												30 a 46 mm	$A \geq 4,60m^2$	vidro duplo 8 câmara 44.1	35	34	30			
	A.155												20 a 36 mm	$A \geq 4,60m^2$	vidro duplo 8 câmara 44.1	35	34	30			
<b>EXTRUSAL</b>	<b>Sistema A.006</b>		1,00 x 2,10	vidro simples: 4 a 12mm vidro duplo: 18 a 28 mm	$A \geq 4,60m^2$	vidro duplo 8 câmara 6	32	31	27												
	<b>Sistema A.040</b>		1,40 x 2,70	4 a 24 mm	$A \geq 4,60m^2$	vidro duplo 8 câmara 6	32	31	27												

Tabela 3.10 - Soluções de sistema de batente, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)			
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr	
<b>SAPA</b>	<b>BW</b>			18, 22 ou 24 mm	1,80 x 2,10	33.1(12) 33.1	37	36	33				
	Janela 2 folhas												
	<b>BWi</b>												
	Janela 2 folhas												
	<b>BX</b>			36 mm	1,23 x 1,48	6 (12) 33.1	42	41	39	37			
	Janela 2 folhas												
	<b>BXi</b>												
	Janela 2 folhas												

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico

Tabela 3.11 - Soluções de sistema de batente, continuação


Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>SAPA</b>	<b>BZi</b>						38	40				
	Janela 2 folhas											
	<b>BZi Oculto</b>						38	40				
	Janela 2 folhas											

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.12 - Soluções de sistema de batente, continuação

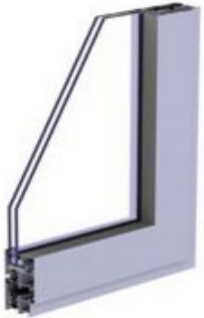
Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>NAVARRA</b>	n 18 200			9 a 56 mm			38	37	32	40	38	33
	n 14 300			51 mm			38	37	34			
Janela oscilo batente + fixo												

Tabela 3.13 - Soluções de sistema de batente, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)										
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr								
<b>NAVARRA</b>	<b>n 14 200</b>			46 mm																
	Janela oscilo batente 2 folhas												1,20 x 1,20	8 (16) 16	37	36	33			
	Janela oscilo batente 2 folhas												1,80 x 2,20	8 (16) 16	34	32	29			
	Janela oscilo batente 2 folhas												1,80 x 2,20	4 (16) 6	38	37	35			
	Porta 2 folhas batente												1,80 x 2,20	4 (16) 6	32	31	30			

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.14 - Soluções de sistema de batente, continuação



Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
NAVARRA	n 14 100			38 mm								
	Janela oscilo batente 2 folhas				1,80 x 2,20	6 (16) 10	37	36	34			
	Porta pedonal 2 folhas				1,80 x 2,20	4 (16) 6	30	29	27			

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.15 - Soluções de sistema de batente, continuação



Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
NAVARRA	n 16 000			12 a 75mm			34	33	30	35	34	30
	n 10 000 Janela 2 folhas				2,00 x 1,60		38	37	34			

Tabela 3.16 - Soluções de sistema de batente, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>NAVARRA</b>	n 12 000 Porta pedonal 2 folhas				1,80 x 2,20	4 (16) 6	30	29	28			
	n 13 000s Porta pedonal 2 folhas				1,80 x 2,20	4 (16) 6	32	32	30			



**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.17 - Soluções de sistema de batente, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>CORTIZO</b>	<b>COR 60 RPT</b>  Janela 2 folhas		1,50 x 2,60	46mm	1,24 x 1,49	66.1 (8) 44.1	45	44	41			
	<b>COR 70 FOLHA OCULTA RPT</b> Janela oscilobatente de 1 folha		1,30 x 2,40	40mm	1,23 x 1,48	5 (20) 5	31	30	28			
	Janela oscilobatente de 1 folha				1,24 x 1,49	44.1 (16) 55.1	42	41	38			


**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.18 - Soluções de sistema de batente, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>CORTIZO</b>	<b>COR 70</b> <b>INDUSTRIAL RPT</b> Janela oscilo batente de 2 folhas		1,50 x 2,60	46mm	1,24 x 1,49	66.1 (8) 44.1	45	44	41			
	<b>COR 80</b> <b>INDUSTRIAL RPT</b> Janela oscilo batente de 2 folhas		1,60 x 2,60	65mm	1,23 x 1,48	6 (24) 6	37	35	34			



**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.19 - Soluções de sistema de batente, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>CORTIZO</b>	<b>COR 3000 RPT</b>		1,50 x 2,40	31mm	1,24 x 1,49	66.1 (8) 44.1	43	42	40			
	Janela de 2 folhas											

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.20 - Soluções de sistema de batente em madeira

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
Ogiva	Gaulhofer					6 (16) 4	37			36		
Ogiva	Pana					6(18) 4	32			34		

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.21- Soluções de sistema de batente em madeira, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>Maciça</b>	Janela de 2 folhas (1 folha batente e 1 folha oscilobatente)		1,23 x 1,48			6(14) 5	37	36	31	32	31	28
<b>Carpintaria CasaNova</b>	<b>CN 92 mm</b>			50 a 48 mm			45			51		

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.22 - Soluções de sistema de correr


Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>TECHNAL</b>	<b>LUMEAL / LUMEAL XXL</b>		5,30 x 2,70 (Janela de sacada 2 folhas) 6,00 x 3,00 (Janela de sacada 2 folhas)									
	Janela 2 carris - 1 folha + 1 fixo				1,40 x 1,39	44.Si (14) 10	40	39	37	42	40	38
	Janela 2 carris - 1 folha + 1 fixo-PMR				1,40 x 1,39	44.Si (14) 10	39	39	37	42	40	38
	Janela 2 carris - 2 folhas				1,40 x 1,39	44.Si (14) 10	38	38	36	42	40	38
	Janela 2 carris - 2 folhas - PMR				1,40 x 1,39	44.Si (14) 10	37	37	35	42	40	38

Tabela 3.23 - Soluções de sistema de correr, continuação


Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>TECHNAL</b>	<b>LUMEAL / LUMEAL XXL</b>		5,30 x 2,70 (Janela de sacada 2 folhas) 6,00 x 3,00 (Janela de sacada 2 folhas)									
	Porta-Janela 2 carris - 1 folha + 1 fixo				2,20 x 2,80	44.Si (14) 10	38	37	35	42	40	38
	Porta-Janela 2 carris - 2 folhas aro oculto				2,27 x 2,95	44.Si (14) 10	37	36	34	42	40	38
	Porta-Janela 2 carris - 2 folhas				2,20 x 2,80	44.Si (14) 10	38	37	35	42	40	38

Tabela 3.24 - Soluções de sistema de correr, continuação


Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)				
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr		
<b>TECHNAL</b>	<b>SOLEAL</b>		4,30 x 2,60 (Janela de sacada 2 folhas)											
	Janela de peito 2 carris - 2 folhas						1,85 x 1,48	4 (16) 8	33	32	30	36	34	31
	Janela de peito 2 carris - 2 folhas						1,85 x 1,48	6 (16) 10	36	35	34	37	36	34
	Janela de peito 2 carris - 2 folhas						1,85 x 1,48	44.1s (14) 10	37	37	35	42	41	37

Tabela 3.25 - Soluções de sistema de correr, continuação


Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>TECHNAL</b>	<b>SOLEAL</b>		4,30 x 2,60 (Janela de sacada 2 folhas)									
	Janela de sacada 2 carris - 2 folhas				2,35 x 2,18	4 (16) 8	35	34	31	36	34	31
	Janela de sacada 2 carris - 2 folhas				2,35 x 2,18	6 (16) 10	36	34	32	37	36	34
	Janela de sacada 2 carris - 2 folhas				2,35 x 2,18	44.1 (14) 10	36	35	34	42	41	37

Tabela 3.26 - Soluções de sistema de correr, continuação


Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>TECHNAL</b>	<b>EASY SLIDE</b>		1,90 x 2,20 (Janela de sacada 2 folhas)	6 a 25 mm								
	Janela 2 folhas				1,30 x 1,30	27						
	Janela de sacada 2 folhas				1,60 x 2,20	26						
	Janela de sacada 4 folhas				3,50 x 2,10	26						

Tabela 3.27 - Soluções de sistema de correr, continuação


Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>TECHNAL</b>	<b>CITAL</b>		2,50 x 2,50	4 a 18 mm								
	Janela 2 carris - 2 folhas				1,23 x 1,48	33.1 (8) 4	27	26	26			
	Janela 2 carris - 2 folhas				1,60 x 2,20	4 (10) 4	26	25	24			
	Janela 2 carris - 2 folhas				1,20 x 1,20	4 (10) 4	27	26	25			

Tabela 3.28 - Soluções de sistema de correr, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)								
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr						
<b>SOSOARES-EURO2000</b>	<b>Sistema JE</b>			24 a 34 mm														
	Janela 2 folhas												1,475 x 1,225	8 (16) 6	30			
	Janela 2 folhas												3,50 x 2,50	8 (16) 6	30			
	<b>Sistema JE</b>	Janela 2 folhas			32 mm	4,00 x 2,70	8 (16) 6	30										

Tabela 3.29 - Soluções de sistema de correr, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>SOSOARES-EURO2000</b>	<b>Sistema PE+</b> Janela 2 folhas			4 a 41 mm	4,00 x 2,70	8 (14) 44.1	30					
	<b>Sistema TL</b>			12 a 22 mm								
	Janela 2 folhas		2,20 x 2,40		6 (10) 5	30						
	Janela 2 folhas		1,60 x 1,40		6 (10) 5	30						

Tabela 3.30 - Soluções de sistema de correr, continuação

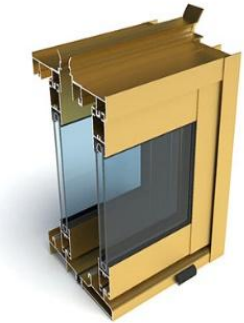

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>SOSOARES-EURO2000</b>	<b>Sistema JM</b> Janela 2 folhas			6 a 18 mm	1,20 x 1,20		30					
	<b>Sistema JF</b> Janela 2 folhas			6 a 20 mm	2,00 X 2,25		30					

Tabela 3.31 - Soluções de sistema de correr, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>SOSOARES-EURO2000</b>	<b>Sistema SP</b> Janela 2 folhas			6 a 17 mm	2,00 X 2,25		30					
	<b>Sistema PL</b> Janela 2 folhas			6 a 22 mm	2,00 X 2,25		30					

Tabela 3.32 - Soluções de sistema de correr, continuação



Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>EXTRUSAL</b>	<b>Sistema B.150 RPT</b>		3,00 x 3,00	vidro duplo ou triplo: 44 mm	$A \geq 4,60m^2$	vidro duplo 8 câmara 6	26	25	24			
	<b>Sistema B.095 RPT</b>		3,00 x 3,00	vidro duplo: 28 a 34 mm	$A \geq 4,60m^2$	vidro duplo 6 câmara 8	26	25	24			

Tabela 3.33 - Soluções de sistema de correr, continuação



Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>EXTRUSAL</b>	<b>Sistema B.005 RPT</b>		1,20 x 2,00	vidro simples: 4 a 6 mm vidro duplo: 16 mm	$A \geq 4,60m^2$	vidro duplo 6 câmara 4	26	25	24			
	<b>Sistema B.055 RPT</b>		2,00 x 2,50	vidro duplo: 22, 24 ou 26 mm	$A \geq 4,60m^2$	vidro duplo 6 câmara 55.1	27	26	25			

Tabela 3.34 - Soluções de sistema de correr, continuação


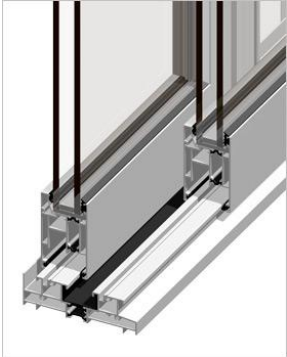



Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>EXTRUSAL</b>	<b>Sistema B.080</b>		2,00 x 2,30	vidro simples: 4 a 6 mm vidro duplo: 20 a 22 mm	$A \geq 4,60m^2$	vidro duplo 8 câmara 6	26	25	24			
	<b>Sistema B.100 RPT</b>		3,00 x 3,00	vidro duplo: 30 a 36 mm	$A \geq 4,60m^2$	vidro duplo 6 câmara 55.1	27	26	25			

Tabela 3.35 - Soluções de sistema de correr, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
SAPA	CX			14, 16, 20 e 22 mm		33.1 (8) 6	29	28	27	36		
	CXi		1,00 x 2,20	20, 22 e 24 mm		33.1 (12) 6	29	28	27	37		
	WIDESLIDE 250 Janela 2 folhas		3,30 x 2,30	20, 24, 26, 30 ou 34 mm	2,765 x 3,455	44.1 (12) 10	35	34	32	41		

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.36 - Soluções de sistema de correr, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>Navarra</b>	n 24 000Onurb  Janela 2 folhas + fixo		3,30 x 2,30	28 mm	1,192 x 1,392	6 (12) 8	33	32	31			

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.37 - Soluções de sistema de correr, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>Navarra</b>	<b>n 24 200</b>			32 mm								
	Janela peitoril 2 folhas				2,80 x 1,40	28	27	26				
	Porta sacada 3 folhas				2,80 x 2,20	28	27	26				
	Porta sacada 4 folhas tri-rail				2,80 x 2,20	28	27	26				

Tabela 3.38 - Soluções de sistema de correr, continuação



Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>Navarra</b>	n 20 200 Janela 2 folhas			18 mm	2,00 x 1,30		30	29	28			
	n 21 000 Janela 2 folhas			18 mm	2,00 x 1,30		30	29	28			

Tabela 3.39 - Soluções de sistema de correr, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>Navarra</b>	n 22 000 Janela 2 folhas			22 mm	2,00 x 1,40		30	29	28			
	n 25 400 Janela 2 folhas			28 e 30 mm			30	29	28			

Tabela 3.40 - Soluções de sistema de correr, continuação



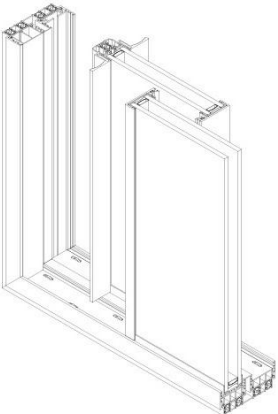
Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
Navarra	n 25 000 Janela 2 folhas				2,40 x 1,60		30	29	28			
	n 26 200 Janela 2 folhas			44mm			30	29	28			

Tabela 3.41 - Soluções de sistema de correr, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)		
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr
<b>OTIMAH!</b>	<b>OTIMAH! 38 mm</b> Janela 1 folha de correr e outra fixa			38 mm	1,23 x 1,48	44.2 (18) 66.2	38	38	36			

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

Tabela 3.42 - Soluções de sistema de correr, continuação

Fabricante	Modelo/Tipologia	Figura	Dimensões máximas (m)	Enchimento máximo (mm)	Dimensões (m)	Vidro (mm)	Janela (dB)			Vidro (dB)				
							Rw	Ra	Ra,tr	Rw	Ra	Ra,tr		
CORTIZO	<b>4200 CORRER RPT</b> Janela 2 folhas		4,40 x 2,60 janela 2 folhas	26mm	1,24 x 1,49	44 (10) 33	37	36	35					
	<b>COR VISION CORRER RPT</b> Janela 1 folha + fixo		4,40 x 3,00 janela 2 folhas	30mm	1,23 x 1,49	Fixo: 66.2(10)55.2	41	40	38					
	Correr: 55.2(12)44.2													
	4 (24) 4					31				30	27			
	55.2 (12) 44.2					38				37	36			
Janela 2 folhas					1,23 x 1,48	4 (24) 4	31	30	27					
Janela 2 folhas					1,23 x 1,49	55.2 (12) 44.2	38	37	36					

**NOTA:** os valores de **Rw**, **Ra** e **Ra,tr** foram obtidos através de ensaios de desempenho acústico.

### 3.1.3 Observações

As janelas e portas são na maioria dos casos os elementos de fachada menos eficazes no que diz respeito a isolamento sonoro, pelo que, se torna fundamental fazer uma escolha adequada que permita atingir no mínimo os requisitos regulamentares ou outros critérios de conforto pretendidos.

Na seleção da caixilharia deve-se ter em consideração os níveis de ruído existentes no local onde se situa o edifício. Este é um fator determinante para se evitar um futuro desconforto no interior do edifício provocado por ruídos provenientes do exterior do mesmo. Para além da caixilharia escolhida, o vidro, a tipologia e o sistema de abertura utilizados vão influenciar significativamente o seu desempenho acústico.

As caixilharias podem ser constituídas por diferentes materiais, mas o levantamento feito para este estudo limitou-se a dois dos materiais mais utilizados em Portugal, o alumínio e a madeira. É também sobre estes dois materiais que incide maior preferência por parte dos arquitetos.

O alumínio tem como principais vantagens a estabilidade dimensional, com elevada resistência mecânica e elevada resistência à corrosão. Consequentemente, estas propriedades conduzem a elevada durabilidade deste material. No que respeita a desvantagens, devido à sua elevada condução térmica e elétrica, este permite que ocorram perdas energéticas significativas. Estas caixilharias estão também sujeitas a uma maior probabilidade de ocorrência de condensações superficiais.

No caso da madeira, a questão estética é tida como grande vantagem, aliando ainda o facto de ser um material com baixa transmissão térmica. Como desvantagens, destacam-se a sua instabilidade dimensional quando sujeita a ambientes húmidos e mudanças de temperatura, e ainda a sua degradação. É um material que exige uma manutenção mais recorrente e com custos elevados inerentes. O preço deste tipo de caixilharias também se torna numa desvantagem pois revela-se bastante superior quando comparado com outros materiais, nomeadamente, o alumínio.

A tabela seguinte, apresenta um resumo de algumas das vantagens e desvantagens dos dois materiais.

Tabela 3.43– Vantagens e desvantagens dos materiais (Adaptado de: [5])

<b>Material</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Alumínio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilidade dimensional</li> <li>• Elevada resistência mecânica</li> <li>• Elevada resistência à corrosão</li> <li>• Elevada durabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada condução térmica e elétrica</li> <li>• Perdas energéticas significativas</li> <li>• Maior probabilidade de ocorrência de condensações superficiais</li> </ul>
<b>Madeira</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estética</li> <li>• Baixa transmissão térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preço elevado</li> <li>• Instabilidade dimensional</li> <li>• Maiores cuidados de manipulação e de manutenção</li> </ul>

### 3.1.4 Condições técnicas de execução

No que diz respeito às condições técnicas de execução destes elementos, se os conjuntos caixilharia+vidro a instalar não possuírem valores de ensaio de desempenho acústico deverão ser realizados ensaios acústicos para a seleção dos mesmos e verificação da respetiva adequabilidade.

Para que seja garantida uma perfeita colmatação das juntas existentes entre elementos fixos e móveis, todos os vãos de abrir devem ser dotados de pelúcias ou empanques de borracha.

As caixilharias deverão ser o mais estanque possível, pelo que, sempre que possível deverão ser adotadas soluções de caixilharia do tipo batente, oscilo-batente, oscilo-paralelas, fixas ou elevatórias devido ao seu melhor desempenho acústico espectral.

Para um melhor desempenho acústico deverão ser adotadas caixilharias com o valor de  $R_w$  igual ou superior ao do vidro a aplicar na mesma.

Na escolha dos conjuntos caixilharia+vidro, é fundamental que exista coordenação entre as exigências acústicas, estruturais, térmicas e de ventilação. Quando existe esta coordenação entre as diferentes especialidades torna-se mais fácil garantir a adequabilidade da solução escolhida, assegurando que esta cumpre os requisitos exigidos pelas diferentes áreas.

### **3.1.5 Conclusões**

Uma das conclusões a reter deste estudo está relacionado com o sistema de abertura. De um modo geral, as soluções com sistema de batente revelaram ter desempenho acústico superior a todas as soluções com sistema de correr.

Foi também notada a forte influência do vidro escolhido no desempenho acústico do conjunto. As soluções que integram vidros com características melhores, designadamente, vidros com maior espessura e com películas de polivinil butiral, apresentam melhores resultados.

Este estudo permitiu também perceber como os diferentes fabricantes abordam o desempenho acústico dos seus produtos e a informação que disponibilizam aos seus clientes.

A maioria dos fabricantes não demonstra grande preocupação relativamente aos dados técnicos acústicos, uma vez que, os valores que disponibilizam são obtidos através da já referida norma de cálculo NP EN 14351-1, que apenas permite obter valores aproximados e menos fidedignos.

No entanto, há três fabricantes que merecem ser destacados, nomeadamente, Sapa, Navarra e Cortizo. Estes fabricantes são os que tem o maior número de soluções ensaiadas em laboratório, permitindo-lhes assim, apresentar valores mais precisos.

Relativamente às soluções em madeira não foi possível obter um estudo com tantas soluções, em parte por existirem menos fabricantes no mercado nacional em comparação com os fabricantes de caixilharias de alumínio, mas também porque, quando contactados, não possuíam ou disponibilizaram informação relativa ao desempenho acústico dos seus produtos.

## **3.2 VIDROS**

O vidro é um material bom condutor de som em comparação com outros materiais utilizados na construção, assumindo-se assim como um material com mau isolamento sonoro. O facto de apresentar espessura reduzida e conseqüente massa reduzida contribui significativamente para esse efeito.

Para atenuar esse efeito, existem no mercado várias soluções e inúmeras combinações possíveis para a composição dos envidraçados.

Começando pelas soluções mais simples, temos os vidros laminados. Este tipo de vidro é normalmente formado por dois vidros simples ligados por uma ou mais películas de plástico, utilizando calor e pressão para garantir essa união entre vidros. As películas mais utilizadas nos vidros laminados são de polivinil butiral (PVB). Estas películas têm 0,38mm de espessura ou 0,76mm no caso de serem utilizadas duas películas em simultâneo. Existem também as denominadas películas de PVB acústicas, que permitem atingir valores de isolamento sonoro mais elevados do que as películas normais.

Estas soluções apresentam melhorias não só em termos do comportamento acústico, mas também em termos de segurança e ótica.

Uma outra solução é a utilização de vidros duplos ou vidros triplos. Neste caso, aumenta-se a capacidade de isolamento do envidraçado combinando dois ou três vidros separados entre si por câmaras de ar.

Os vidros utilizados podem ser simples ou laminados, tanto no pano exterior como no pano interior. No que diz respeito à da câmara de ar, esta pode ser preenchida com ar ou outros gases pesados como por exemplo o árgon.

Neste tipo de soluções de vidros duplos ou triplos, existe uma grande variedade de combinações possíveis, sendo por isso soluções com grande adaptabilidade aos diferentes requisitos que lhes são impostos.

### 3.2.1 Soluções de vidros

As tabelas seguintes, apresentam várias soluções de envidraçados recolhidas através dos diferentes fabricantes. Para cada solução apresenta-se a composição da mesma, a espessura total do envidraçado, o peso e ainda os dados relativos ao desempenho acústico, nomeadamente,  $R_W$ ,  $R_A$  e  $R_{A,tr}$ .

Para cada fabricante, na respetiva tabela, faz-se a distinção do tipo de envidraçado, podendo ser um vidro laminado, vidro duplo, vidro duplo laminado ou vidro triplo. Dentro de cada categoria de tipo de vidro as soluções são apresentadas por ordem ascendente do valor de  $R_W$ .

Tabela 3.44–Soluções de vidro ISOLAR AKUSTEX

Fabricante	Tipo	Composição	Espessura total (mm)	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>w</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dB)	R <sub>A,tr</sub> (dB)
<b>ISOLAR AKUSTEX</b>	<b>Vidro duplo</b>	6 (15) 4	25	25	36	34	31
		8 (15) 4	27	30	37	36	32
		10 (15) 4	29	32	39	37	33
		10 (16) 4	30	35	39	37	33
	<b>Vidro duplo laminado</b>	33 (16) 6	28	30	40	38	33
		44 (16) 6	30	35	42	40	36
		55 (16) 8	35	47	43	41	37
		44 (20) 8	36	40	44	42	36
		44 (16) 10	34	45	45	43	38
		66 (16) 44	38	50	47	45	41
		44 (24) 10	42	45	47	45	40
		66 (20) 44	42	51	49	47	42
		88 (20) 44	46	52	50	49	44
		68 (24) 44	46	56	51	49	45
		88 (16) 66	46	72	51	50	46
		86 (24) 46	49	62	52	50	46
		108 (29) 66	60	77	54	52	49
		<b>Vidro triplo</b>	6 (12) 4 (12) 4	38	35	35	33
	8 (12) 4 (12) 4		40	40	37	36	31
	8 (12) 4 (12) 6		42	45	39	37	34
	6 (12) 4 (12) 44		43	45	42	40	35
	10 (12) 4 (12) 6		44	51	42	41	38
	10 (12) 4 (12) 8		46	55	43	41	38
	8 (12) 4 (12) 44		45	51	43	40	35
	10 (12) 4 (12) 44		47	56	46	45	41
	46 (12) 6 (12) 44		50	61	47	45	40
	66 (12) 6 (12) 44		51	66	49	47	43

Tabela 3.45– Soluções de vidro laminado e vidro duplo SAINT-GOBAIN

Fabricante	Tipo	Composição	Espessura total (mm)	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>w</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dB)	R <sub>A,tr</sub> (dB)	
<b>SAINT-GOBAIN</b>	<b>Vidro laminado</b>	33.1	6	15,5	35	35	32	
		33.2	7	16	35	35	32	
		44.1	8	20,5	37	36	34	
		44.2	9	21	37	37	34	
		55.1	10	25,5	38	38	36	
		55.2	11	26	38	38	36	
		64.1	10	25,5	38	37	35	
		64.2	11	26	38	38	36	
		66.1	12	30,5	39	39	37	
		66.2	13	31	39	39	37	
		68.2	15		40	39	37	
		88.2	17		41	41	38	
		<b>Vidro duplo</b>	4 (12) 4	20	20	30	30	27
			4 (15/16) 4	23/24	20	30	30	27
	6 (12) 6		24	30	33	32	30	
	6 (15/16) 6		27/28	30	33	32	28	
	6 (12) 4		22	25	33	32	29	
	4 (10) 6		20	25	34	33	30	
	4 (12) 8		24	30	34	33	30	
	8 (12) 10		24	30	34	33	30	
	6 (16) 4		26	25	34	33	29	
	4 (12) 6		22	25	34	33	29	
	6 (6) 4		16	25	34	33	30	
	4 (16) 8		28	30	35	34	30	
	8 (16) 4		28	30	35	34	30	
	10 (6) 4		20	25	35	35	32	
	4 (16) 6	26		35	33	30		
	5 (12) 8	25	32,5	36	35	32		
8 (16) 4	28		36	34	31			
6 (12) 10	28	30	37	36	33			

Tabela 3.46 – Soluções de vidro duplo laminado SAINT-GOBAIN

Fabricante	Tipo	Composição	Espessura total (mm)	R <sub>w</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dB)	R <sub>A,tr</sub> (dB)
<b>SAINT-GOBAIN</b>	Vidro duplo laminado	4 (16) 44.2	28	37	35	31
		8 (16) 44.2	33	37	36	32
		44.1 (16Argon) 4	28	38	36	32
		8 (6) 44.2*	23	39	38	34
		44.1 (16Argon) 6	30	39	38	35
		6 (16) 44.1*	30,5	41	39	34
		8 (15) 55.2	34	41	39	36
		10 (12) 44.2*	31	42	40	37
		44.2* (16Argon) 6	31	42	40	35
		66.1 (15) 8	35	43	41	37
		8 (16Argon) 55.2*	35	44	42	38
		10 (16) 66.1*	38	45	44	40
		44.2*(20) 64.2	39	46	45	41
		64.2* (20) 44.2*	40	47	45	40
		44.2*(20) 66.2*	42	49	47	43
44.2*(24) 66.2*	45	50	48	43		

\* Vidro laminado com película PVB STADIP SILENCE.

Exemplo:

44.2 – Dois vidros simples de 4mm separados por duas lâminas de PVB.

44.1- Dois vidros simples de 4mm separados por uma lâmina de PVB.

Tabela 3.47– Soluções de vidro triplo SAINT-GOBAIN

Fabricante	Tipo	Composição	Espessura total (mm)	R <sub>w</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dB)	R <sub>A,tr</sub> (dB)
<b>SAINT-GOBAIN</b>	Vidro triplo	6 (12) 4 (12) 4	38	35	34	30
		8 (12) 4 (12) 4	40	36	35	31
		44.2* (12) 4 (12) 4	41	37	35	31
		44.1 (12) 4 (12) 4	40	38	37	33
		8 (12Argon) 4 (12Argon) 6	42	39	38	35
		10 (12Argon) 4 (12Argon) 6	44	40	39	37
		44.2 (12Argon) 4 (15Argon) 6	46	41	39	35
		6 (12Argon) 4 (12Argon) 44.1*	42	42	41	37
		44.1 (14Argon) 4 (14Argon) 6	46	42	40	35
		6 (12Argon) 44.1 (12Argon) 44.1*	46	44	42	38
		8 (12Argon) 4 (12Argon) 44.1*	44	45	43	39
		10 (12Argon) 6 (12Argon) 44.1	48	46	44	40
		44.2 (12Argon) 6 (12Argon) 33.1	45	46	44	40
		44.1* (12Argon) 4 (12Argon) 44.1*	44	47	45	41
		66.1* (12Argon) 6 (12Argon) 44.1*	50	50	48	44

\* Vidro laminado com película PVB STADIP SILENCE.

Exemplo:

44.2 – Dois vidros simples de 4mm separados por duas lâminas de PVB.

44.1- Dois vidros simples de 4mm separados por uma lâmina de PVB.

Tabela 3.48– Soluções de vidro duplo e duplo laminado GUARDIAN SUN

Fabricante	Tipo	Composição	Espessura total (mm)	R <sub>w</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dB)	R <sub>A,tr</sub> (dB)
<b>GUARDIAN SUN</b>	Vidro duplo	4 (12) 4	20	28	27	25
		5 (12) 5	22	31	30	27
		4 (12) 5	21	32	31	29
		4 (12) 6	22	33	32	30
		4 (12) 8	24	34	33	30
		5 (12) 6	23	34	33	31
		5 (12) 8	25	35	34	31
		6 (12) 8	26	35	34	32
	Vidro duplo laminado	4 (12) 33.1	22	34	33	30
		6 (12) 33.1	24	35	34	30
		4 (12) 33.A*	22	35	34	31
		4 (12) 44.1	24	36	35	31
		4 (12) 55.1	26	36	35	32
		5 (12) 33.1	23	36	35	31
		5 (12) 44.1	25	36	35	32
		33.A* (12) 5	23	36	35	31
		44.A* (12) 5	25	36	35	32
		33.A* (12) 33.1	24	36	35	31
		6 (12) 44.1	26	37	36	32
		6 (12) 55.1	28	37	36	33
		44.1 (12) 55.1	30	37	36	33
		33.1 (12) 8	26	37	36	33
		8 (12) 33.1	26	37	36	33
		4 (12) 44.A*	24	37	36	33

\*(A) Vidro laminado com PVB acústico.

Tabela 3.49 – Soluções de vidro duplo laminado GUARDIAN SUN

Fabricante	Tipo	Composição	Espessura total (mm)	R <sub>w</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dB)	R <sub>A,tr</sub> (dB)
<b>GUARDIAN SUN</b>	Vidro duplo laminado	44.1 (12) 44.1	28	37	36	33
		33.1 (12) 44.1	26	38	37	34
		44.1 (12) 33.1	22	38	37	34
		6 (12) 66.1	30	39	38	35
		66.1 (12) 10	34	39	38	36
		4 (12) 66.A*	28	39	38	34
		6 (12) 44.A*	26	39	38	34
		66.1 (12) 33.1	30	40	39	36
		44.A*(12) 33.A*	26	40	39	36
		6 (12) 66.A*	30	41	40	39
		8 (12) 44.A*	28	41	39	36
		8 (12) 66.A*	32	41	40	37
		66.A* (12) 6	30	41	40	38
		44.A*(12) 8	28	41	39	36
		66.A* (12) 8	32	41	40	37
		44.1 (12) 66.1	32	41	40	38
		66.A* (12) 44.A*	32	45	44	40

\*(A) Vidro laminado com PVB acústico.

Tabela 3.50 – Soluções de vidro triplo GUARDIAN SUN

Fabricante	Tipo	Composição	Espessura total (mm)	R <sub>w</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dB)	R <sub>A,tr</sub> (dB)
<b>GUARDIAN SUN</b>	Vidro triplo	4 (12Argon) 4 (12Argon) 4	36	31	30	27
		4 (14Argon) 4 (14Argon) 4	42	31	30	27
		4 (16Argon) 4 (16Argon) 4	44	32	31	27
		6 (12Argon) 4 (12Argon) 4	38	35	34	31
		8 (12Argon) 4 (12Argon) 4	40	36	34	30
		8 (12Argon) 4 (12Argon) 6	42	38	36	33
		55.A*(18Argon) 4 (18Argon) 4	54	43	41	36
		55.A*(16Argon) 6(16Argon)10	58	46	44	40
		66.A*(16Argon) 6(16Argon)10	60	48	46	43
		88.A*(16Argon)6 (16Argon) 55.A*	64	53	51	47

\*(A) Vidro laminado com PVB acústico.

Na tabela seguinte, apresentam-se as soluções, por tipo de vidro, que revelaram ter o melhor e o pior desempenho acústico.

Tabela 3.51 – Soluções de vidro com o melhor e o pior desempenho

Tipo	Fabricante	Composição	R <sub>w</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dB)	R <sub>A,tr</sub> (dB)
Vidro laminado	SAINT-GOBAIN	33.1	35	35	32
		88.2	41	41	38
Vidro duplo	ISOLAR AKUSTEX	6 (15) 4	36	34	31
		10 (16) 4	39	37	33
	SAINT-GOBAIN	6 (12) 6	33	32	30
		10 (24) 4	37	36	33
	GUARDIAN SUN	4 (12) 6	33	32	30
		6 (12) 8	35	34	31
Vidro duplo laminado	ISOLAR AKUSTEX	33 (16) 6	40	38	33
		108 (29) 66	54	52	49
	SAINT-GOBAIN	4 (16) 44.2	37	35	31
		44.2 (24) 66.2	50	48	43
	GUARDIAN SUN	4 (12) 33	34	33	30
		66.A (12) 44.A	45	44	40
Vidro triplo	ISOLAR AKUSTEX	6 (12) 4 (12) 4	35	33	29
		66 (12) 6 (12) 44	49	47	43
	SAINT-GOBAIN	6 (12) 4 (12) 4	35	34	30
		66.1 (12Argon) 6 (12Argon) 44.1	50	48	44
	GUARDIAN SUN	6 (12Argon) 4 (12Argon) 4	35	34	31
		88.A (16Argon) 6 (16Argon) 55.A	53	51	47

**Legenda:**

	Vidros com menor valor de R <sub>w</sub>
	Vidros com maior valor de R <sub>w</sub>

### 3.2.2 Observações

Na composição dos envidraçados, nos vidros laminados recorre-se muitas vezes à utilização de lâminas de PVB com tratamento especial acústico. Graças a esse tratamento a que são submetidas, estas lâminas revelam melhor desempenho acústico do que as convencionais para espessuras de lâmina iguais. Este tipo de solução é muitas vezes utilizado, pois possibilita valores de índice de redução sonora elevados sem aumentar exageradamente o peso e a espessura dos envidraçados.

No que diz respeito à composição dos vidros duplos, estes podem ser divididos em três tipos de combinação: os vidros duplos com vidros simples no pano exterior e interior, os vidros duplos com vidro laminado num dos panos e vidro simples no outro e ainda vidros duplos com vidros laminados nos dois panos. O enchimento da câmara de ar, é normalmente feito com ar, mas podem ser usados outros gases, sendo que o mais recorrente é o uso de argon.

Para garantir que se cumpre os valores estipulados no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) recomenda-se que os envidraçados tenham um índice de redução sonora igual ou superior ao da caixilharia onde irão ser aplicados.

O uso de envidraçados com índice de redução sonora inferior a 33dB não é aconselhável, uma vez que, com envidraçados com valores inferiores a este se torna difícil garantir que o conjunto caixilharia+vidro cumpre a regulamentação.

### 3.2.3 Conclusões

Regra geral, o isolamento acústico de um vidro, melhora o seu desempenho quanto maior for a espessura do vidro. No entanto, no caso dos vidros duplos ou triplos, existem outros fatores que influenciam a capacidade de isolamento acústico.

A frequência crítica ocorre quando a frequência de um dado ruído coincide com a frequência do vidro, este fenómeno faz com que o vidro não ofereça resistência e seja atravessado pela frequência sem nenhuma redução sonora. Para evitar este fenómeno, não devem ser usados vidros com espessuras iguais no pano exterior e interior, para que a frequência crítica seja diferente nos dois panos. Quanto maior for a diferença de espessura desses vidros maior será a redução acústica.

Relativamente à espessura da câmara de ar, entre uma espessura de 6mm ou 20mm pode existir uma ligeira diferença, cerca de 1-2dB, mas essa ligeira diferença existente faz com que não seja um fator primordial para melhorar o isolamento acústico.

No caso da SAINT-GOBAIN, este fabricante apresenta duas opções para vidros laminados, as películas STADIP e STADIP SILENCE. Ambas contribuem para uma clara melhoria do isolamento acústico, mas o que as distingue é o facto de, no caso das STADIP SILENCE, as películas terem um tratamento especial acústico. Este tratamento permite que as soluções, comparando envidraçados com espessuras iguais, tenham melhor desempenho acústico, do que as soluções que utilizam as películas tradicionais STADIP.

Das várias combinações referidas, excluindo os vidros triplos, por serem pouco utilizados no nosso país, devido às nossas condições climáticas relativamente amenas, o uso de vidro duplo com vidros laminados em ambos os panos com espessuras diferentes é aquela que permite atingir um índice de redução sonora mais elevado, sendo por isso, a combinação mais indicada para edifícios situados em zonas sujeitas a elevados níveis de ruído.

## CAPÍTULO 4 ISOLAMENTO SONORO DOS ELEMENTOS DE SEPARAÇÃO

### 4.1 ISOLAMENTO SONORO A SONS DE CONDUÇÃO AÉREA

Os sons de condução aérea podem ter origem em fontes sonoras no exterior ou interior dos fogos e são transmitidos pelos elementos de construção unicamente por vibração do ar sem que haja contacto direto com a estrutura. No caso dos elementos de separação, estes são afetados apenas por sons de condução aérea com origem no interior do edifício, como por exemplo, sons provenientes de vozes, televisão, rádio, etc.

No que respeita a regulamentação, no artigo 5º do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), são estipulados os requisitos acústicos a atingir.

Assim sendo, temos:

- $D_{n,w} \geq 50$  dB entre compartimentos de um fogo e quartos ou zonas de estar de outro fogo;
- $D_{n,w} \geq 48$  dB entre locais de circulação comum e quartos ou zonas de estar de outro fogo;
- $D_{n,w} \geq 40$  dB entre locais de circulação comum e quartos ou zonas de estar de outro fogo, se o local emissor for um caminho de circulação vertical (edifício com ascensores);
- $D_{n,w} \geq 50$  dB entre locais de circulação comum e quartos ou zonas de estar de outro fogo, se o local emissor for uma garagem de estacionamento automóvel;
- $D_{n,w} \geq 58$  dB entre locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão e quartos ou zonas de estar dos fogos;

O parâmetro  $D_{n,w}$  caracteriza o isolamento a sons de condução aérea, entre compartimentos de um fogo e quartos ou zonas de estar de outro fogo adjacente.

Os elementos de separação são normalmente constituídos por camadas e podem ser distinguidos em três categorias: os que são compostos por camadas pesadas, por camadas leves ou por camadas mistas.

As soluções de elementos de separação de camadas pesadas, baseiam-se na lei da massa para melhorar o seu comportamento no isolamento de sons de condução aérea. O aumento da massa é habitualmente feito através da duplicação dos elementos de separação, como por exemplo, a duplicação dos panos de parede.

No caso das soluções de elementos de separação de camadas leves, baseiam-se também na lei da massa, mas a melhoria do seu desempenho acústico dá-se essencialmente devido à separação elástica das camadas e a consequente diminuição da transmissão sonora. Esta separação elástica é conseguida através da fixação de painéis leves, normalmente, são placas de gesso cartonado ou painéis de aglomerado de madeira a uma estrutura de suporte independente.

Por último temos o caso de elementos de separação de camadas mistas. Nestas soluções a diminuição de transmissão sonora é conseguida não só com base nos mesmos princípios das soluções anteriormente descritas, isto é, a lei da massa e a separação elástica das várias camadas, mas também tendo em conta a capacidade de absorção sonora que os materiais possuem para diminuir o nível sonoro dentro da caixa-de-ar.

A caixa-de-ar poderá ser parcialmente ou totalmente preenchida com esses materiais com boa absorção sonora, sendo que, dos mais utilizados se destacam a lã de rocha ou a lã de vidro.

Habitualmente, estas soluções são constituídas por uma camada pesada, por exemplo alvenaria de tijolo, uma caixa-de-ar preenchida por um material com boa absorção sonora e por uma camada leve, por exemplo painéis de gesso cartonado.

#### 4.1.1 Paredes

A evolução dos sistemas construtivos levou a que, nos dias de hoje, os edifícios em Portugal apresentem maioritariamente estruturas reticuladas de betão armado. A utilização deste tipo de estrutura libertou as paredes de desempenhar funções suporte e conseqüentemente o aparecimento de novas soluções construtivas para as mesmas.

Nos dias que correm, soluções de paredes de alvenaria de tijolo e de blocos de betão são as mais utilizadas em detrimento das paredes de pedra, muito usadas anteriormente.

Para fazer face às exigências impostas pela regulamentação térmica e acústica, são geralmente utilizadas soluções de paredes duplas de alvenaria nas fachadas e soluções de alvenaria simples nas paredes de compartimentação.

No que respeita a acústica, o desempenho acústico destes elementos de separação é estimado através do isolamento sonoro a sons de condução aérea que estes apresentam. Deste modo, as paredes assumem assim um papel preponderante para garantir o conforto no interior das habitações.

Neste capítulo, são apresentadas várias soluções de paredes e estimado o seu desempenho acústico. Para facilitar a sua análise, as soluções estão divididas em diferentes categorias, nomeadamente:

- Paredes simples de alvenaria;
- Paredes duplas de alvenaria;
- Paredes duplas mistas;
- Paredes duplas leves.

#### 4.1.1.1 Paredes simples de alvenaria

As paredes simples de alvenaria são habitualmente compostas por um pano de alvenaria, com uma ou mais camadas de revestimento.

O tijolo cerâmico furado é o material utilizado com mais frequência na construção corrente. Geralmente são usados tijolos com espessuras de 7, 9, 11, 15 ou 20 cm e posteriormente aplicadas camadas de reboco com 2 ou 2,5 cm.

Outro material bastante usado em paredes de alvenaria são os blocos de betão. Estes blocos tem espessuras entre os 10 e os 25 cm e, tal como acontece nas paredes compostas por tijolos, costumam ser aplicadas camadas de reboco.

O desempenho acústico das soluções apresentadas foi estimado, segundo uma metodologia de cálculo baseada no modelo de Bem Sharp (1973) adaptada por David Bies e Colin Hansen.

Na tabela seguinte, são apresentadas algumas soluções de paredes simples de alvenaria, especificando a sua composição, espessura e massa. O seu desempenho acústico é apresentado através do índice de redução sonora  $R_w$ .

Tabela 4.1 – Soluções de paredes simples de alvenaria

<i>Paredes simples de alvenaria</i>					
<b>Empresa</b>	<b>Solução</b>	<b>Composição (mm)</b>	<b>Espessura total (mm)</b>	<b>Massa total (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Rw (dB)</b>
-	PS1	Reboco 20 + Tijolo furado 70 + Reboco 20	110	163	40
	PS2	Reboco 20 + Tijolo furado 110 + Reboco 20	150	215	44
	PS3	Reboco 20 + Tijolo furado 150 + Reboco 20	190	267	45
	PS4	Reboco 20 + Tijolo furado 200 + Reboco 20	240	332	47
<b>Previcon</b>	PS5	Reboco 20 + Bloco betão leve 150 + Reboco 20	190	245	46
	PS6	Reboco 20 + Bloco betão leve 200 + Reboco 20	240	302	49
	PS7	Reboco 20 + Bloco betão leve 250 + Reboco 20	290	360	50
<b>Artebel</b>	PS8	Reboco 20 + Bloco betão maciço 150 + Reboco 20	190		49

No ANEXO I do presente documento é possível consultar um exemplo de cálculo e o respetivo esquema de uma das soluções acima apresentadas.

#### 4.1.1.2 Paredes duplas

As paredes duplas são essencialmente compostas por dois panos intercalados por uma caixa de ar. Nos panos podem ser utilizados diversos materiais e a caixa de ar pode ser estar vazia ou preenchida.

Uma parede dupla pode ver a sua capacidade de isolamento reduzida devido à ocorrência de fenómenos de ressonância do conjunto e da própria caixa de ar. Para evitar que estes fenómenos ocorram, deve se optar por materiais diferentes e espessuras assimétricas para os panos da parede, evitando assim ressonâncias do conjunto. A utilização de materiais absorventes e flexíveis, no interior da caixa de ar, é a opção mais comum para evitar as ressonâncias desta.

As soluções de paredes duplas, estudadas neste manual, estão divididas em três categorias:

- Paredes duplas de alvenaria;
- Paredes duplas mistas;
- Paredes duplas leves.

No caso das paredes duplas de alvenaria, estas são constituídas por um pano de alvenaria, uma caixa de ar e outro pano de alvenaria.

As paredes duplas mistas, baseiam-se na combinação de materiais pesados e materiais leves. A sua constituição é geralmente feita por um pano de alvenaria (material pesado), uma caixa de ar e um painel de um material leve.

Já as paredes duplas leves, são compostas por um painel leve, uma caixa de ar e outro painel leve.

O desempenho acústico das soluções apresentadas foi estimado, segundo uma metodologia de cálculo baseada no modelo de Mathias Meisser (1973), adaptada por A. Tadeu e D. Mateus – FCTUC.

#### 4.1.1.2.1 Materiais de isolamento acústico em paredes

As lãs minerais, nomeadamente, a lã de rocha e a lã de vidro, são dos materiais mais utilizados como isolamento em caixas de ar de paredes duplas.

Este são materiais fáceis de manusear, incombustíveis e imputrescíveis, tendo ainda a vantagem de funcionarem como isolamento térmico e acústico em simultâneo.

Os vários fabricantes existentes no mercado, comercializam estes materiais sob a forma de mantas ou de painéis rígidos com espessuras e dimensões variáveis. A sua colocação em obra pode ser feita por fixação mecânica, no caso dos materiais mais densos e rígidos ou por colagem, no caso de materiais mais leves e flexíveis.



Figura 4.1– Manta de lã mineral e painéis de lã mineral (Fonte: Isover)

A empresa ROCKWOOL, comercializa uma vasta gama de produtos de isolamento, compostos por lã de rocha com diferentes densidades. Alguns exemplos desses produtos são:

- CONFORTPAN 208 ROXUL: Pannel semirrígido de lã de rocha não revestido, com densidade de 30 Kg/m<sup>3</sup>.

Este pannel está disponível com diferentes dimensões, sendo que, a menor dimensão possível será 1350 x 400 x 40 (mm), com um custo de 3,28 €/m<sup>2</sup> e a maior dimensão será 1350 x 600 x 120 (mm), com um custo de 9,66 €/m<sup>2</sup>.

- LUSOROCK 212: Pannel semirrígido de lã de rocha não revestido, com densidade de 40 Kg/m<sup>3</sup>.

Este pannel está disponível com diferentes dimensões, sendo que, a menor dimensão possível será 1350 x 400 x 40 (mm), com um custo de 4,48 €/m<sup>2</sup> e a maior dimensão será 1350 x 600 x 80 (mm), com um custo de 9,76 €/m<sup>2</sup>.

- ALPHAROCK 225: Pannel rígido de lã de rocha não revestido, com densidade de 70 Kg/m<sup>3</sup>.

Este pannel está disponível com diferentes dimensões, sendo que, a menor dimensão possível será 1350 x 400 x 40 (mm), com um custo de 6,46 €/m<sup>2</sup> e a maior dimensão será 1350 x 600 x 80 (mm), com um custo de 12,98 €/m<sup>2</sup>.



Figura 4.2- ALPHAROCK 225 (Fonte: ROCKWOOL)

A IMERALUM é uma empresa que também comercializa materiais de isolamento acústico para paredes, nomeadamente, o IMPERSOM PAREDES. Este é composto por de lã de rocha, com densidade de  $70 \text{ Kg/m}^3$ , estando disponível em painel com  $1350 \times 600 \text{ mm}$ , podendo ter espessura de 40 ou 50 mm. O painel com menor espessura tem um custo de  $5,06 \text{ €/m}^2$  e o de maior espessura  $6,47 \text{ €/m}^2$ .

Existem também produtos multicamada que resultam da combinação das lãs minerais com outros materiais de isolamento, nomeadamente, membranas acústicas. Estes são produtos concebidos especificamente para isolamento sonoro a sons de condução aérea.

Um exemplo desses materiais multicamada é: TECSOUND 2FT, comercializado pela empresa TEXSA.



Figura 4.3- TECSOUND 2FT (Fonte: TEXSA)

Esta solução tem uma espessura total de 24 mm e é composta por duas camadas de lã sintética, com densidade de  $60 \text{ Kg/m}^3$ , intercaladas por uma membrana sintética com base polimérica de alta densidade, sem asfalto. Este material é fornecido em rolos de  $1,20 \text{ m} \times 5,50 \text{ m}$  e tem um custo de  $18,10 \text{ €/m}^2$ .

A empresa DANOSA também disponibiliza algumas soluções de materiais multicamada, nomeadamente, o DANOFON.



Figura 4.4- DANOFON (Fonte: DANOSA)

O DANOFON tem uma espessura total de 28 mm e é composto por duas camadas de lã sintética com 50 Kg/m<sup>3</sup> de espessura de 12 mm cada camada. As camadas são intercaladas por uma membrana asfáltica de alta densidade com 4 mm de espessura. Este material é fornecido em rolos de 1,0 m x 6,0 m e tem um custo de 15,80 €/m<sup>2</sup>. Acusticamente, este material funciona como isolante a baixas, médias e altas frequências.

Outra solução, disponibilizada pela DANOSA, é o ACUSTIDAN.



Figura 4.5 - ACUSTIDAN (Fonte: DANOSA)

Este material é composto por duas camadas. Uma camada de lã sintética, de  $50 \text{ Kg/m}^3$ , com 16 mm de espessura e uma membrana asfáltica de alta densidade. Existem duas versões deste material, o ACUSTIDAN 16/2 e o ACUSTIDAN 16/4. A espessura da membrana acústica é o que varia de entre as duas soluções, sendo que, na primeira a membrana tem uma espessura de 2 mm e na segunda versão 4 mm.

A versão ACUSTIDAN 16/2, tem uma espessura total de 18 mm, é fornecido em rolos de 1,0 m x 6,0 m e tem um custo de  $9,52 \text{ €/m}^2$ .

A versão ACUSTIDAN 16/4, tem uma espessura total de 20 mm, sendo igualmente fornecido em rolos de 1,0 m x 6,0 m e tem um custo de  $11,53 \text{ €/m}^2$ .

Acusticamente, este material funciona como um isolante a baixas frequências.

Um outro material com bastante utilização como isolamento acústico é a cortiça. Habitualmente aplicado sob a forma de placas, o aglomerado de cortiça expandido, à semelhança do que sucede com as lãs minerais, é um material imputrescível e que também funciona como isolamento térmico e acústico. No entanto, apresenta alguma desvantagem em relação às lãs minerais pelo facto de ser um material combustível e mais pesado, limitando a sua utilização.



Estas foram algumas das informações técnicas recolhidas dos diferentes materiais de isolamento acústico existentes no mercado nacional.

#### **4.1.1.2.2 Paredes duplas de alvenaria**

Neste tipo de soluções os materiais mais utilizados nos panos são o tijolo furado, os blocos de betão leve e os blocos de betão maciços. Existem inúmeras combinações possíveis, como por exemplo, utilizar materiais diferentes nos dois panos, adotar espessuras diferentes nos panos, preencher a caixa de ar com material isolante, entre outros.

A composição das soluções aqui apresentadas, teve em consideração os materiais e as combinações mais utilizadas no sector da construção civil em Portugal.

O desempenho acústico das diferentes soluções foi calculado recorrendo a folhas de cálculo programadas, cedidas pela empresa Alfaengenharia. As tabelas que se seguem apresentam as soluções, destacando a sua composição, espessura total e o respetivo valor de  $R_w$ .

Tabela 4.2 – Soluções de paredes duplas de alvenaria

<b>Paredes duplas de alvenaria</b>			
<b>Solução</b>	<b>Composição (mm)</b>	<b>Espessura total (mm)</b>	<b>Rw de cálculo (dB)</b>
PDA1	Reboco 20 + Tijolo furado 110 + Caixa de ar 30 + Tijolo furado 70 + Reboco 20	250	49
PDA2	Reboco 20 + Tijolo furado 110 + Caixa de ar 30 + Tijolo furado 110 + Reboco 20	290	47
PDA3	Reboco 20 + Tijolo furado 150 + Caixa de ar 30 + Tijolo furado 110 + Reboco 20	330	51
PDA4	Reboco 20 + Bloco de betão maciço 100 + Lã mineral 40+ Tijolo furado 110 + Reboco 20	290	55
PDA5	Reboco 20 + Bloco de betão maciço 150 + Lã mineral 40+ Tijolo furado 110 + Reboco 20	340	55
PDA6	Reboco 20 + Bloco de betão maciço 200 + Lã mineral 40+ Tijolo furado 110 + Reboco 20	390	57
PDA7	Reboco 20 + Bloco de betão maciço 100 + Lã mineral 40+ Tijolo furado 150 + Reboco 20	330	57
PDA8	Reboco 20 + Bloco de betão maciço 150 + Lã mineral 40+ Tijolo furado 150 + Reboco 20	380	57
PDA9	Reboco 20 + Bloco de betão maciço 200 + Lã mineral 40+ Tijolo furado 110 + Reboco 20	430	58
PDA10	Reboco 20 + Bloco de betão leve 150 + Lã mineral 40 + Bloco de betão leve 150 + Reboco 20	380	51
PDA11	Reboco 20 + Bloco de betão leve 200 + Lã mineral 40 + Bloco de betão leve 150 + Reboco 20	430	56
PDA12	Reboco 20 + Bloco de betão leve 250 + Lã mineral 40 + Bloco de betão leve 150 + Reboco 20	480	56
PDA13	Reboco 20 + Bloco de betão leve 250 + Lã mineral 40 + Bloco de betão leve 200 + Reboco 20	530	57

No ANEXO I do presente documento é possível consultar um exemplo de cálculo e o respetivo esquema de uma das soluções anteriormente apresentadas.

Na tabela que se segue, são apresentados os valores disponibilizados pelos diferentes fabricantes obtidos através de ensaios em laboratório (Rw). Para além destes valores comerciais são também apresentados os valores obtidos através das folhas de cálculo da empresa Alfaengenharia (Rw de cálculo)

Tabela 4.3 – Soluções de paredes duplas de alvenaria com valor comercial e valor de cálculo

<i>Paredes duplas de alvenaria</i>							
Material absorvente	Empresa	Massa volúmica material (Kg/m <sup>3</sup> )	Solução	Composição	Espessura total (mm)	Rw (dB)	Rw de cálculo (dB)
Cortiça	AMORIM	120	PD 14	Reboco 20 + Tijolo furado 150 + Aglomerado negro de cortiça 40 + Tijolo furado 110 + Reboco 20	340	53	
Lã mineral	TEXSA	60	PD 15	Reboco 15 + Tijolo furado 70 + Lã sintética intercalada com membrana de alta densidade 24 + Tijolo furado 70 + Reboco 15	192	50	48
		60	PD 16	Reboco 15 + Tijolo furado 90 + Lã sintética intercalada com membrana de alta densidade 24 + Tijolo furado 90 + Reboco 15	234	57	48
	DANOSA	50	PD 17	Reboco 15 + Tijolo furado 70 + Lã sintética intercalada membrana asfáltica de alta densidade 28 + Tijolo furado 70 + Reboco 15	198	50	48
	URSA		PD 18	Reboco 20 + Tijolo furado 70 + Lã mineral 30 + Tijolo furado 70 + Reboco 20	210	44	49
			PD 19	Reboco 20 + Tijolo furado 70 + Lã mineral 50 + Tijolo furado 70 + Reboco 20	230	44	48
			PD 20	Reboco 20 + Tijolo furado 110 + Lã mineral 30 + Tijolo furado 110 + Reboco 20	290	47	51
			PD 21	Reboco 20 + Tijolo furado 110 + Lã mineral 50 + Tijolo furado 110 + Reboco 20	310	48	51
	IMPERALUM	70	PD 22	Reboco 10 + Tijolo furado 150 + Lã de rocha 50 + Tijolo	370	52	53

#### 4.1.1.2.3 Paredes duplas mistas

Estas soluções combinam panos com materiais pesados e panos com materiais leves. Neste caso, foram utilizados tijolos furados e blocos de betão maciço nos panos pesados e placas de gesso cartonado nos panos leves. Todas as soluções utilizam no interior da caixa de ar lã mineral como material absorvente.

A tabela que se segue apresenta as soluções de paredes duplas mistas estudadas. É apresentada a respetiva composição, espessura total e o seu desempenho acústico ( $R_w$ ).

A solução PM1, apresenta o valor de  $R_w$  obtido através de ensaio em laboratório, disponibilizado pelo fabricante. As restantes soluções foram calculadas com recurso às folhas de cálculo da empresa Alfaengenharia.

No ANEXO I do presente documento é possível consultar um exemplo de cálculo e o respetivo esquema de uma das soluções de seguida apresentadas.

Tabela 4.4 – Soluções de paredes duplas mistas

<b>Paredes duplas mistas</b>					
<b>Material absorvente</b>	<b>Empresa</b>	<b>Solução</b>	<b>Composição (mm)</b>	<b>Espessura total (mm)</b>	<b>Rw (dB)</b>
<b>Lã mineral</b>	<b>IMPERALUM</b>	PM 1	Reboco 10 + Tijolo furado 150 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 13	213	52 *
		PM 2	Reboco 20 + Tijolo furado 70 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 13	143	48
		PM 3	Reboco 20 + Tijolo furado 70 + Lã de rocha 40 + 2 x Gesso cartonado 13	156	48
		PM 4	Reboco 20 + Tijolo furado 110 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 13	183	50
		PM 5	Reboco 20 + Tijolo furado 110 + Lã de rocha 40 + 2 x Gesso cartonado 13	196	50
		PM 6	Estuque 20 + Bloco de betão maciço 100 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 13	183	52
		PM 7	Estuque 20 + Bloco de betão maciço 150 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 13	223	57
		PM 8	Estuque 20 + Bloco de betão maciço 200 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 13	273	59

\* Valor obtido através de ensaio.

#### 4.1.1.2.4 Paredes duplas leves

Este tipo de solução combina dois panos compostos por materiais leves. O material utilizado nos panos são as placas de gesso cartonado.

As tabelas que se seguem apresentam as soluções de paredes leves estudadas. Destacando o material absorvente utilizado e a respetiva massa volúmica, a sua composição, espessura total e o respetivo desempenho acústico  $R_w$ .

Para todas as soluções apresentadas, o valor de  $R_w$  apresentado, foi disponibilizado pelos próprios fabricantes e obtido através de ensaios em laboratório.

No ANEXO I do presente documento é possível consultar o respetivo esquema de uma das soluções apresentadas.

Tabela 4.5 – Soluções de paredes duplas leves

<i>Paredes duplas leves</i>							
Material absorvente	Empresa	Massa volúmica material (Kg/m <sup>3</sup> )	Solução	Composição (mm)	Espessura total (mm)	Rw * (dB)	
Lã mineral	IMPERALUM	70	PL1	Gesso cartonado 13 + Lã de rocha 50 + Gesso cartonado 13	76	51	
		70	PL2	2 x Gesso cartonado 13 + Lã de rocha 50 + Gesso cartonado 13 + membrana acústica 4 + Gesso cartonado 13	106	57	
		18	PL3	2 x Gesso cartonado 13 + Lã de vidro 65 + Gesso cartonado 13 + membrana acústica 4 + Gesso cartonado 13	121	56	
		18	PL4	2 x Gesso cartonado 15 + Lã de vidro 92 + Gesso cartonado 13 + membrana acústica 4 + Gesso cartonado 15	154	61	
	PLADUR			PL5	Gesso cartonado 13 + Lã mineral 46 + Gesso cartonado 13	72	40
				PL6	Gesso cartonado 15 + Lã mineral 46 + Gesso cartonado 15	76	46

\* Valores obtidos através de ensaio.

Tabela 4.6 – Soluções de paredes duplas leves, continuação

<i>Paredes duplas leves</i>						
Material absorvente	Empresa	Massa volúmica material (Kg/m <sup>3</sup> )	Solução	Composição (mm)	Espessura total (mm)	Rw * (dB)
Lã mineral	PLADUR		PL7	Gesso cartonado 15 + Lã mineral 70 + Gesso cartonado 15	100	48
			PL8	2 x Gesso cartonado 13 + Lã mineral 46 + 2 x Gesso cartonado 13	98	51
			PL9	2 x Gesso cartonado 15 + Lã mineral 46 + 2 x Gesso cartonado 15	106	52
			PL 10	2 x Gesso cartonado 13 + Lã mineral 70 + 2 x Gesso cartonado 13	122	55
			PL 11	2 x Gesso cartonado 15 + Lã mineral 70 + 2 x Gesso cartonado 15	130	54
			PL 12	2 x Gesso cartonado 15 + Lã mineral 90 + 2 x Gesso cartonado 15	150	56

\* Valores obtidos através de ensaio.

Tabela 4.7 – Soluções de paredes duplas leves, continuação

<i>Paredes duplas leves</i>						
Material absorvente	Empresa	Massa volúmica material (Kg/m <sup>3</sup> )	Solução	Composição (mm)	Espessura total (mm)	Rw * (dB)
Lã mineral	PLADUR		PL 13	3 x Gesso cartonado 15 + Lã mineral 70 + 3 x Gesso cartonado 15	160	56
			PL 14	3 x Gesso cartonado 15 + Lã mineral 90 + 3 x Gesso cartonado 15	180	61
			PL 15	2 x Gesso cartonado 13 + Lã mineral 46 + Lã mineral 46 + 2 x Gesso cartonado 13	144	61
			PL 16	2 x Gesso cartonado 15 + Lã mineral 46 + Lã mineral 46 + 2 x Gesso cartonado 15	152	65
			PL 17	2 x Gesso cartonado 13 + Lã mineral 70 + Lã mineral 70 + 2 x Gesso cartonado 13	192	67,5
			PL 18	2 x Gesso cartonado 15 + Lã mineral 70 + Lã mineral 70 + 2 x Gesso cartonado 15	200	66
			PL 19	2 x Gesso cartonado 13 + Lã mineral 70 + Gesso cartonado 13 + Lã mineral 70 + 2 x Gesso cartonado 13	205	69
			PL 20	2 x Gesso cartonado 15 + Lã mineral 70 + Gesso cartonado 15 + Lã mineral 70 + 2 x Gesso cartonado 15	215	70

\* Valores obtidos através de ensaio.

Tabela 4.8– Soluções de paredes duplas leves, continuação

<i>Paredes duplas leves</i>						
Material absorvente	Empresa	Massa volúmica material (Kg/m <sup>3</sup> )	Solução	Composição (mm)	Espessura total (mm)	Rw * (dB)
Lã mineral	ROCKWOOL	30	PL 21	Gesso cartonado 13 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 13	78	44
		30	PL 22	Gesso cartonado 15 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 15	78	44
		40	PL 23	Gesso cartonado 15 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 15	78	47
		30	PL 24	Gesso cartonado 10 + Gesso cartonado 15 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 15	88	52
		30	PL 25	Gesso cartonado 10 + Gesso cartonado 15 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 15 + Gesso cartonado 10	98	57
		30	PL 26	2 x Gesso cartonado 13 + Lã de rocha 60 + 2 x Gesso cartonado 13	122	58

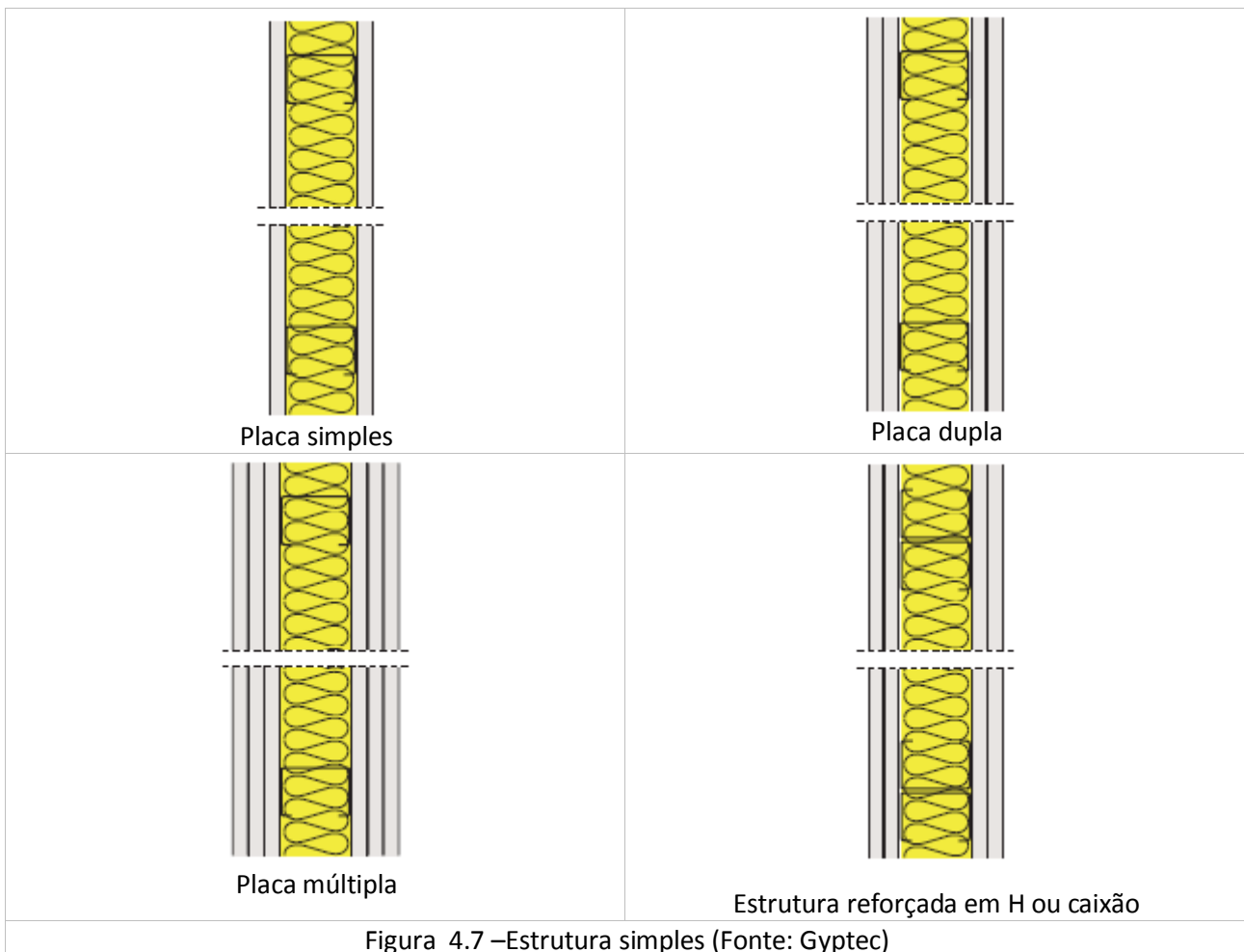
\* Valores obtidos através de ensaio.

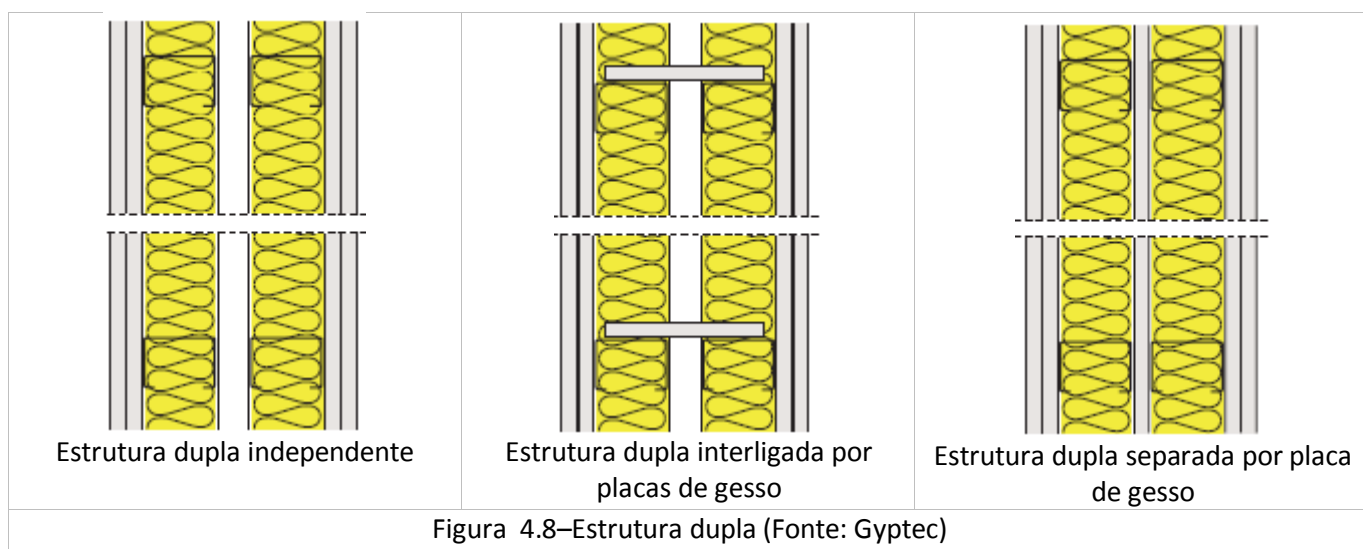
Tabela 4.9 – Soluções de paredes duplas leves, continuação

<b>Paredes duplas leves</b>						
<b>Material absorvente</b>	<b>Empresa</b>	<b>Massa volúmica material (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Solução</b>	<b>Composição (mm)</b>	<b>Espessura total (mm)</b>	<b>Rw* (dB)</b>
<b>Lã mineral</b>	<b>ROCKWOOL</b>	40	PL 27	2 x Gesso cartonado 13 + Lã de rocha 60 + 2 x Gesso cartonado 13	122	60
		30	PL 28	Gesso cartonado 15 + Lã de rocha 40 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 15	126	57
		70	PL 29	Gesso cartonado 15 + Lã de rocha 40 + Lã de rocha 60 + Gesso cartonado 15	148	59
		40				
		30	PL 30	Gesso cartonado 10 + Gesso cartonado 15 + Lã de rocha 40 + Lã de rocha 40 + Gesso cartonado 15 + Gesso cartonado 10	146	64
		70	PL 31	Gesso cartonado 10 + Gesso cartonado 15 + Lã de rocha 40 + Lã de rocha 60 + Gesso cartonado 15 + Gesso cartonado 10	168	66
		40				
		40	PL 32	3 x Gesso cartonado 13 + 2 x Lã de rocha 40 + 2 x Lã de rocha 60 + 2 x Lã de rocha 40 + 3 x Gesso cartonado 13	378	81

\* Valores obtidos através de ensaio.

As figuras seguintes representam algumas das possíveis combinações e os diferentes tipos de estrutura utilizados em paredes compostas por placas de gesso cartonado.





Neste tipo de soluções de paredes leves, compostas por placas de gesso cartonado, com o uso dos diferentes tipos de estrutura ou mesmo duplicando as placas de gesso, é possível adaptar as paredes conforme os requisitos que lhe são atribuídos, nomeadamente, ao nível da sua capacidade de resistência e capacidade de isolamento.

#### 4.1.1.3 Observações

As paredes de alvenaria de tijolo tradicional são utilizadas frequentemente na construção corrente e podem desempenhar funções de resistência ou de simples panos de enchimento.

A tabela que se segue apresenta algumas vantagens e desvantagens das paredes de alvenaria de tijolo tradicional.

Tabela 4.10 – Vantagens e desvantagens de paredes de alvenaria de tijolo [6]

<b><i>Paredes de alvenaria de tijolo</i></b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economia de execução;</li> <li>• Facilidade de assentamento;</li> <li>• Facilidade na abertura de roços;</li> <li>• Espessuras e peso próprio razoáveis;</li> <li>• Bom comportamento higrotérmico;</li> <li>• Satisfaz as exigências mínimas de isolamento acústico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior complexidade de execução no caso da parede dupla;</li> <li>• Dificuldade de integração e compatibilização dos vários elementos construtivos (zona corrente da parede, revestimento exterior e pontos singulares).</li> </ul>

Um material alternativo ao tijolo tradicional são os blocos de betão. Muito utilizados em pavilhões industriais, garagens de edifícios correntes. Existem vários tipos de blocos, podendo ser maciços ou perfurados e ainda de betão normal ou betão leve.

Conforme o tipo de bloco, e dado as suas características, as paredes de alvenaria realizadas com estes materiais apresentam diferentes vantagens e desvantagens das paredes de alvenaria de tijolo. A utilização de blocos de betão normal ou de blocos de betão leve, confere às paredes diferentes desempenhos. Assim sendo, é importante distinguir as vantagens e desvantagens das paredes realizadas com cada um dos dois tipos de bloco.

Na tabela que se segue encontram-se algumas dessas vantagens e desvantagens das paredes de alvenaria de blocos de betão leve.

Tabela 4.11 – Vantagens e desvantagens de paredes de alvenaria de blocos de betão normal [6]

<b><i>Paredes de alvenaria de blocos de betão normal</i></b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bom comportamento à compressão;</li> <li>• Elevada resistência ao fogo;</li> <li>• Bom isolamento acústico;</li> <li>• Facilidade de assentamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado peso próprio;</li> <li>• Elevada absorção de humidade;</li> <li>• Reduzido isolamento térmico;</li> <li>• Dificuldade de abertura de roços.</li> </ul>

Relativamente a paredes de alvenaria de blocos de betão leve, a tabela seguinte expõe alguns dos fatores que podem ser considerados como vantagens e desvantagens destas soluções.

Tabela 4.12 – Vantagens e desvantagens de paredes de alvenaria de blocos de betão leve [6]

<b><i>Paredes de alvenaria de blocos de betão leve</i></b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado isolamento térmico;</li> <li>• Elevada resistência ao fogo;</li> <li>• Facilidade de assentamento;</li> <li>• Dispensa a aplicação de reboco em paredes interiores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzido isolamento acústico;</li> <li>• Dificuldade de abertura de roços;</li> <li>• Fraca resistência ao choque;</li> <li>• Elevado grau de absorção de humidade;</li> <li>• Preço elevado;</li> </ul>

As paredes leves, normalmente constituídas por placas de gesso cartonado intercaladas com um material absorvente, são cada vez mais utilizadas nos dias de hoje. O facto de serem de fácil aplicação e de rápida execução, aliado ao aumento de isolamento térmico e acústico são os principais contributos que levam os projetistas a recorrer a soluções deste tipo. No entanto, apesar destas e outras vantagens, estas paredes leves também têm algumas desvantagens em relação às soluções anteriormente apresentadas, como podemos ver na tabela que se segue.

Tabela 4.13 – Vantagens e desvantagens de paredes divisórias de gesso cartonado [6]

<b><i>Paredes divisórias de gesso cartonado</i></b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de executar reparações;</li> <li>• Redução de prazos e custos;</li> <li>• Ganho de área útil;</li> <li>• Versatilidade;</li> <li>• Facilidade de execução de instalações especiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilidade à humidade;</li> <li>• Som oco quando percutido;</li> <li>• Período de adaptação de outras especialidades ao sistema construtivo.</li> </ul>

Para além do material escolhido para a execução da parede, existem outros fatores que influenciam o comportamento e o desempenho das paredes, nomeadamente:

- Tipo de argamassa de assentamento;
- Número de panos da parede e as suas ligações (ligações entre panos e ligações à estrutura);
- Tipo de revestimento da parede;
- Elementos complementares de isolamento térmico, estanquidade e controlo da difusão de vapor;
- Localização da parede;
- Posição da parede em relação ao solo.

#### 4.1.1.4 Conclusões

No que respeita a paredes simples de alvenaria, apesar de muito utilizadas em edifícios de habitação, revelam ser pouco eficientes em termos de isolamento sonoro a sons de condução aérea. Este tipo de solução dificilmente conseguirá atingir patamares elevados no seu desempenho acústico.

No entanto é possível concluir que as soluções que utilizam blocos de betão apresentam melhor desempenho do que as soluções que utilizam tijolo tradicional.

Regra geral, uma solução de parede dupla permite um isolamento sonoro a sons de condução aérea superior ao de uma solução de parede simples. As soluções melhoram o seu desempenho acústico quando combinam panos com espessuras assimétricas e utilizam material absorvente no interior da sua caixa de ar.

À semelhança do que ocorre no caso das paredes simples de alvenaria, as soluções de paredes duplas de alvenaria com blocos de betão demonstraram ter melhor desempenho do que as soluções compostas por tijolo tradicional.

Quando se faz a comparação entre os valores estimados através de cálculos e os valores disponibilizados pelos fabricantes, existem situações em que o método de cálculo se revela mais conservativo, apresentando valores inferiores aos dos fabricantes e situações em que ocorre precisamente o contrário. Uma das razões para que se verifiquem estas situações passará pelo facto de não se conhecer ao certo a capacidade de redução sonora dos materiais utilizados nas caixas de ar.

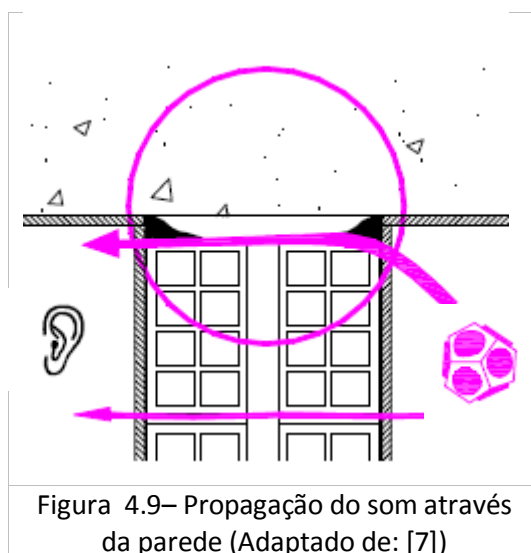
As paredes duplas mistas, revelaram ter uma boa capacidade de isolamento sonoro, permitindo atingir patamares elevados de redução sonora e com espessuras mais reduzidas do que as soluções de paredes duplas de alvenaria.

Relativamente às paredes duplas leves, estas soluções também revelaram ter um bom desempenho acústico. Tem como principal vantagem o facto de se conseguir atingir níveis elevados de redução sonora com espessuras inferiores, comparativamente, com as soluções de paredes duplas de alvenaria e de paredes duplas mistas.

#### 4.1.1.5 Erros de execução

O desempenho de uma parede está diretamente associado à qualidade da sua execução. No que respeita a isolamento sonoro a sons de condução aérea, existem alguns erros de execução bastante prejudiciais à sua capacidade de isolamento.

Nas paredes de alvenaria de tijolos ou de blocos de betão, um dos erros mais comuns consiste no mau preenchimento das juntas de argamassa de assentamento. Esta situação também se verifica na última fiada de junta, igualmente mal preenchida e com frinchas. A imagem seguinte representa um esquema da propagação de som através da parede.



Outro erro recorrente é a aplicação de revestimento, seja reboco ou estuque, em camadas demasiado finas. A espessura recomendada para revestimento nestas soluções não deve ser inferior a 2 cm.

Nas paredes divisórias de gesso cartonado também ocorrem alguns erros de execução que prejudicam o seu desempenho acústico.

A aplicação de tomadas elétricas e caixas a par, sem qualquer tipo de reforço acústico e a aplicação de condutas de ventilação com continuidade entre compartimentos adjacentes sem atenuadores sonoros são dos erros mais comuns neste tipo de soluções. A imagem seguinte representa de forma esquemática os dois erros de execução acima descritos.

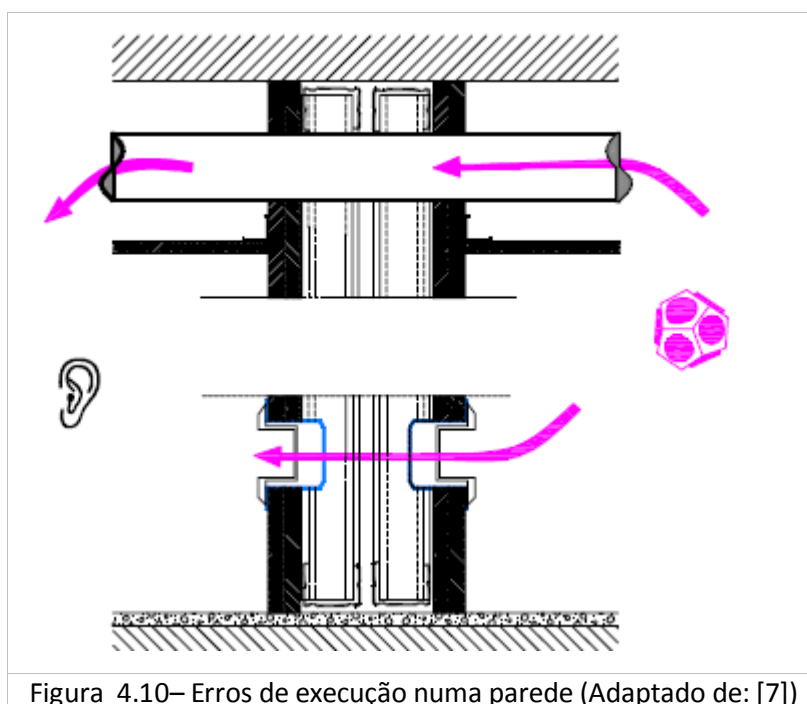


Figura 4.10– Erros de execução numa parede (Adaptado de: [7])

Tal como já foi referido anteriormente, o desempenho acústico de uma parede é fortemente influenciado pela qualidade de execução da mesma. Assim sendo, torna-se fundamental recorrer a instaladores especializados e seguir as recomendações dos respetivos fabricantes.

#### 4.1.1.6 Condições técnicas de execução

De seguida são apresentadas algumas condições técnicas de execução que visam a melhoria do desempenho acústico das paredes leves.

- As placas de gesso cartonado deverão ser devidamente aparafusadas aos montantes e as juntas das placas devem ser desencontradas e bem colmatadas e amassadas. As duas estruturas deverão estar desligadas uma da outra.
- O afastamento entre os montantes verticais não devesa exceder o valor de 60 cm, sendo, no entanto, o seu dimensionamento da responsabilidade do fornecedor.
- As paredes divisórias em gesso cartonado devem ser desligadas dos elementos de compartimentação horizontal (pavimentos e tetos) por intermédio da colocação de material resiliente nos seus topos.
- Sempre que esteja prevista a aplicação de isolamento no interior de divisórias ou revestimentos, este deverá ficar corretamente fixado, de modo a garantir que o isolamento ocupe todo o comprimento e altura do sistema construído. [8]
- Na modulação do sistema deve, sempre que possível, ficar definida a localização de aberturas e instalações técnicas, de modo a evitar o corte e perfuração da estrutura metálica do sistema de placas de gesso. No caso de não ser possível evitar o corte ou perfuração da estrutura metálica, deve garantir-se o adequado reforço estrutural, através da colocação de perfis auxiliares. [8]

- Toda as aberturas para aplicação de caixas técnicas ou quaisquer elementos embutidos em sistemas de divisórias ou revestimentos devem ficar convenientemente isolados. [8]

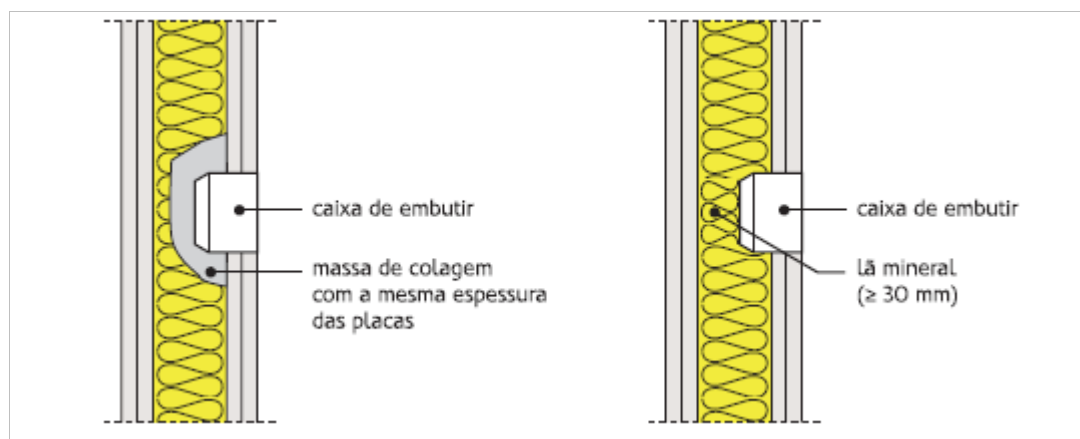


Figura 4.11- Isolamento de aberturas para aplicação de caixas técnicas. (Fonte: Gyptec)

- Em divisórias com elementos embutidos nas duas faces, deve ter-se o cuidado de desfasar os elementos, para garantir que estas zonas não atravessam completamente a espessura do sistema aplicado. [8]

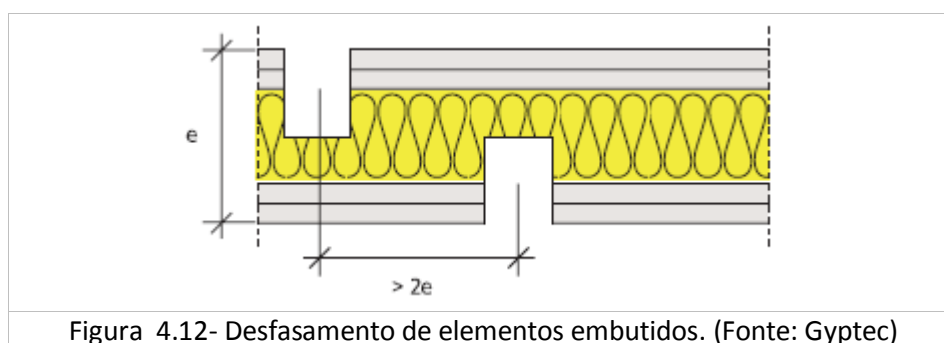
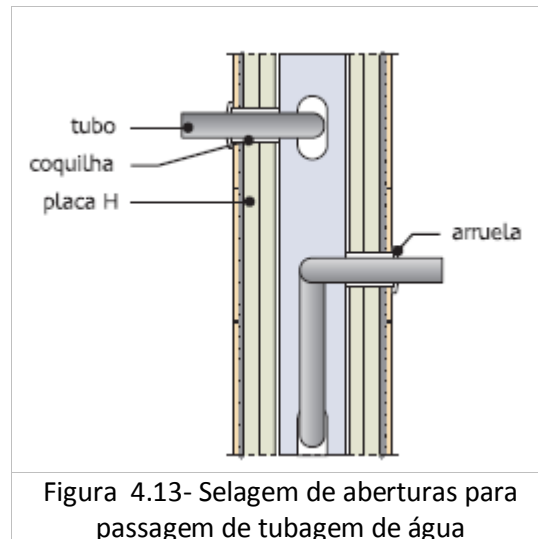


Figura 4.12- Desfasamento de elementos embutidos. (Fonte: Gyptec)

- Sempre que seja necessária a perfuração das placas para passagem de tubagem de água, a abertura deve ser selada em torno do tubo, com produto adequado, de forma a garantir a total estanquidade do sistema. [8]



## CAPÍTULO 5 CASO DE ESTUDO

### 5.1 DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS

O presente caso de estudo incide sobre dois edifícios de habitação unifamiliar já existentes que irão ser alvo de uma reabilitação.

Os edifícios estão situados no mesmo lote de terreno na cidade do Porto. Neste caso de estudo, distingue-se os edifícios como: edifício principal e edifício secundário.

O edifício principal, que apresenta maior área de construção, trata-se de uma moradia geminada com 3 frentes, composta por 2 pisos e de tipologia T2. A distribuição dos espaços interiores está disposta da seguinte forma:

- Piso0: Entrada principal, sala de estar, sala de jantar, cozinha, wc e lavandaria;
- Piso 1: 2 quartos, 2 wc e escritório.

A figura que se segue apresenta a distribuição de espaços interiores do Piso 0 através da planta de arquitetura.

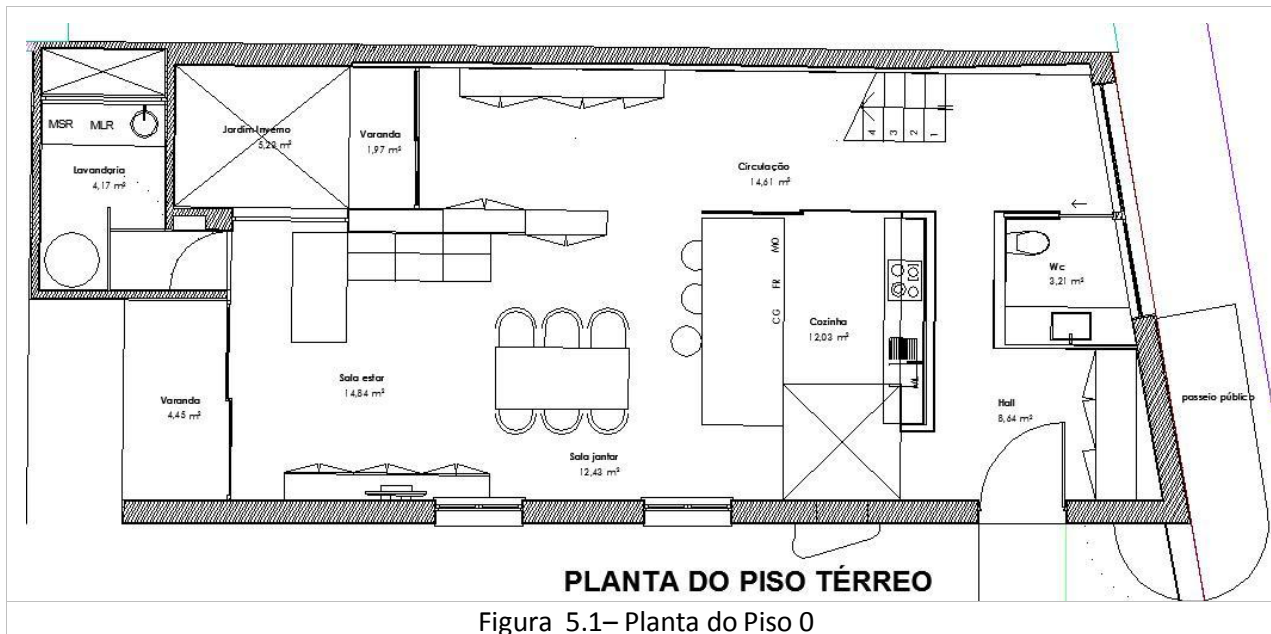


Figura 5.1– Planta do Piso 0

Na figura seguinte podemos verificar a distribuição de espaços interiores do Piso 1 através da planta de arquitetura.

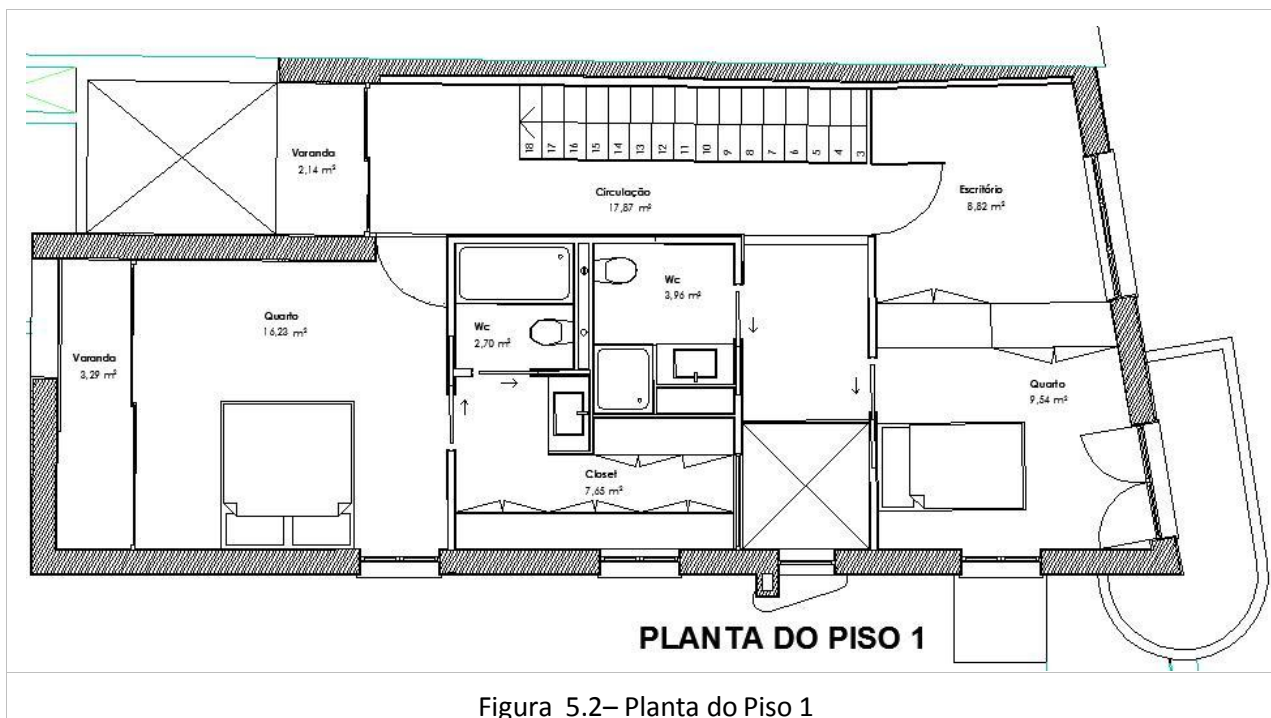


Figura 5.2– Planta do Piso 1

Relativamente ao edifício secundário, que apresenta menor área de construção, este é também uma moradia geminada com 3 frentes sendo apenas composto por um piso térreo. Esta habitação é de tipologia T1 e a distribuição dos espaços interiores está disposta da seguinte forma:

- Piso 0: Entrada principal, sala, cozinha, quarto e 2 wc.

Na figura seguinte, será apresentada a distribuição dos espaços interiores acima descrita através da respetiva planta de arquitetura.

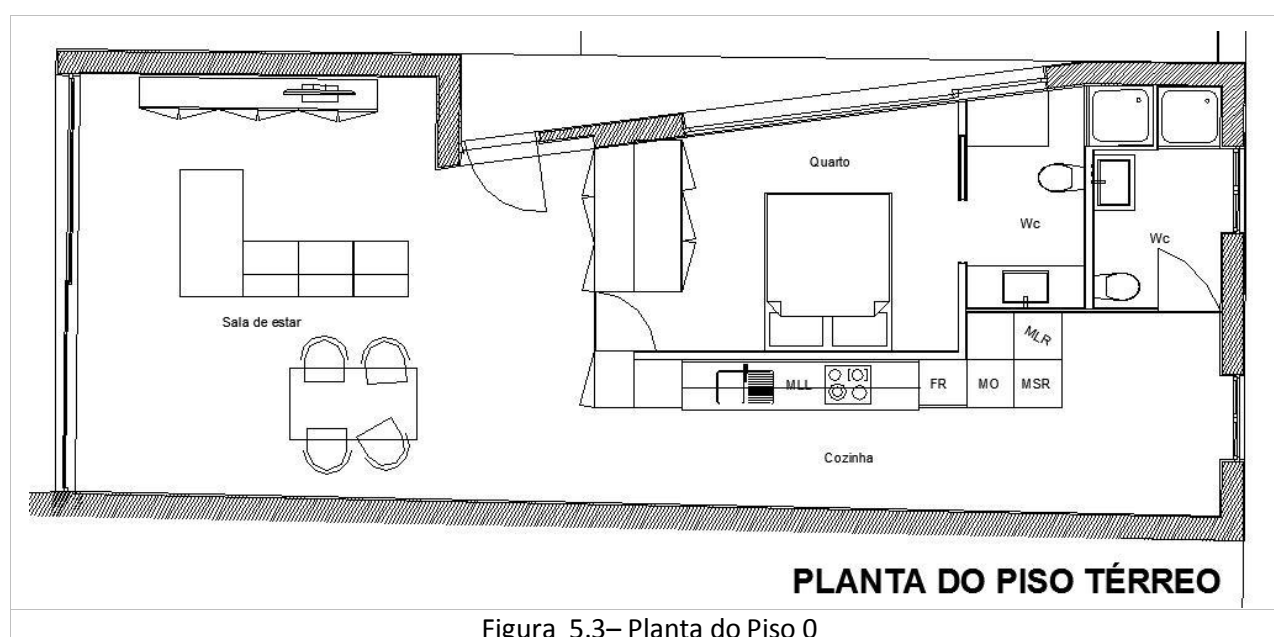


Figura 5.3– Planta do Piso 0

Ambos os edifícios apresentam estrutura porticada em betão armado, que suporta as lajes de betão dos pisos. As paredes exteriores são constituídas por alvenaria de pedra, nomeadamente, granito.

**Classificação do local:**

Consultando a planta de condicionantes do Plano Diretor Municipal (PDM) da cidade do Porto, verifica-se que os edifícios se encontram numa zona classificada como zona mista. A figura que se segue é um extrato da planta de condicionantes e assinala com um ponto vermelho a localização da zona em estudo.



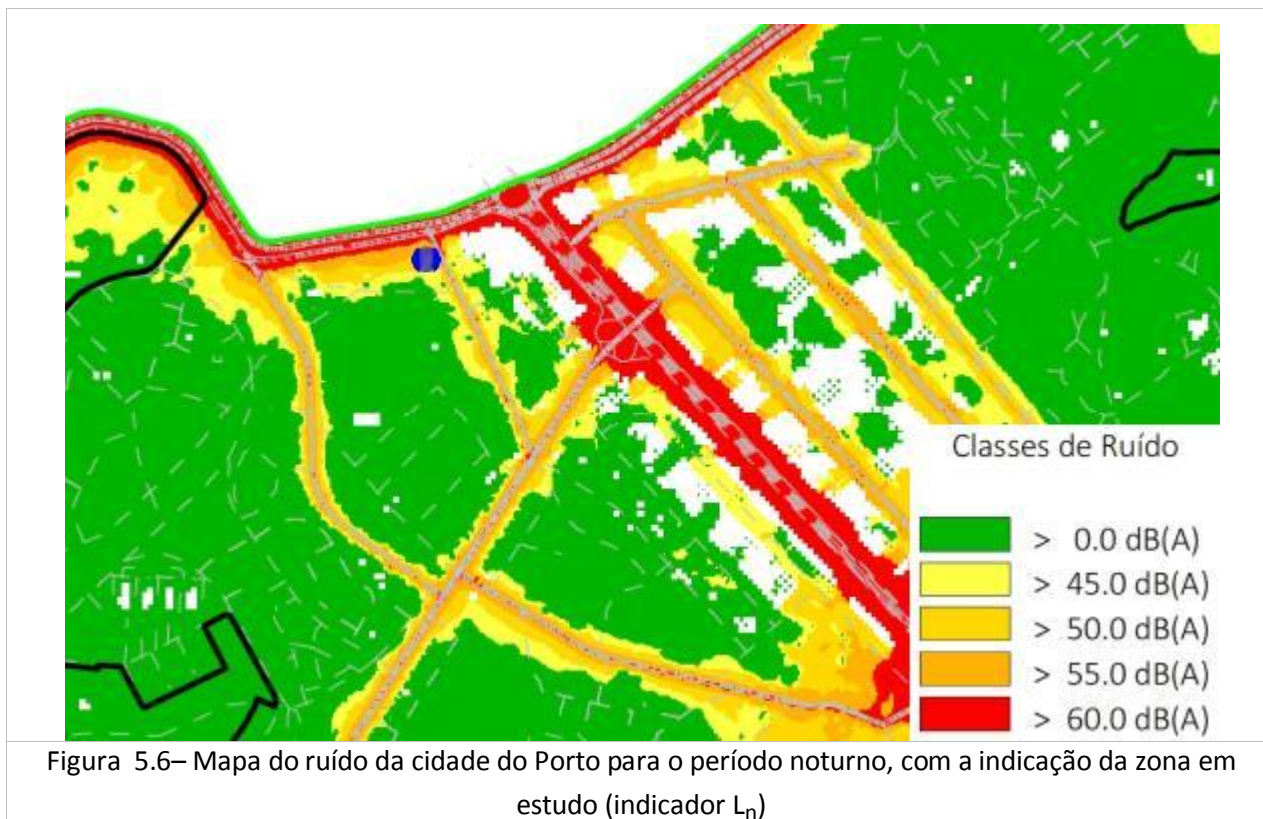
Figura 5.4– Planta de condicionantes: Localização da zona de estudo

As habitações estão inseridas numa zona urbanizada sem recetores sensíveis na envolvente e verificou-se, recorrendo aos mapas de ruído da câmara municipal do Porto, os níveis de ruído que existem na sua envolvente.



Figura 5.5– Mapa do ruído da cidade do Porto para o período diurno-entardecer-noturno, com a indicação da zona em estudo (indicador  $L_{den}$ )

Na figura anterior a zona de estudo encontra-se assinalada a azul e através da sua análise verificou-se que existem na envolvente níveis de ruído diurno entre os 0 dB(A) e 60 dB(A), indicador  $L_{den}$ .



Na figura anterior a zona de estudo encontra-se assinalada a azul e através da sua análise verificou-se que existem na envolvente níveis de ruído noturno entre os 0 dB(A) e 55 dB(A), indicador  $L_n$ .

## 5.2 DIMENSIONAMENTO

Neste dimensionamento foi feita a verificação do isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar. Esta verificação deve ser feita para cada um dos compartimentos em questão e não para a fachada na sua globalidade. Contudo, é considerado válido, para efeitos de cálculo, analisar somente as situações mais gravosas, o que neste caso corresponde ao compartimento que apresente maior área de envidraçado e/ou maior exposição ao ruído.

No que respeita a critérios regulamentares aplicáveis nesta situação tem que ser garantido que o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado e ponderado ( $D_{2m,nT,w}$ ) se situa em níveis inferiores a 33 dB.

Tabela 5.1– Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado e ponderado

$D_{2m,nT,w}$ entre exterior e quartos ou zonas de estar de fogos	
Zonas mistas	$\geq 33$ dB

### Edifício principal:

Tendo em consideração a configuração do edifício foi efetuada a verificação em dois compartimentos distintos. O primeiro compartimento analisado, quarto 1, será o que apresenta menor área de envidraçado, mas está sujeito a uma maior exposição ao ruído exterior, uma vez que se encontra voltado para a rua. O segundo compartimento, quarto 2, sujeito a análise será o que apresenta maior área de envidraçado estando sujeito a uma menor exposição ao ruído exterior, uma vez que se encontra voltado para o jardim.

Para se efetuar o cálculo do Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado e ponderado ( $D_{2m,nT,w}$ ) é necessário conhecer primeiro o valor do índice de redução sonora ( $R_w$ ) que a parede exterior garante.

No cálculo do  $R_w$  da parede exterior foi utilizada a folha de cálculo cedida pela empresa Alfaengenharia, programada com base na metodologia de cálculo do modelo de Ben Sharp (1973) adaptada por David Bies e Colin Hansen.

A parede exterior analisada trata-se de uma parede de alvenaria de granito com 34 cm e o respetivo cálculo é apresentado na figura seguinte.

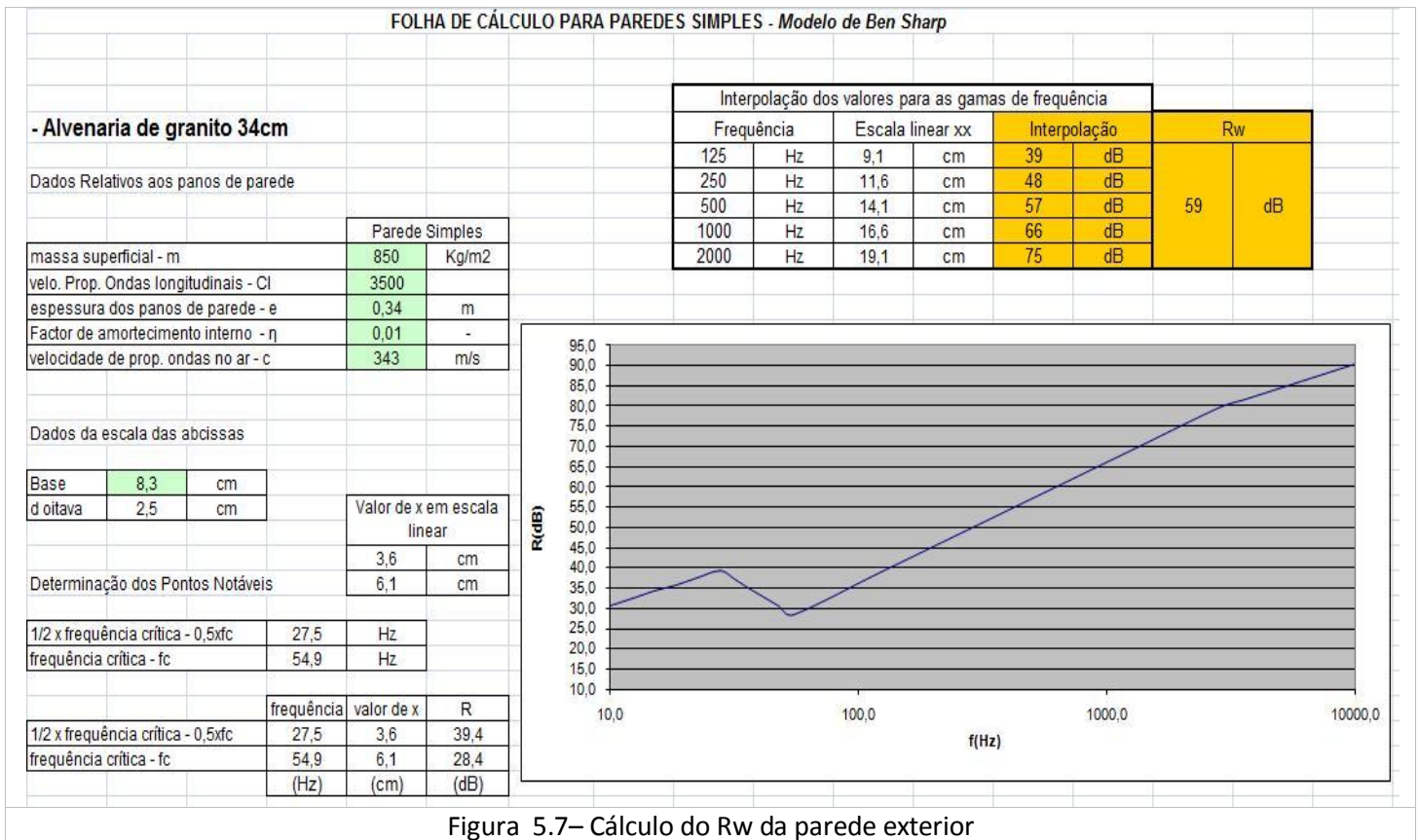


Figura 5.7– Cálculo do  $R_w$  da parede exterior

Para efetuar este cálculo foi necessário preencher os seguintes campos:

massa volúmica do granito =  $2500 \text{ kg/m}^3$

- massa superficial =  $2500 * 0,34 = 850 \text{ kg/m}^2$
- velo. Prop. Ondas longitudinais –  $C_l = 3500$
- espessura dos panos de parede –  $e = 0,34 \text{ m}$
- Factor de amortecimento interno –  $\eta = 0,01$
- velocidade de prop. ondas no ar –  $c = 343 \text{ m/s}$

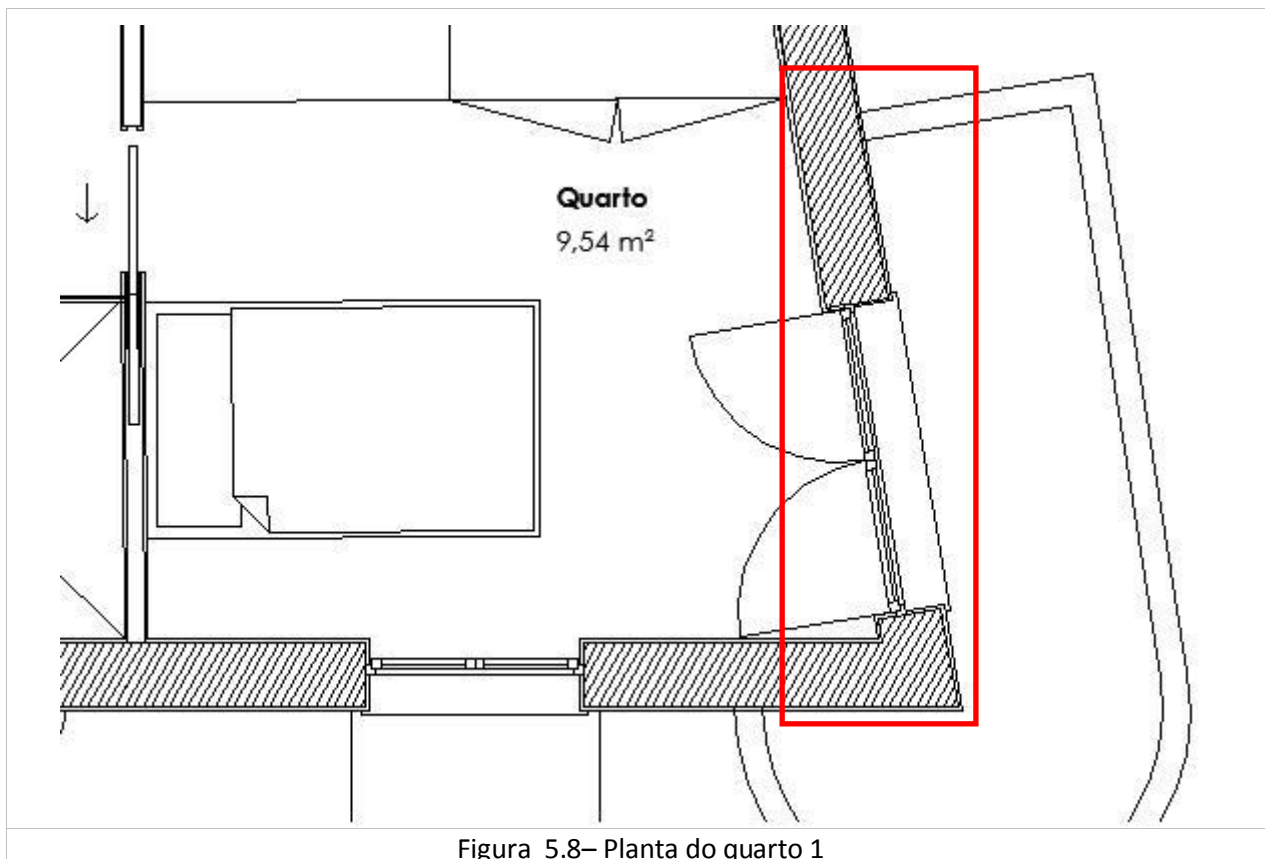
Os diversos cálculos apresentados foram realizados de acordo com os valores estabelecidos nas tabelas dos Apontamentos de Acústica Ambiental e de Edifícios da FEUP [9].

Como se pode verificar pela imagem anterior, esta parede garante um  **$R_w = 59 \text{ dB}$** . Com esta informação é agora possível calcular o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e os compartimentos.

De seguida serão apresentados os compartimentos analisados, assinalando a fachada estudada e o cálculo efetuado. Para cada situação serão também apresentados os campos das folhas de cálculo que foi necessário preencher com os respetivos valores.

**Quarto 1:**

Este compartimento encontra-se no Piso 1 do edifício e tem a fachada voltada para a rua. Na figura seguinte assinala-se a vermelho a fachada analisada.



O cálculo do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o quarto 1 é apresentado na figura seguinte. Neste caso foram também utilizadas as folhas de cálculo cedidas pela empresa.

FOLHA DE CÁLCULO PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE $D_{2m,nT,w}$ (fachadas)							
$D_{2m,nT,w} = R_w + 10 \times \log(0,16V/(S \times T_o)) - \Delta TM + C_{tr}$							
em que:							
$R_w$ = índice de redução sonora médio da fachada (sem transmissões marginais)	Valor para $\Delta TM =$	2	dB				
$S$ = área da fachada	Valor para $C_{tr}/C =$	0	dB(A)				
$V$ = Volume do compartimento receptor							
$T_o$ = Tempo de Reverberação de referência (0,5s para casos correntes, ou $T_{r,dim}$ para compartimentos com tempo de reverberação atribuível em projecto)							
$\Delta TM$ = transmissões marginais = 2 dB (valor para fachadas correntes)							
$C_{tr}/C$ = termo de adaptação espectral para áreas de envidraçados superiores a 60% da área de fachada total							
Elementos constitutivos da fachada = Panos de parede + vãos envidraçados + grelhas de entrada de ar							
		R (dB)					
		Frequência (Hz)					
	Área (m <sup>2</sup> )	125	250	500	100	2000	$R_w$ (dB)
PAREDE	4,5						59
Parede 2							
Parede 3							
<b>VIDRO+ CAIXILHARIA</b>	<b>3,7</b>						<b>31</b>
Vidro 2							
Vidro 3							
Entrada de ar 1	-						0
Entrada de ar 2	-						
Entrada de ar 3	-						
	Área Total	8	m <sup>2</sup>				
	% Env	45	%				
	V =	28	m <sup>3</sup>				
	$T_o =$	0,50	s				
		$R_{m,w}$ (dB)	$D_{2m,nT,w}$ (dB)				
Cálculo trabalhando directamente com os $R_w$ 's dos elementos		34	33				

Figura 5.9– Cálculo do  $D_{2m,nT,w}$  do quarto 1

Para realizar este cálculo, foi necessário preencher os seguintes campos:

- Área (PAREDE) = 4,5 m<sup>2</sup>
- R<sub>w</sub> (PAREDE) = 59 dB
- Área (VIDRO+CAIXILHARIA) = 3,7 m<sup>2</sup>
- V (Volume do compartimento receptor) = 28 m<sup>3</sup>
- T<sub>0</sub> (Tempo de Reverberação de referência) = 0,5 s

Para que seja garantido o critério regulamentar, **D<sub>2m,nT,w</sub> ≥ 33 dB** neste compartimento, o conjunto vidro+caixilharia deve assegurar no mínimo um **R<sub>w</sub> = 31 dB**.

**Quarto 2**

Este compartimento encontra-se também no Piso 1 do edifício, mas está voltado para o jardim, nas traseiras. A figura seguinte assinala a vermelho a fachada que se analisou.

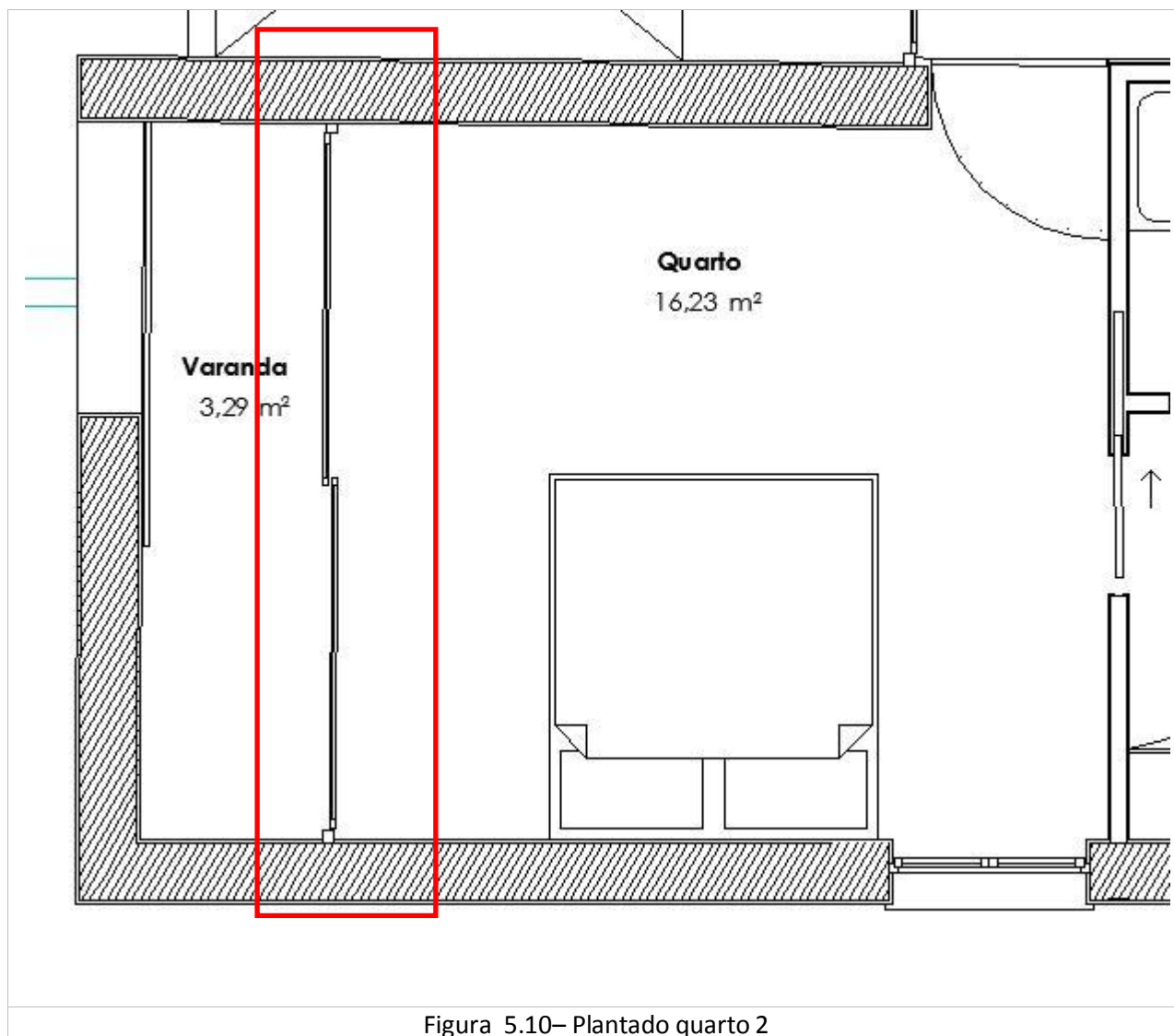


Figura 5.10– Plantado quarto 2

Este compartimento apresenta uma área de envidraçado superior a 60% da parede da fachada, pelo que foi considerado um termo de adaptação espectral  $C_{tr}/C$ . O valor adotado para este termo foi de **-5 dB** e a área de envidraçado considerada 100% conforme podemos verificar na figura que se segue.

FOLHA DE CÁLCULO PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE $D_{2m,nT,w}$ (fachadas)								
$D_{2m,nT,w} = R_w + 10 \times \log(0,16V/(S \times T_o)) - \Delta TM + C_{tr}$								
em que:								
$R_w$ = índice de redução sonora médio da fachada (sem transmissões marginais)	Valor para $\Delta TM$ =	2						dB
$S$ = área da fachada	Valor para $C_{tr}/C$ =	-5						dB(A)
$V$ = Volume do compartimento receptor								
$T_o$ = Tempo de Reverberação de referência (0,5s para casos correntes, ou $T_{r,dim}$ para compartimentos com tempo de reverberação atribuível em projecto)								
$\Delta TM$ = transmissões marginais = 2 dB (valor para fachadas correntes)								
$C_{tr}/C$ = termo de adaptação espectral para áreas de envidraçados superiores a 60% da área de fachada total								
Elementos constitutivos da fachada = Panos de parede + vãos envidraçados + grelhas de entrada de ar								
		R (dB)						
		Frequência (Hz)						
	Área (m <sup>2</sup> )	125	250	500	100	2000	$R_w$ (dB)	
<b>PAREDE</b>								
	Parede 2							
	Parede 3							
<b>VIDRO+ CAIXILHARIA</b>								
	11,2						39	
	Vidro 2							
	Vidro 3							
<b>Entrada de ar</b>								
	Entrada de ar 1	-					0	
	Entrada de ar 2	-						
	Entrada de ar 3	-						
	Área Total	11	m <sup>2</sup>					
	% Env	100	%					
	V =	48	m <sup>3</sup>					
	$T_o$ =	0,50	s					
		$R_{m,w}$ (dB)	$D_{2m,nT,w}$ (dB)					
Cálculo trabalhando directamente com os $R_w$ 's dos elementos		39	33					

Figura 5.11– Cálculo do  $D_{2m,nT,w}$  do quarto 2

Para realizar este cálculo, para além do campo  $C_{tr}/C$  já mencionado, foi necessário preencher os seguintes campos:

- Área (VIDRO+CAIXILHARIA) =  $11,2 \text{ m}^2$
- V (Volume do compartimento receptor) =  $48 \text{ m}^3$
- $T_0$  (Tempo de Reverberação de referência) =  $0,5 \text{ s}$

Para que seja garantido o critério regulamentar,  $D_{2m,nT,w} \geq 33 \text{ dB}$ , neste compartimento o conjunto vidro+caixilharia deve assegurar um  $R_w = 39 \text{ dB}$ .

Comparando os resultados obtidos para os dois compartimentos verifica-se que o quarto 2 se assume como a situação mais condicionante deste edifício no que respeita a isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o interior. Por uma questão de se uniformizar as soluções a adotar recomenda-se que seja utilizada a mesma solução em todos os vãos envidraçados.

Assim sendo, neste edifício, a solução escolhida para o conjunto vidro+caixilharia deverá garantir:

$$R_w \geq 39 \text{ dB e } R_{A,tr} \geq 34 \text{ dB}$$

**Edifício secundário:**

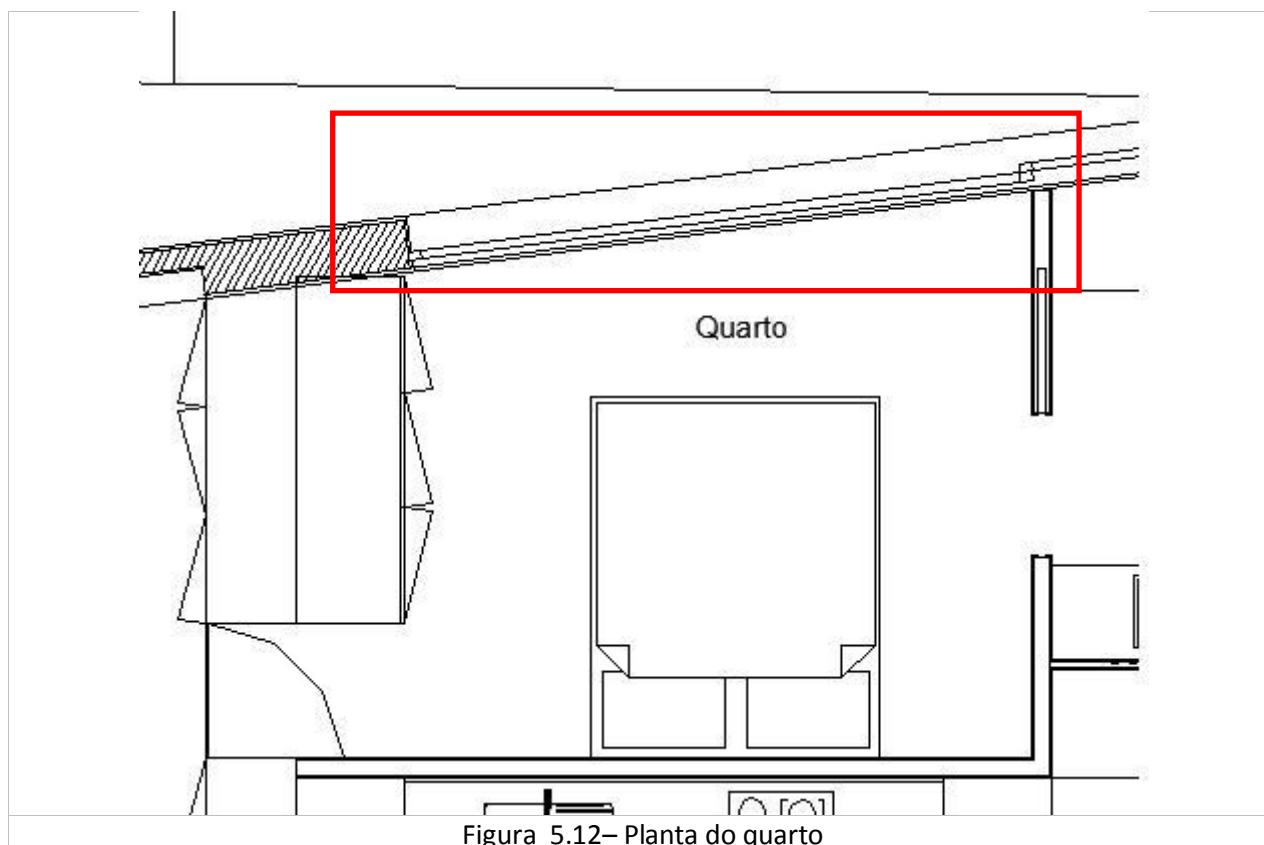
Neste edifício foram analisados dois compartimentos distintos, nomeadamente, o quarto e a sala.

A solução de parede exterior deste edifício é igual à utilizada no edifício principal, sendo composta por alvenaria de granito com 37 cm, garantindo um  $R_w = 59 \text{ dB}$  conforme podemos verificar na Figura 5.7 anteriormente apresentada.

Ambos os compartimentos apresentam áreas de envidraçados superiores a 60% da parede de fachada, pelo que, tal como no caso do edifício principal, foi considerado um termo de adaptação espectral  $C/C_{tr} = -5 \text{ dB}$  e uma área de envidraçado de 100%.

**Quarto**

A figura que se segue apresenta a planta do compartimento e assinala a vermelho a fachada analisada.



O cálculo do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o quarto é apresentado na figura seguinte.

FOLHA DE CALCULO PARA DETERMINAÇÃO DO INDICE $D_{2m,nT,w}$ (fachadas)								
$D_{2m,nT,w} = R_w + 10 \times \log(0,16V/(S \times T_o)) - \Delta TM + C_{tr}$								
em que:								
$R_w$ = índice de redução sonora médio da fachada (sem transmissões marginais)	Valor para $\Delta TM =$	2						dB
$S$ = área da fachada	Valor para $C_{tr}/C =$	-5						dB(A)
$V$ = Volume do compartimento receptor								
$T_o$ = Tempo de Reverberação de referência (0,5s para casos correntes, ou $T_{r,dim}$ para compartimentos com tempo de reverberação atribuível em projecto)								
$\Delta TM$ = transmissões marginais = 2 dB (valor para fachadas correntes)								
$C_{tr}/C$ = termo de adaptação espectral para áreas de envidraçados superiores a 60% da área de fachada total								
Elementos constitutivos da fachada = Panos de parede + vãos envidraçados + grelhas de entrada de ar								
		R (dB)						
		Frequência (Hz)						
	Área (m <sup>2</sup> )	125	250	500	100	2000	$R_w$ (dB)	
PAREDE								
Parede 2								
Parede 3								
<b>VIDRO+ CAIXILHARIA</b>	<b>4,1</b>						<b>37</b>	
Vidro 2								
Vidro 3								
Entrada de ar 1	-						0	
Entrada de ar 2	-							
Entrada de ar 3	-							
Área Total	4						m <sup>2</sup>	
% Env	100						%	
$V =$	25						m <sup>3</sup>	
$T_o =$	0,50						s	
		$R_{m,w}$ (dB)						$D_{2m,nT,w}$ (dB)
Cálculo trabalhando directamente com os $R_w$ 's dos elementos		37						33

Figura 5.13– Cálculo do  $D_{2m,nT,w}$  do quarto

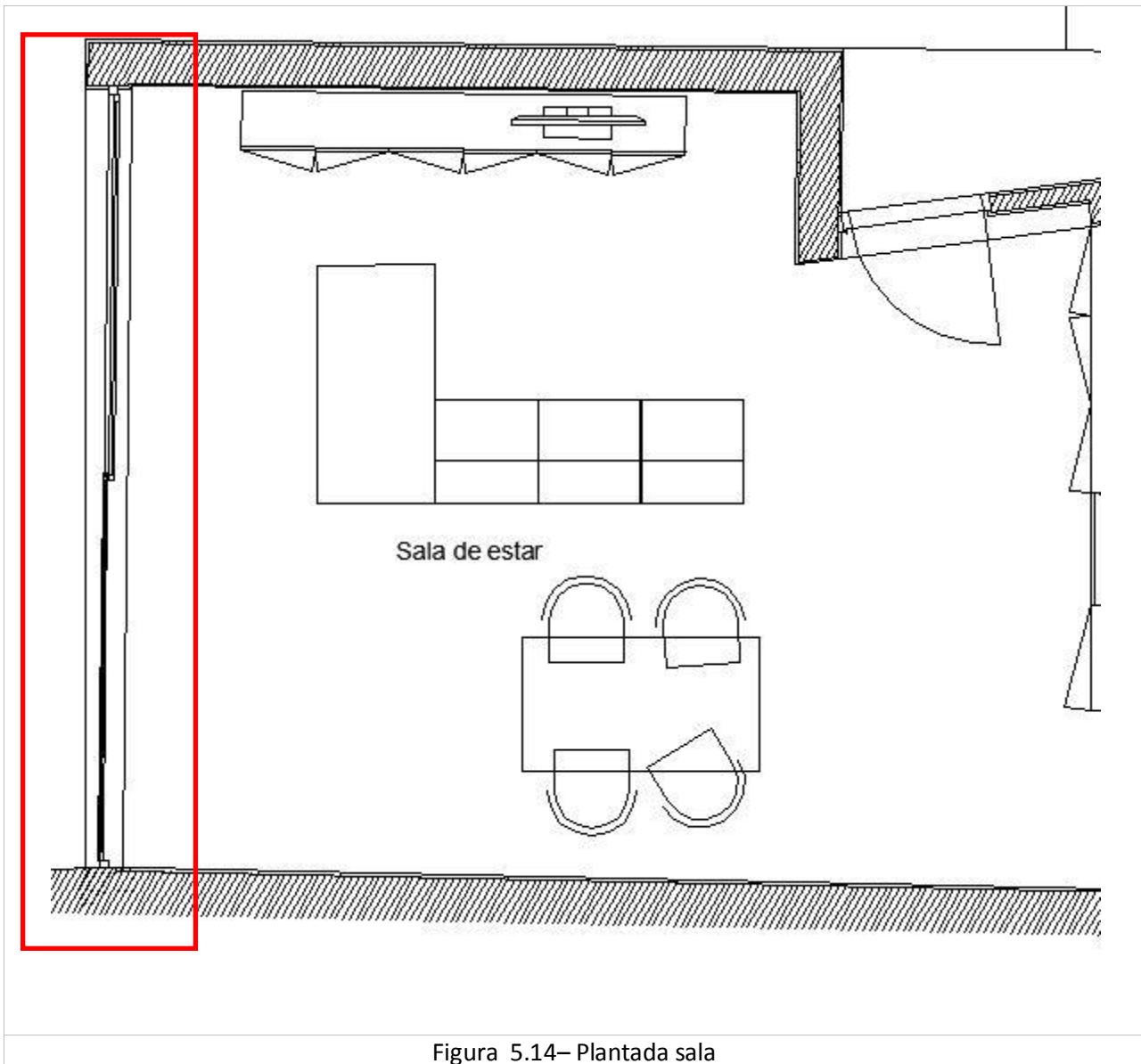
Para realizar este cálculo, para além do campo  $C_{tr}/C$  já mencionado, foi necessário preencher os seguintes campos:

- Área (VIDRO+CAIXILHARIA) =  $4,1 \text{ m}^2$
- V (Volume do compartimento receptor) =  $25 \text{ m}^3$
- T0 (Tempo de Reverberação de referência) =  $0,5 \text{ s}$

Como podemos verificar na figura anterior para que neste compartimento seja garantido o critério regulamentar,  $D_{2m,nT,w} \geq 33 \text{ dB}$ , o conjunto vidro+caixilharia deve assegurar no mínimo um  $R_w = 37 \text{ dB}$ .

**Sala**

A fachada analisada neste compartimento está voltada para o jardim, nas traseiras. A figura que se segue assinala a vermelho a fachada em questão.



O cálculo do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e a sala é apresentado na figura seguinte.

FOLHA DE CÁLCULO PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE $D_{2m,nT,w}$ (fachadas)								
$D_{2m,nT,w} = R_w + 10 \times \log(0,16V / (S \times T_0)) - \Delta TM + C_{tr}$								
em que:								
$R_w$ = índice de redução sonora médio da fachada (sem transmissões marginais)	Valor para $\Delta TM =$	2						dB
$S$ = área da fachada	Valor para $C_{tr}/C =$	-5						dB(A)
$V$ = Volume do compartimento receptor								
$T_0$ = Tempo de Reverberação de referência (0,5s para casos correntes, ou $T_{r,dim}$ para compartimentos com tempo de reverberação atribuível em projecto)								
$\Delta TM$ = transmissões marginais = 2 dB (valor para fachadas correntes)								
$C_{tr}/C$ = termo de adaptação espectral para áreas de envidraçados superiores a 60% da área de fachada total								
Elementos constitutivos da fachada = Panos de parede + vãos envidraçados + grelhas de entrada de ar								
		R (dB)						
		Frequência (Hz)						
	Área (m <sup>2</sup> )	125	250	500	1000	2000	$R_w$ (dB)	
PAREDE								
Parede 2								
Parede 3								
VIDRO+ CAIXILHARIA	12,7						35	
Vidro 2								
Vidro 3								
Entrada de ar 1	-						0	
Entrada de ar 2	-							
Entrada de ar 3	-							
	Área Total	13	m <sup>2</sup>					
	% Env	100	%					
	V =	122	m <sup>3</sup>					
	$T_0 =$	0,50	s					
		$R_{m,w}$ (dB)	$D_{2m,nT,w}$ (dB)					
Cálculo trabalhando directamente com os $R_w$ 's dos elementos		35	33					

Figura 5.15– Cálculo do  $D_{2m,nT,w}$  da sala

Para realizar este cálculo, para além do campo  $C_{tr}/C$  já mencionado, foi necessário preencher os seguintes campos:

- Área (VIDRO+CAIXILHARIA) = 12,7 m<sup>2</sup>
- V (Volume do compartimento receptor) = 122 m<sup>3</sup>
- T0 (Tempo de Reverberação de referência) = 0,5 s

Analisando os dados apresentados na figura anterior, o conjunto vidro+caixilharia deve ter no mínimo um  $R_w = 35$  dB para que seja garantido o critério regulamentar,  $D_{2m,nT,w} \geq 33$  dB.

Neste edifício o compartimento mais condicionante é o quarto, uma vez que, apresenta o valor de  $R_w$  mais elevado. Por uma questão de se uniformizar as soluções a adotar recomenda-se que seja utilizada a mesma solução em todos os vãos envidraçados. Deste modo, a solução a implementar para o conjunto vidro+caixilharia deverá assegurar um  $R_w \geq 37$  dB e  $R_{A,tr} \geq 32$  dB.

## CAPÍTULO 6      CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do estágio curricular possibilitou um primeiro contacto com o mundo profissional e permitiu o acompanhamento de situações reais de projeto, revelando-se assim, como uma experiência bastante positiva. Durante o período de estágio, não só foram aplicados e aprofundados conceitos previamente adquiridos ao longo de todo o percurso académico como também foram introduzidos novos conhecimentos técnicos, nomeadamente, em acústica de edifícios.

O trabalho de pesquisa das diferentes soluções construtivas e dos diversos materiais de isolamento acústico permitiu estabelecer contacto com várias empresas e fabricantes das várias áreas. Com isto foi possível entender melhor o funcionamento do mercado da construção civil e as interações entre fabricantes e engenheiros.

No que respeita ao desempenho acústico de um edifício, ficou claro que este depende muito da escolha adequada das soluções construtivas a implementar e da sua correta execução. Essa escolha é muitas vezes fundamentada com modelos de estimativa, recorrendo a métodos de cálculo. Esses cálculos, apesar de complexos, são algo incertos sendo então preferível, sempre que possível, recorrer a ensaios de desempenho acústico para obter resultados mais exatos.

Estagiar num gabinete de projeto, como a Alfaengenharia, revelou-se bastante enriquecedor, no sentido em que permitiu o assimilar a metodologia inerente à elaboração de um projeto de acústica e o contacto com projetos de acústica de diferentes tipos de edifícios.

O principal objetivo proposto pela empresa foi a elaboração de um “manual de acústica”, este documento pretende ser uma ferramenta de auxílio a projetos de acústica em edifícios, onde foram catalogadas diversas soluções construtivas. Esta ferramenta permite dar uma resposta mais rápida no que respeita à escolha do tipo de solução mais adequada a adotar para diferentes situações.

O desempenho acústico de algumas das soluções apresentadas foi obtido recorrendo a folhas de cálculo automático já existentes na empresa. Na utilização destas folhas de cálculo não foram sentidas dificuldades, surgiram apenas algumas dúvidas iniciais mas que foram prontamente esclarecidas pela equipa da Alfaengenharia.

Para além deste objetivo proposto, que foi cumprido tendo em conta as limitações existentes, nomeadamente, a duração do estágio e o número de fabricantes contactados, foi ainda abordado um caso de estudo.

O caso de estudo apresentado seguiu a metodologia dos projetos de acústica em edifícios que a empresa fornece. A consulta de projetos anteriormente realizados foi fundamental para a verificação apresentada, assim como, o trabalho em equipa, permitindo o rápido esclarecimento de qualquer dúvida que surgia.

Como desenvolvimentos futuros, seria interessante alargar este estudo para soluções de isolamento sonoro a sons de percussão, nomeadamente, ao nível dos pavimentos e dos diferentes materiais de isolamento sonoro existentes no mercado. Seria também interessante estudar soluções de isolamento sonoro de equipamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. Patrício, *Acústica nos Edifícios*, Lisboa: LNEC, 2003

[2] Diogo Mateus, *Acústica de Edifícios e Controlo de Ruído*

[3] Freitas, V. P., *Manual de Apoio ao Projeto de Reabilitação de Edifícios Antigos*, Porto, 2012

[4] Martins, H. (2010). *Resistência ao Vento de Caixilharias de Alumínio – Comparação entre Simulação Numérica e Caracterização Experimental*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

[5] Giacomini, E. (2007). *Caixilharias Exteriores para Edifícios – Contributo para a Melhoria da sua Especificação*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

[6] Branco, F.A., Brito, J., Paulo, J., Correia, J. *Apontamentos Tecnologia da Construção de Edifícios*, IST.

[7] Mateus, Diogo. *Apontamentos Acústica em Reabilitação de Edifícios*, FCTUC, 2009

[8] *Manual Técnico de Instalação de Sistemas em Placas de Gesso*, Gyptec, 2017

[9] Carvalho, A. P. Oliveira. *Acústica Ambiental e de Edifícios*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.

## CAPÍTULO 6

### **Legislação:**

DL nº 09/2007, de 17 janeiro – Regulamento Geral do Ruído

DL nº 278/2007, de 1 agosto – Regulamento Geral do Ruído

Lei nº 96/2008, de 6 junho – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

### **Normas:**

NP EN ISO 717-1

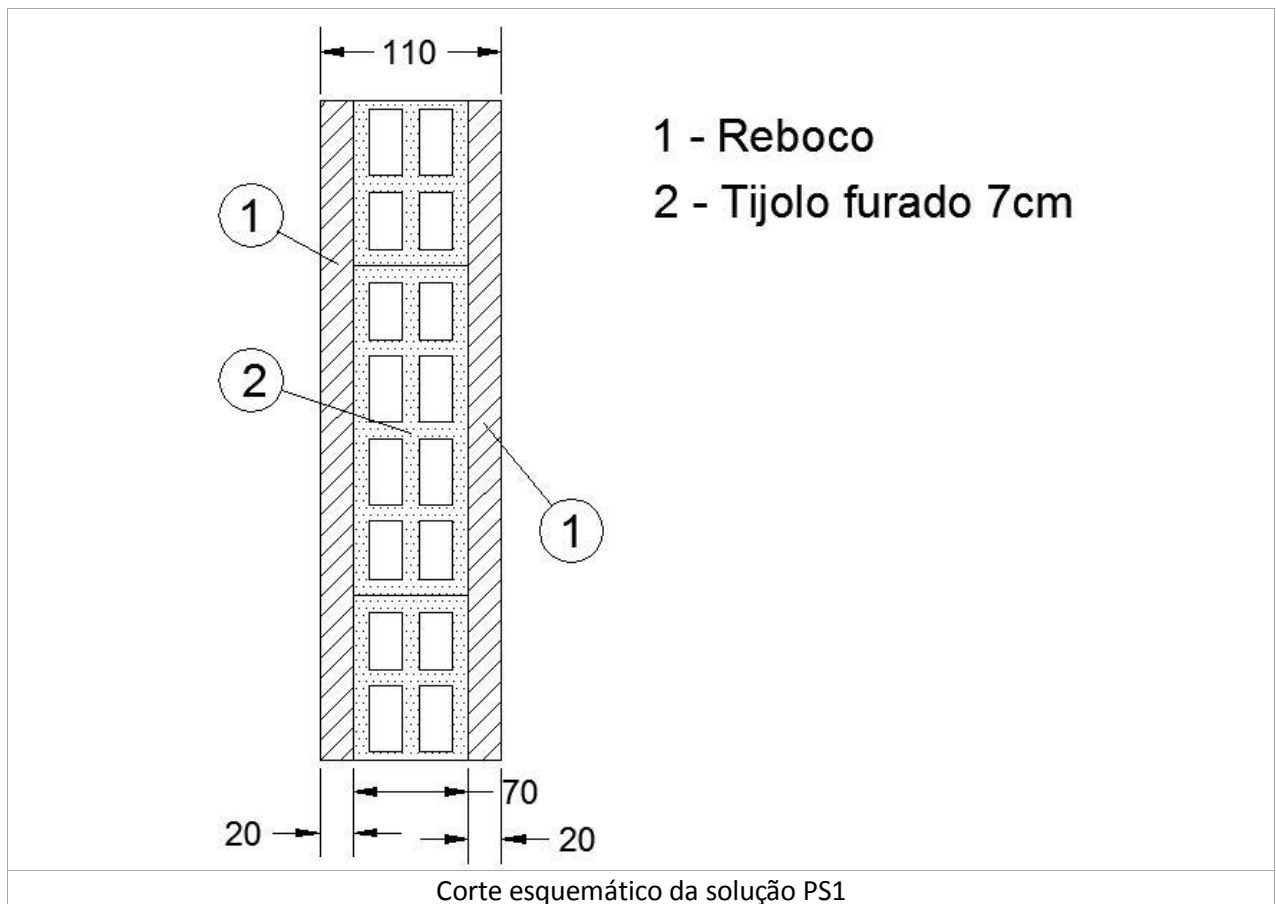
NP-EN-14351-1-2008

NP 1730-1:1996

**ANEXO I –EXEMPLOS DE CÁLCULO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE  
PAREDES**



Cálculo do desempenho acústico de uma solução de parede simples de alvenaria: Solução PS1



NOTA: Desenho sem escala

**- Alvenaria tijolo 7 cm espessura**

Dados Relativos aos panos de parede

	Parede Simples	
massa superficial - m	163	Kg/m <sup>2</sup>
velo. Prop. Ondas longitudinais - Cl	2500	
espessura dos panos de parede - e	0,11	m
Factor de amortecimento interno - η	0,01	-
velocidade de prop. ondas no ar - c	343	m/s

Dados da escala das abscissas

Base	8,3	cm
d oitava	2,5	cm

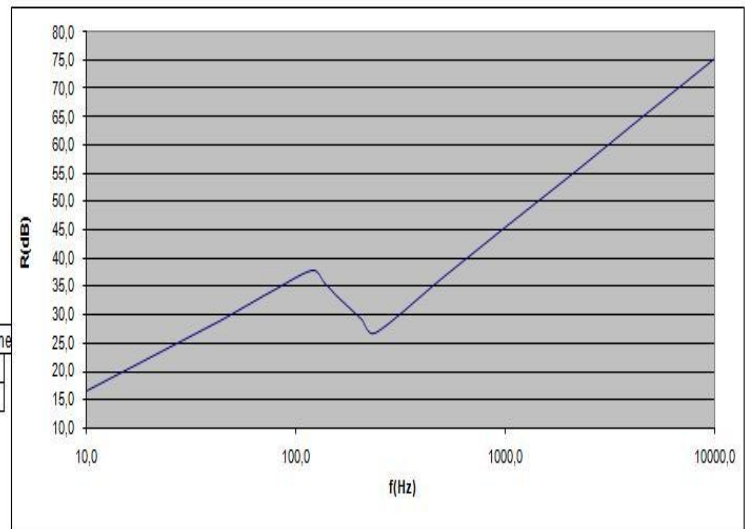
Determinação dos Pontos Notáveis

1/2 x frequência crítica - 0,5x <sub>fc</sub>	118,8	Hz
frequência crítica - f <sub>c</sub>	237,7	Hz

Valor de x em escala line	
8,9	cm
11,4	cm

	frequência	valor de x	R
1/2 x frequência crítica - 0,5x <sub>fc</sub>	118,8	8,9	37,8
frequência crítica - f <sub>c</sub>	237,7	11,4	26,8
	(Hz)	(cm)	(dB)

Interpolação dos valores para as gamas de frequência						R <sub>w</sub>	
Frequência		Escala linear xx		Interpolação		40	dB
125	Hz	9,1	cm	37	dB		
250	Hz	11,6	cm	27	dB		
500	Hz	14,1	cm	36	dB		
1000	Hz	16,6	cm	45	dB		
2000	Hz	19,1	cm	54	dB		

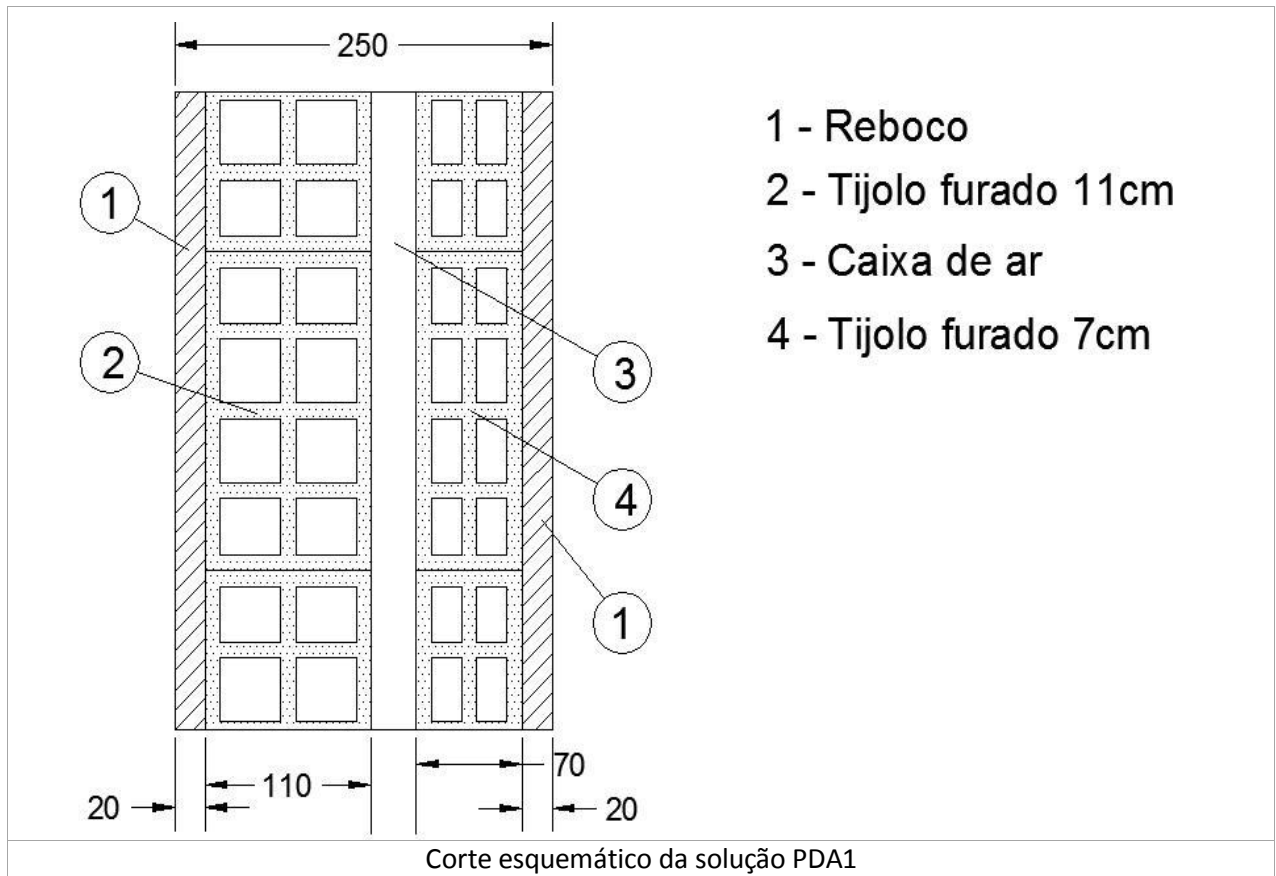


massa volúmica Tijolo furado = 1300 kg/m<sup>3</sup>

massa volúmica Reboco = 1800 kg/m<sup>3</sup>

- massa superficial –  $m = 1300 * 0,07 + 1800 * 0,02 * 2 = 163 \text{ kg/m}^2$
- velo. Prop. Ondas longitudinais –  $Cl = 2500$
- espessura dos panos de parede –  $e = 0,11 \text{ m}$
- Factor de amortecimento interno –  $\eta = 0,01$
- velocidade de prop. ondas no ar –  $c = 343 \text{ m/s}$

**Cálculo do desempenho acústico de uma solução de parede dupla de alvenaria: Solução PDA1**



NOTA: Desenho sem escala

FOLHA DE CÁLCULO PARA PAREDES DUPLAS

Alv.11 + 7 cx: 0,03

Dados Relativos aos panos de parede

	Pano 1	Pano 2	
massa superficial - m	179	127	Kg/m <sup>2</sup>
velo. Prop. Ondas longitudinais - Cl	2500	2500	m/s
espessura dos panos de parede - e	0,13	0,09	m
espessura da caixa de ar - d	0,03		m
Valor de D (tem a ver com o isolamento)			dB
velocidade de prop. ondas no ar - c	343		m/s

Dados da escala das abscissas

Base	8,3	cm
d oitava	2,5	cm

Determinação dos Pontos Notáveis

R_500 Hz	46	dB	x (500Hz)=	14,1	cm
----------	----	----	------------	------	----

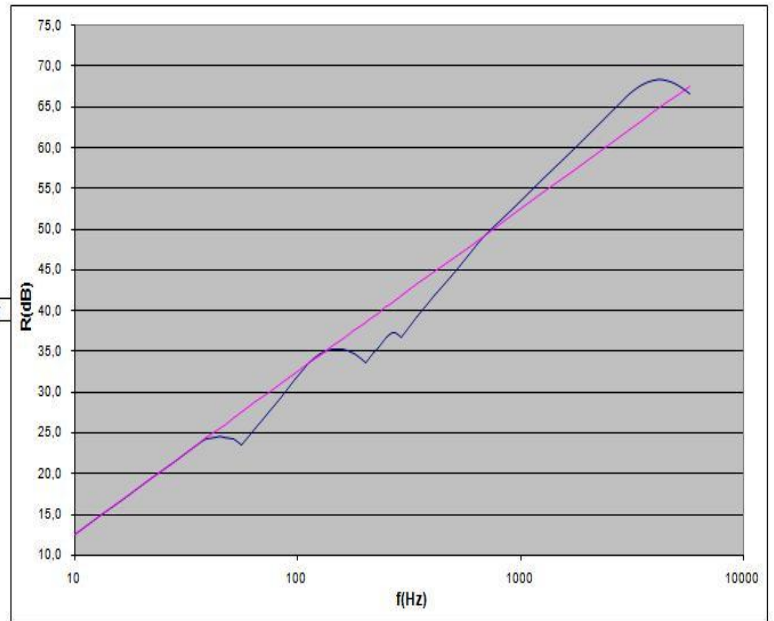
frequência ressonância - fr	56,3	Hz
frequência crítica pano 1 - f1	201,1	Hz
frequência crítica pano 2 - f2	290,5	Hz
frequência ressonância cxa ar - fn	5716,7	Hz

Valor de x em escala linear

6,2	cm
10,8	cm
12,1	cm
22,9	cm

	frequência	valor de x	R (6db/oct)	R corrigido
ordenada para x=0	10	0,6	13	
frequência ressonância - fr	56,3	6,2	28	24
frequência crítica pano 1 - f1	201,1	10,8	39	34
frequência crítica pano 2 - f2	290,5	12,1	42	37
frequência ressonância cxa ar - fn	5716,7	22,9	68	67
	(Hz)	(cm)	(dB)	(dB)

Interpolação dos valores para as gamas de frequência						Rw	
Frequência		Escala linear xx		Interpolação			
125	Hz	9,1	cm	35	dB	49	dB
250	Hz	11,6	cm	37	dB		
500	Hz	14,1	cm	45	dB		
1000	Hz	16,6	cm	54	dB		
2000	Hz	19,1	cm	62	dB		



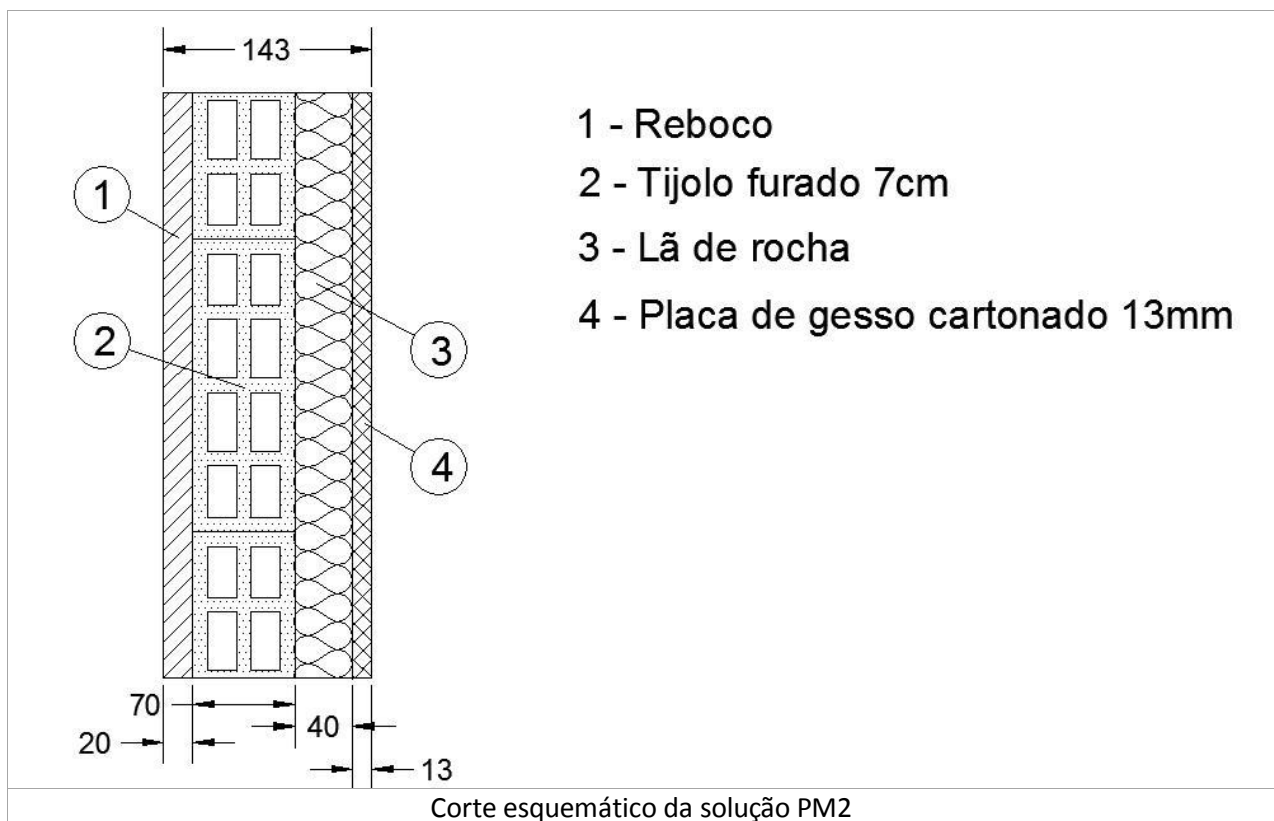
massa volúmica Tijolo furado = 1300 kg/m<sup>3</sup>

massa volúmica Reboco = 1800 kg/m<sup>3</sup>

- massa superficial – m Pano 1 = 1300 \* 0,11 + 1800 \* 0,02 = 179 kg/m<sup>2</sup>
- massa superficial – m Pano 2 = 1300 \* 0,07 + 1800 \* 0,02 = 127 kg/m<sup>2</sup>
- velo. Prop. Ondas longitudinais – Cl = 2500
- espessura dos panos de parede – e Pano 1= 0,13 m

- espessura dos panos de parede – e Pano 2= 0,09 m
- espessura da caixa de ar – d = 0,03 m
- velocidade de prop. ondas no ar – c = 343 m/s

### Cálculo do desempenho acústico de uma solução de parede dupla mista: Solução PM2



NOTA: Desenho sem escala

FOLHA DE CÁLCULO PARA PAREDES DUPLAS

reb20 + alv70 + isol40 + gesso13

Dados Relativos aos panos de parede

	Pano 1	Pano 2	
massa superficial - m	127	9,88	Kg/m <sup>2</sup>
velo. Prop. Ondas longitudinais - Cl	2500	1860	m/s
espessura dos panos de parede - e	0,08	0,01	m
espessura da caixa de ar - d	0,04		m
Valor de D (tem a ver com o isolamento)	4		dB
velocidade de prop. ondas no ar - c	343		m/s

Dados da escala das abcissas

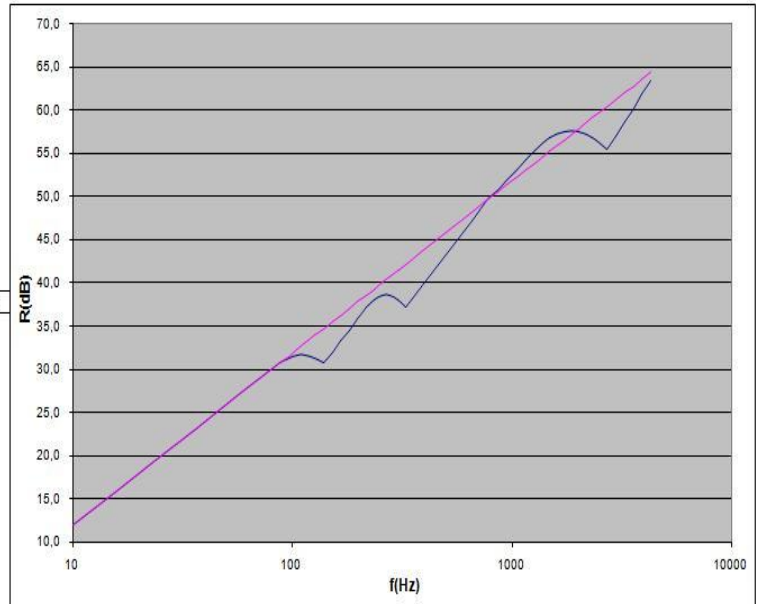
Base	8,3	cm
d oitava	2,5	cm

Determinação dos Pontos Notáveis

R <sub>500 Hz</sub>	46	dB	x (500Hz)=	14,1	cm
Valor de x em escala linear					
freqüência ressonância - fr	138,7	Hz	9,5	cm	
freqüência crítica pano 1 - f1	326,8	Hz	12,6	cm	
freqüência crítica pano 2 - f2	2703,1	Hz	20,2	cm	
freqüência ressonância cxa ar - fn	4287,5	Hz	21,8	cm	

	freqüência	valor de x	R (6db/oit)	R corrigido
ordenada para x=0	16	0,0	12	
freqüência ressonância - fr	138,7	9,5	35	31
freqüência crítica pano 1 - f1	326,8	12,6	42	37
freqüência crítica pano 2 - f2	2703,1	20,2	60	55
freqüência ressonância cxa ar - fn	4287,5	21,8	64	63
	(Hz)	(cm)	(dB)	(dB)

Interpolação dos valores para as gamas de freqüência						Rw	
Freqüência		Escala linear xx		Interpolação			
125	Hz	9,1	cm	31	dB	48	dB
250	Hz	11,6	cm	38	dB		
500	Hz	14,1	cm	43	dB		
1000	Hz	16,6	cm	53	dB		
2000	Hz	19,1	cm	57	dB		



massa volúmica Tijolo furado = 1300 kg/m<sup>3</sup>

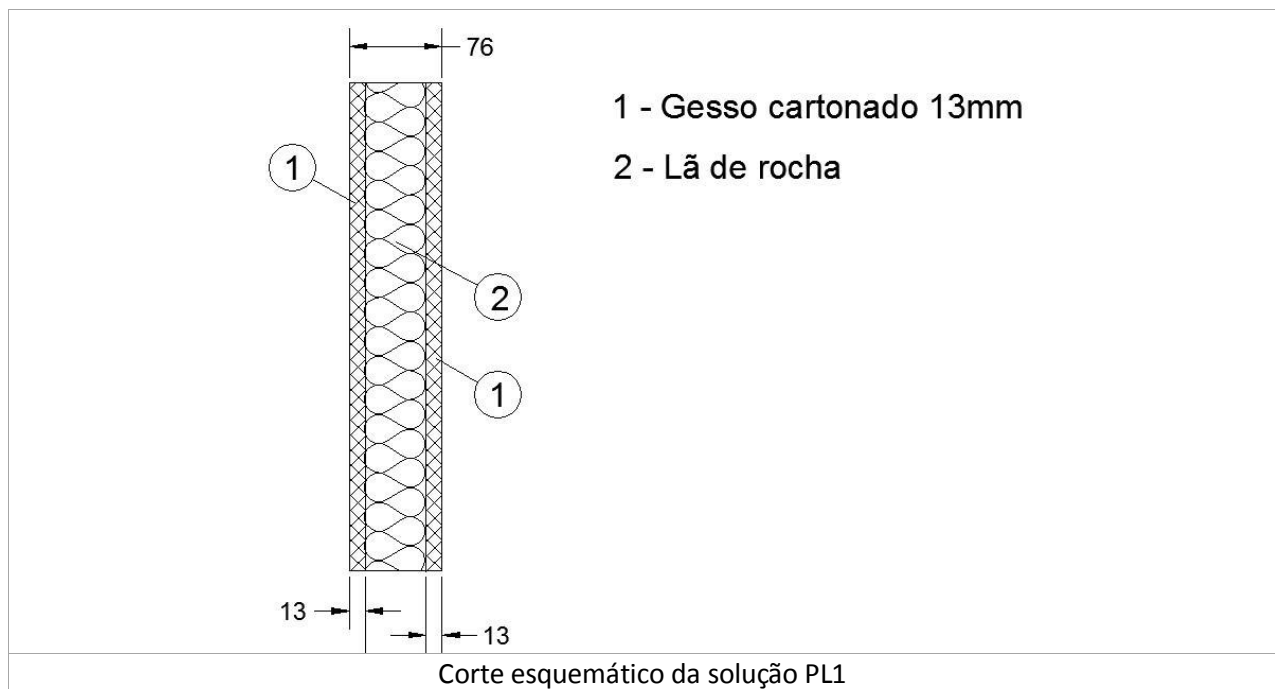
massa volúmica Reboco = 1800 kg/m<sup>3</sup>

massa volúmica Gesso cartonado = 760 kg/m<sup>3</sup>

- massa superficial – m Pano 1 = 1300 \* 0,07 + 1800 \* 0,02 = 127 kg/m<sup>2</sup>
- massa superficial – m Pano 2 = 760 \* 0,013 = 9,88 kg/m<sup>2</sup>
- velo. Prop. Ondas longitudinais – Cl Pano 1= 2500
- velo. Prop. Ondas longitudinais – Cl Pano 2= 1860

- espessura dos panos de parede – e Pano 1= 0,08 m
- espessura dos panos de parede – e Pano 2= 0,013 m
- espessura da caixa de ar – d = 0,03 m
- valor de D (tem a ver com o isolamento) = 4 dB
- velocidade de prop. ondas no ar – c = 343 m/s

**Representação de um esquema de uma solução de parede dupla leve: Solução PL1**



NOTA: Desenho sem escala

## **ANEXO II – ENSAIOS DE DESEMPENHO ACÚSTICO EM CAIXILHARIAS**



	<b>CENTRO TECNOLÓGICO CORTIZO</b> <b>INFORME DE ENSAYO ACÚSTICO</b> <b>Nº EXP: 110057</b>	<b>ALUMINIOS CORTIZO SA</b> Extramundi, s/n 15901 Padrón (A coruña) 
---	---	--

## INFORME DE ENSAYO

### 1. PETICIONARIO.

**CLIENTE:** SISTEMAS CORTIZO  
**DIRECCIÓN:** Extramundi, s/n  
 CP 15901 Padrón



### 2. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA.

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Ventana Corredera VISION		
<b>FABRICANTE:</b>	Sistemas Cortizo	<b>DIMENSIONES (mm):</b>	1230x1490
<b>MODELO:</b>	COR-VISION	<b>ACRISTALAMIENTO:</b>	55.2 SC (12) 44.2 SC
<b>DENSIDAD MUESTRA:</b>	2,6 Kg/dm <sup>3</sup>	<b>TIEMPO DE SECADO:</b>	> 24 h

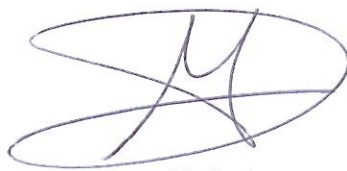
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	14/09/2011	<b>FECHA DE INFORME:</b>	19/09/2011
<b>FECHA DE INICIO DE ENSAYO:</b>	19/09/2011	<b>FECHA DE FINAL DE ENSAYO:</b>	19/09/2011

### 3. ENSAYO REALIZADO.

El ensayo solicitado ha sido la determinación del Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo, según: UNE-EN ISO 140-3:1995, UNE-EN ISO 140-3: 2000 "Erratum" y UNE EN ISO 140-3:2000/A1:2005 "Condiciones especiales de montaje para particiones ligeras de doble capa".

### 4. RESULTADO OBTENIDO.

<b>Índice Global de Reducción Acústica <math>R_w (C;C_{tr})</math></b>	<b>38 (-1;-2) dB</b>
<b>Índice de reducción sonora a Ruido Aéreo <math>R_A</math></b>	<b>37 dBA</b>
<b>Índice de Reducción sonora a Ruido Aéreo para ruido de automóviles <math>R_{Atr}</math></b>	<b>36 dBA</b>



David Macía  
Técnico de Ensayos




Pablo Sabarís  
Director Técnico del Laboratorio

Éstos resultados sólo se refieren a las muestras ensayadas por Aluminios Cortizo SA en sus instalaciones de Padrón en la fecha y producto arriba indicados, y no indican una característica de constancia en la calidad de la producción.

 <p><b>ENAC</b> E N S A Y O S Nº 786 / LE 1621</p>	<p><b>CENTRO TECNOLÓGICO CORTIZO</b></p> <p><b>INFORME DE ENSAYO ACÚSTICO</b></p> <p><b>Nº EXP: 110057</b></p>	<p><b>ALUMINIOS CORTIZO SA</b> Extramundi, s/n 15901 Padrón (A coruña)</p> 
---	--	--

## 5. CONDICIONES AMBIENTALES DEL ENSAYO.

<b>PRESIÓN (Pa)</b>	102100 ± 120
<b>HUMEDAD (%)</b>	46 ± 5,1%
<b>Temperatura Emisión</b>	24,4 ± 3 °C
<b>Temperatura Recepción</b>	24,5 ± 3 °C



## 6. COMPONENTES DE LA MUESTRA.

ELEMENTO	COMPONENTE	FABRICANTE	MODELO
<b>MARCO</b>	Marco inferior	CORTIZO	COR-4380
	Marco Superior	CORTIZO	COR-4380
	Marco Lateral	CORTIZO	COR-4380
	Marco lateral	CORTIZO	COR-4380
<b>HOJA</b>	Hoja Central	CORTIZO	COR-4326
	Hoja Central	CORTIZO	COR-4326
	Hoja Lateral	CORTIZO	COR-4322
	Hoja Lateral	CORTIZO	COR-4322
	Hoja de Ruedas	CORTIZO	COR-4324
<b>VARIOS</b>	Patín Hoja de Ruedas	CORTIZO	COR-4325
	Engatillado Central	CORTIZO	COR-4329
	Perfil Aislante Marco	CORTIZO	COR-4331
	Juntas	CORTIZO	264251
	Herraje: Rodamientos Cierre y Contracierre	CORTIZO	304350 304310
	Cortavientos	CORTIZO	304330
	Acristalamiento	Vidrogal-Aislaglass	Lam 5+5 sc (12) lam.4+4 sc

 <p><b>ENAC</b> E N S A Y O S Nº 786 / LE 1621</p>	<p><b>CENTRO TECNOLÓGICO CORTIZO</b></p> <p><b>INFORME DE ENSAYO ACÚSTICO</b></p> <p><b>Nº EXP: 110057</b></p>	<p><b>ALUMINIOS CORTIZO SA</b> Extramundi, s/n 15901 Padrón (A coruña)</p> 
---	--	--

## 7. PRINCIPIO TEÓRICO DEL ENSAYO.

El ensayo se realiza según la norma UNE EN ISO 140-3 "Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción". Para medir el aislamiento al ruido aéreo entre dos salas con una separación común, ya sea vertical u horizontal, se genera un nivel de presión acústica en una de ellas, llamada sala emisora, suficientemente elevado, como para que el nivel en la otra sala, llamada sala receptora, supere en 15 dB como mínimo el ruido de fondo (ruido ambiental) en todas las bandas de frecuencia dentro del margen de estudio. Si el nivel medido no supera el ruido de fondo como mínimo en 15 dB, se ha de realizar la corrección determinada por la norma.

El índice de aislamiento acústico a ruido aéreo ( $R_a$ ) valora la relación entre la potencia acústica incidente sobre el material en ensayo y la potencia acústica total transmitida a través de dicho material.

El índice de aislamiento acústico a ruido aéreo  $R_A$  lo calculamos a partir de los niveles de presión sonora en la cámara emisora de los niveles de presión sonora medidos en la cámara receptora, teniendo en cuenta para el cálculo la superficie de la muestra y el área de absorción equivalente de la cámara receptora calculada a partir de los valores del tiempo de reverberación -medidos para dicho recinto. El cálculo se realiza según UNE EN 717-1.

$$R_A = R_w + C$$

El índice global de reducción acústica, ponderado A, para ruido exterior dominante de automóviles de un elemento constructivo,  $R_{Atr}$  es la valoración global, en dBA, del índice de reducción acústica  $R$ , para ruido exterior de automóviles. El cálculo se realiza según UNE EN 717-1.

$$R_{Atr} = R_w + C_{tr}$$

Definido en la Norma UNE-EN ISO 717-1 el término de adaptación al espectro es el valor, en decibelios, que se debe añadir al valor de la magnitud global ( $R_w$ ) para tener en cuenta las características de un espectro particular.

Estos parámetros los introduce la norma para tener en cuenta los diferentes espectros de las fuentes de ruido (como ruido rosa o ruido de tráfico) y para evaluar curvas de aislamiento acústico con valores muy bajos en una sola banda de frecuencia.

	<b>CENTRO TECNOLÓGICO CORTIZO</b>  <b>INFORME DE ENSAYO ACÚSTICO</b>  <b>Nº EXP: 110057</b>	<b>ALUMINIOS CORTIZO SA</b> Extramundi, s/n 15901 Padrón (A coruña) 
---	---	--

A continuación se incluye una tabla orientativa sobre la relevancia de uno u otro término según las fuentes de ruido:

Tipo de fuente de Ruido	Término de adaptación espectral adecuado
<b>Actividades humanas (conversación, música, radio, TV...)</b> <b>Juegos de niños</b> <b>Trenes a velocidades medias y altas</b> <b>Autopistas a más de 80 Km/h.</b> <b>Aviones a reacción a distancias cortas</b> <b>Factorías que emiten ruido de frecuencias medias y altas</b>	<b>C</b>
<b>Tráfico Urbano</b> <b>Trenes a velocidades bajas</b> <b>Aviones de propulsión</b> <b>Aviones de reacción a largas distancias</b> <b>Música de discotecas</b> <b>Factorías que emiten ruido de frecuencias medias y bajas</b>	<b>C<sub>tr</sub></b>

## 8. EQUIPO DE MEDICIÓN.

Para llevar a cabo el ensayo se ha utilizado el siguiente equipo de medición:

- ✓ Sonómetro symphonie de doble canal marca 01 dB Metravib modelo 5470.
- ✓ Calibrador marca Rion con número de serie 35173579 modelo NC-74.
- ✓ Micrófono GRAS 40 AF con número de serie 77375
- ✓ Micrófono GRAS 40 AF con número de serie 77374
- ✓ Programa informático dB01.
- ✓ Altavoz dodecaédrico.



Volumen de la sala de emisión	50,2 m <sup>3</sup>
Volumen de la sala de recepción	50,5 m <sup>3</sup>

Se encuentran a disposición de los clientes las calibraciones de los equipos de medida utilizados.



## 9. RESULTADOS.

— R (dB)    — Curva de Referencia    — Curva de Referencia Desplazada

Frecuencia (Hz)	R (tercios de octava) en dB	U (dB)
100	33,7	1,71
125	31,0	1,58
160	27,4	1,32
200	26,2	1,09
250	34,6	1,08
315	32,8	1,10
400	34,2	1,04
500	36,0	1,04
630	37,7	1,03
800	38,2	1,01
1000	37,5	1,01
1250	38,3	1,02
1600	39,8	1,02
2000	40,6	1,01
2500	40,3	1,09
3150	41,1	1,08



<b>Índice Global de Reducción Acústica <math>R_w (C;C_{tr})</math></b>	<b>38 (-1;-2) dB</b>
<b>Índice de reducción sonora a Ruido Aéreo <math>R_A</math></b>	<b>37 dBA</b>
<b>Índice de Reducción sonora a Ruido Aéreo para ruido de automóviles <math>R_{Atr}</math></b>	<b>36 dBA</b>

*El valor de  $R_w$  se ha calculado a partir de resultados obtenidos mediante un método de laboratorio.*

*La incertidumbre expandida de medida  $U$  se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$ , que para una distribución de  $t$  de Student, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %.*

*Éstos resultados sólo se refieren a las muestras ensayadas por Aluminios Cortizo SA en sus instalaciones de Padrón en la fecha y producto arriba indicados, y no indican una característica de constancia en la calidad de la producción.*



## 10. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.

A continuación se recoge un reportaje fotográfico de la muestra ensayada:



*Fotografía 1: Muestra de ensayo*



*Fotografía 2: Sala de Emisión*



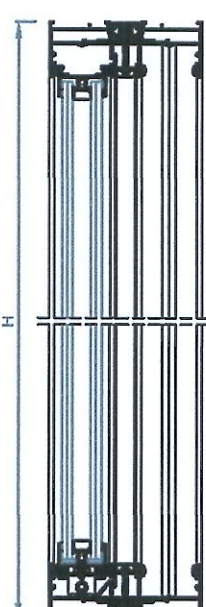
*Fotografía 3: Sala de Recepción*

## 11. ANEXO TÉCNICO

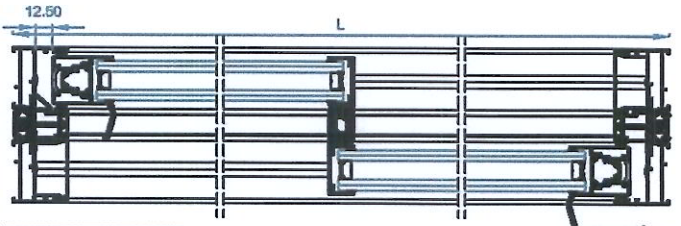
Se recoge a continuación la documentación técnica facilitada por el fabricante.

VENTANA 2 HOJAS (ESCALA 1:4)

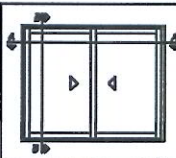
CORREDERA VISION



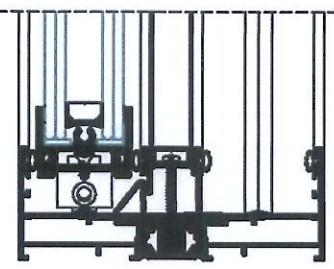
SECCIÓN B-B























SECCIÓN A-A



PERFILES



DETALLE SECCIÓN B-B  
Escala 1:2


Diseño	Referencias	Descripción	Tipo de corte	Cant.	Medida
	COR-4380	Marco perimetral A.A.		2 2	L H
	COR-4325	Patín hoja de ruedas		2	L/2-88
	COR-4324	Hoja de ruedas		4	L/2-53
	COR-4322	Hoja lateral ventana		2	H-72
	COR-4328	Hoja central		2	H-72
	COR-4329	Engatillado hoja central		2	H-112
	COR-4331	Aislante de marco		2 2	L-30 H-30
	COR-4338	Tapa lateral marco		2	H-37
	15.919	Tapeta canal		2 2	L-74 H-84
	COR-2130	Pletina		2	***


**ACCESORIOS**

Ref.	Descripción	Cant.
**	Rodamiento	4
**	Cierre multipunto	2
304330	Juego cortavientos inf/sup	1
304380	Juego tapas hoja lateral inf/sup	2
304361	Juego tapas hoja central inf/sup	2

**JUNTAS**

Referencias	Descripción	Cant.
284251	Junta comedera	8L 6H
950020	Burlete	8L 6H





**CIDEMCO-Tecnalia**

Área Anardi, nº 5  
Apartado 134 P.O. Box  
E-20730 Azpeitia (Guipúzcoa) / Spain  
Tel.: +34 943 81 68 00  
Fax: +34 943 81 60 74

[www.cidemco.es](http://www.cidemco.es)  
[cidemco@cidemco.es](mailto:cidemco@cidemco.es)

Nº RELATÓRIO: 23478. Página 1 de 12

## RELATÓRIO DE ENSAIO

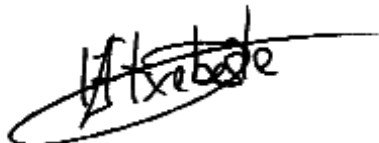
CLIENTE: **NAVARRA-EXTRUSAO DE ALUMINIO S.A.**  
REQUERENTE: **JOSÉ MOREIRA**  
ENDEREÇO: **APARTADO 2479- V. ANTAS- NAVARRA  
4701-971 BRAGA (PORTUGAL)**

MATERIAL AVALIADO: **JANELA ALUMÍNIO DE BATENTE**  
REFERENCIA: **«N 10.000»**  
OBJECTO DO PEDIDO: **DETERMINAÇÃO DA. ATENUAÇÃO ACUSTICA  
(ANEXO B, UNE-EN 14351-1:2006)**

DATA DA RECEPÇÃO: **28.10.2009**  
DATA DA REALIZAÇÃO: **29.10.2009**  
DATA DA EMISSAO DO RELATÓRIO: **05.11.2009**

Os resultados apresentados neste relatório fazem referencia exclusivamente ao material recebido e submetido a ensaio neste Centro de Investigação nas datas indicadas.

Este Relatório é composto doze (12) páginas e não poderá ser reproduzido sem a autorização expressa do CIDEMCO, excepto quando a reprodução seja feita na integra.



Mikel Etxebeste  
Técnico Área Acústica  
Dpto. Construção

**cidemco**  
tecnalia



Miguel Mateos  
Resp. Área Acústica  
Dpto. Construção

## ANTECEDENTES

Em 28 de outubro de 2009 a empresa NAVARRA-EXTRUSAO DE ALUMINIO S.A., solicitou a avaliação das características acústicas segundo o **Anexo B “Determinación del aislamiento acústico de ventanas”** da Norma UNE-EN 14351-1:2006 «Ventanas y puertas peatonales exteriores. Norma de producto, características de prestación. Parte 1: Ventanas y puertas peatonales exteriores sin características de resistencia al fuego y/o control de humos» da janela referenciada como:

### «N 10.000»

Esta avaliação faz parte dos ensaios iniciais de tipo necessários para a marcação CE de janelas segundo a norma de produto UNE-EN 14351-1:2006.

Características da janela:

- Janela de alumínio
- Tipo de abertura: de batente
- As secções constructivas das janelas foram facilitadas pelo cliente e ajuntam-se no anexo.

## AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES

Esta norma, na ausência de dados das prestações medidos especificamente para calcular o  $R_w$ , C e  $C_{tr}$ , atribui valores de isolamento acústico ao ruído aéreo às janelas simples baseando-se em dados de isolamento acústico de unidades de vidro isolante e critérios de fabricação de janelas.

Aqueles valores de isolamento  $R_w$  ou  $R_{tr}$  da unidade de vidro isolante que, dentro do intervalo de validade da Tabela B.1 do Anexo B da Norma UNE-EN 14351-1:2006, não aparecem na citada tabela foram atribuídos com o valor imediatamente inferior.

Os resultados apresentados nas seguintes tabelas são apenas aplicáveis às janelas que cumpram os requisitos resumidos a seguir:

REQUISITOS
Janela simples fixa e praticável (batente superior/lateral/inferior e pivotante)
Com unidade de vidro isolante. Os resultados das tabelas não são aplicáveis se a janela é de vidro simples
Os valores obtidos não se aplicam a sacadas com almofadas
Não se aplicam às unidades de vidro isolante com SF <sub>6</sub>
A permeabilidade ao ar da janela deve ser de CLASSE 3 ou de CLASSE 4
As vedações devem ser lisas, permanentemente flexíveis, resistentes à intempérie, fáceis de substituir e ao menos uma das vedações deve ser contínua.

**Tabela 1**

## RESULTADOS

A janela a avaliar é a seguinte e cumpre com os requisitos apresentados na tabela 1

**Resultados considerando envidraçamentos da unidade do vidro isolante da janela**

Envidraçamento <sup>1</sup>	Rw (C; Ctr) área total janela ≤ 2,7 m <sup>2</sup>	Rw (C; Ctr) 2,7 m <sup>2</sup> ≤ área total janela ≤ 3,6 m <sup>2</sup>	Rw (C; Ctr) 3,6 m <sup>2</sup> ≤ área total janela ≤ 4,6 m <sup>2</sup>	Rw (C; Ctr) Área total janela ≥ 4,6 m <sup>2</sup>
4/câmara <sup>2</sup> /4 ( * )	32 (-1;-5)	31 (-1;-5)	30 (-1;-5)	29 (-1;-5)
6/câmara <sup>2</sup> /4 ( * )	34 (-1;-4)	33 (-1;-4)	32 (-1;-4)	31 (-1;-4)
6/câmara <sup>2</sup> /6 ( * )	33 (-1;-4)	32 (-1;-4)	31 (-1;-4)	30 (-1;-4)
8/câmara <sup>2</sup> /4 ( * )	34 (-1;-4)	33 (-1;-4)	32 (-1;-4)	31 (-1;-4)
8/câmara <sup>2</sup> /6 ( * * )	35 (-1;-5)	34 (-1;-5)	33 (-1;-5)	32 (-1;-5)
10/câmara <sup>2</sup> /4 ( * * )	35 (-1;-4)	34 (-1;-4)	33 (-1;-4)	32 (-1;-4)
10/câmara <sup>2</sup> /6 ( * * )	35 (-1;-3)	34 (-1;-3)	33 (-1;-3)	32 (-1;-3)
6/câmara <sup>2</sup> /6 laminado ( * * )	34 (-1;-4)	33 (-1;-4)	32 (-1;-4)	31 (-1;-4)
6/câmara <sup>2</sup> /10 laminado ( * * )	36 (-1;-4)	35 (-1;-4)	34 (-1;-4)	33 (-1;-4)

**Tabela 2**

(\*) nº de vedações necessárias: 1 para janelas móveis

(\*\*) nº de vedações necessárias: 2 para janelas móveis

Nota 1.- Unidades de vidro isolante. Espessura do vidro/largura câmara/espessura do vidro expressados em mm  
 Nota 2.- Câmara compreendida entre 6 e 16 mm.

**Resultados considerando o dado do isolamento da unidade de vidro isolante**

Para os envidraçamentos que não estejam apresentados na tabela 2, mas o fabricante conheça o valor de isolamento acústico,  $R_w$  (C; Ctr), pode utilizar-se a tabela 3.

Como dado de entrada empregar-se-á o valor  $R_w$  e Ctr da Unidade de vidro isolante (UVA).

Aqueles valores de isolamento  $RW$  da unidade de vidro isolante que, dentro do intervalo de validade da Tabela 3, não aparecem na citada tabela devem ser atribuídos com o valor imediatamente inferior.

Nº RELATÓRIO: 23478. Página 6 de 12

Rw (C;Ctr) de la unidade de vidro isolante	Rw (C; Ctr) Área total janela ≤ 2,7 m <sup>2</sup>	Rw (C; Ctr) 2,7 m <sup>2</sup> ≤ área total janela ≤ 3,6 m <sup>2</sup>	Rw (C; Ctr) 3,6 m <sup>2</sup> ≤ área total janela ≤ 4,6 m <sup>2</sup>	Rw (C; Ctr) Área total janela ≥ 4,6 m <sup>2</sup>
27(C;-2) (*)	30(-1;-3)	29(-1;-3)	28(-1;-3)	27(-1;-3)
27(C;-3) (*)	30(-1;-4)	29(-1;-4)	28(-1;-4)	27(-1;-4)
28(C;-2) (*)	31(-1;-3)	30(-1;-3)	29(-1;-3)	28(-1;-3)
28(C;-3) (*)	31(-1;-4)	30(-1;-4)	29(-1;-4)	28(-1;-4)
28(C;-4) (*)	31(-1;-5)	30(-1;-5)	29(-1;-5)	28(-1;-5)
29(C;-2) (*)	32(-1;-3)	31(-1;-3)	30(-1;-3)	29(-1;-3)
29(C;-3) (*)	32(-1;-4)	31(-1;-4)	30(-1;-4)	29(-1;-4)
29(C;-4) (*)	32(-1;-5)	31(-1;-5)	30(-1;-5)	29(-1;-5)
29(C;-5) (*)	32(-1;-6)	31(-1;-6)	30(-1;-6)	29(-1;-6)
30(C;-2) (*)	33(-1;-3)	32(-1;-3)	31(-1;-3)	30(-1;-3)
30(C;-3) (*)	33(-1;-4)	32(-1;-4)	31(-1;-4)	30(-1;-4)
30(C;-4) (*)	33(-1;-5)	32(-1;-5)	31(-1;-5)	30(-1;-5)
30(C;-5) (*)	33(-1;-6)	32(-1;-6)	31(-1;-6)	30(-1;-6)
32(C;-2) (*)	34(-1;-3)	33(-1;-3)	32(-1;-3)	31(-1;-3)
32(C;-4) (*)	34(-1;-4)	33(-1;-4)	32(-1;-4)	31(-1;-4)
32(C;-5) (*)	34(-1;-5)	33(-1;-5)	32(-1;-5)	31(-1;-5)
34(C;-2) (*)	35(-1;-3)	34(-1;-3)	33(-1;-3)	32(-1;-3)
34(C;-3) (*)	35(-1;-4)	34(-1;-4)	33(-1;-4)	32(-1;-4)
36(C;-2) (**)	36(-1;-3)	35(-1;-3)	34(-1;-3)	33(-1;-3)
36(C;-4) (**)	36(-1;-4)	35(-1;-4)	34(-1;-4)	33(-1;-4)

Rw (C;Ctr) de la unidad de vidrio aislante	Rw (C; Ctr) Área total janela ≤ 2,7 m <sup>2</sup>	Rw (C; Ctr) 2,7 m <sup>2</sup> ≤ área total janela ≤ 3,6 m <sup>2</sup>	Rw (C; Ctr) 3,6 m <sup>2</sup> ≤ área total janela ≤ 4,6 m <sup>2</sup>	Rw (C; Ctr) Área total janela ≥ 4,6 m <sup>2</sup>
38(C;-2) (**)	37(-1;-3)	36(-1;-3)	35(-1;-3)	34(-1;-3)
38(C;-4) (**)	37(-1;-4)	36(-1;-4)	35(-1;-4)	34(-1;-4)
40(C;-4) (**)	38(-1;-4)	37(-1;-4)	36(-1;-4)	35(-1;-4)

Tabla 3

(\*) nº de vedações necessárias: 1 para janelas móveis

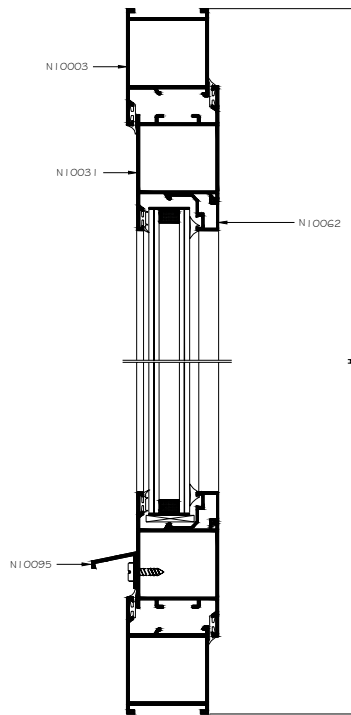
(\*\*) nº de vedações necessárias: 2 para janelas móveis

Nota: o valor de isolamento da janela, segundo o anexo B da norma UNE-EN 14351:2006 é independente do valor C da Unidade de vidro isolante (UVA).

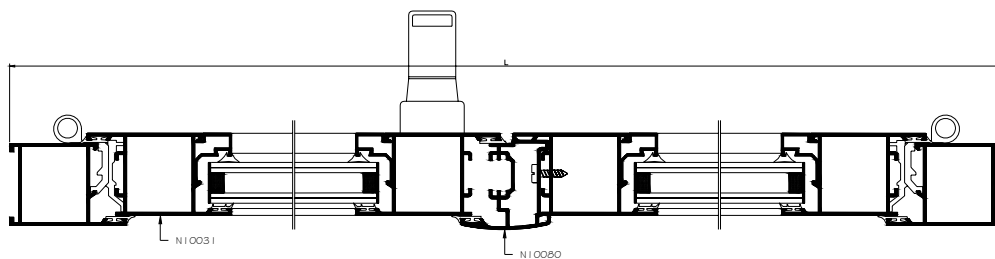
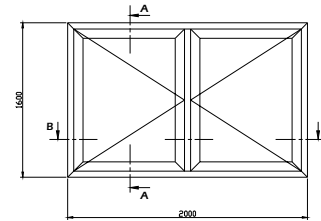
## ANEXO

## SECÇÕES CONSTRUCTIVAS DA JANELA

### JANELA DE BATENTE 2 FOLHAS

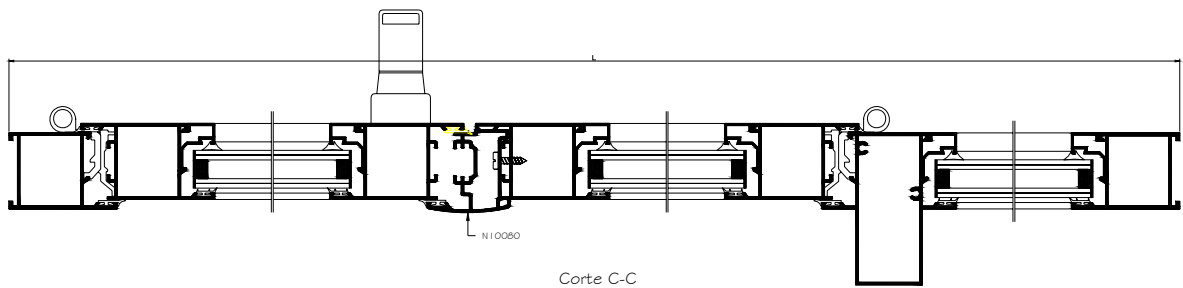
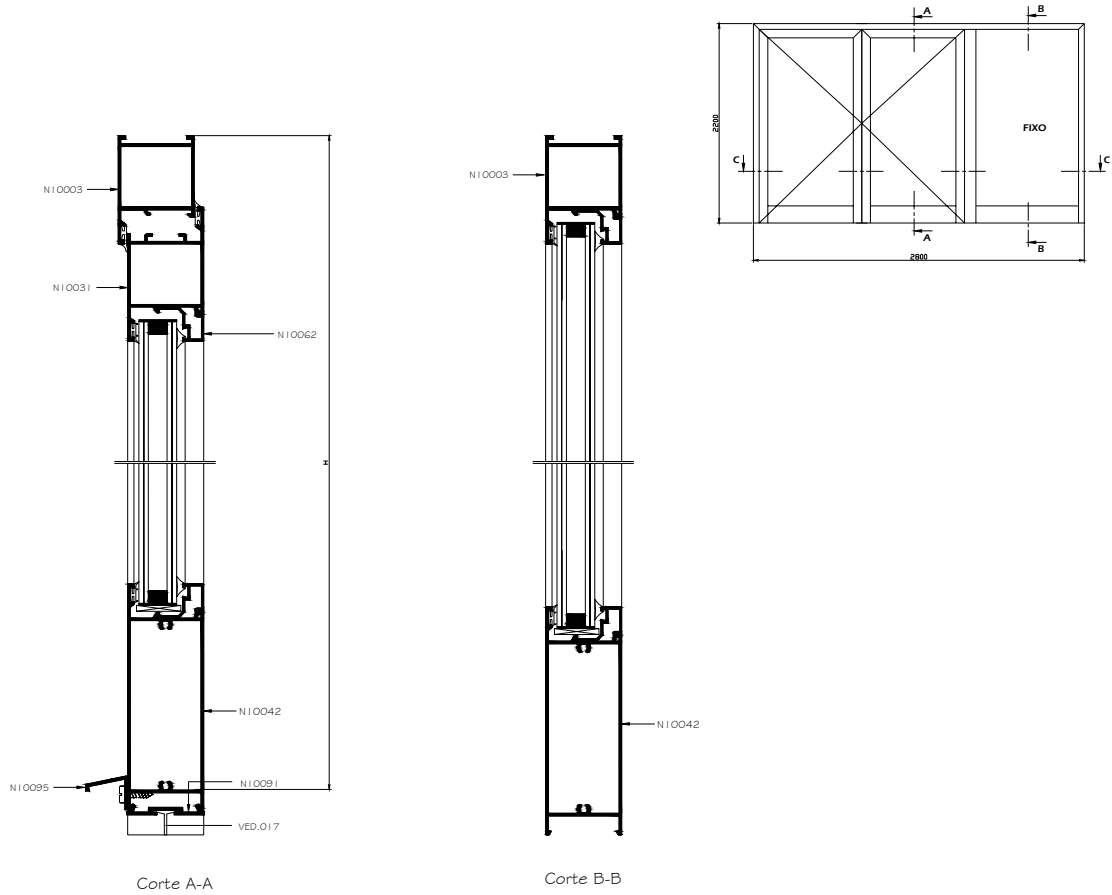


Corte A-A



Corte B-B

**PORTA DE BATENTE  
2 FOLHAS**



## JANELA BATENTE DE DUAS FOLHAS N10000

**Materiais** aplicados na fabricação do modelo:

- **Perfis de estrutura:** são utilizados perfis de alumínio da série N10000 da Navarra, tendo os perfis as seguintes referências: N10003; N10031; N10062, N10080; N10094 e N10095;
- **Ligação entre perfis:** são utilizados esquadros referência Esq.004-0943, para ligação dos perfis aro fixo e móvel N10003 e N10031;
- **Revestimento dos perfis:** termolacado de cor branca de referência 9110;
- **Vidro(s):** Folhas móveis: Vidro duplo de 22 mm (4-14-4).

### Sistemas de Vedação:

- **Junta Aro/Vão:** É utilizado mastique de silicone neutro de referência Div.021;
- **Junta entre perfis:** É utilizado mastique de silicone neutro;
- **Junta móvel:** Nas folhas móveis em todo o seu perímetro é utilizada uma linha de vedação polipropileno, de referência Ved.061-0052 (linha de vedação interior). Nos topos da couceira central são colocados obturadores de referência Tpo.083-0449. A drenagem da junta móvel é feita através de três rasgos de 30 mm x 5 mm protegidos por deflectores sem membrana de referência Div.040-1242;
- **Junta do(s) vidro(s):** São utilizados perfis de vedação de EPDM de referência Ved.066-1196 e Ved.013-1196 pelo exterior e interior, respectivamente. A ventilação da gola dos vidros das folhas móveis é efectuada por dois rasgos, em cada folha, de 12 mm x 3 mm.

### Ferragens

- **de comando e (ou) fecho:** na folha prioritária é utilizada uma cremona de referência Fch.147-0087, Kit para cremona Fch.016-0086 e dobradiças referência Dob.009-0010. Na folha não prioritária é utilizado o fecho de 2ª folha Fch.133-1242, dobradiças Dob.009-0010.

### Fixação ao vão

A fixação do caixilho foi feita através de 8 parafusos com a seguinte distribuição: 1 na verga, 1 no peitoril e 3+3 nas ombreiras.

## PORTA BATENTE DE DUAS FOLHAS N10000 + FIXO

**Materiais** aplicados na fabricação do modelo:

- **Perfis de estrutura:** são utilizados perfis de alumínio da série N10000 da Navarra, tendo os perfis as seguintes referências: N10003; N10031; N10042, N10051, N10062, N10080, N10091 e N10094;
- **Ligação entre perfis:** são utilizados esquadros referência Esq.004-0943, para ligação dos perfis aro fixo e móvel N10003 e N10031;
- **Revestimento dos perfis:** termolacado de cor branca de referência 9110;
- **Vidro(s):** Folhas móveis: Vidro duplo de 22 mm (4-14-4).

### Sistemas de Vedação:

- **Junta Aro/Vão:** É utilizado mastique de silicone neutro de referência Div.021;
- **Junta entre perfis:** É utilizado mastique de silicone neutro;
- **Junta móvel:** Nas folhas móveis, nas ombreiras e verga, é utilizada uma linha de vedação polipropileno, de referência Ved.061-0052 (linha de vedação interior). Nos topos da couceira central são colocados obturadores de referência Tpo.083-0449. Na almofada no perfil N10091 é aplicado um vedante guarda-vento de referência Ved.017- 0052.
- **Junta do(s) vidro(s):** São utilizados perfis de vedação de EPDM de referência Ved.066-1196 e Ved.013-1196 pelo exterior e interior, respectivamente, tanto nas folhas móveis com no fixo.

### Ferragens

- **de comando e (ou) fecho:** na folha prioritária é utilizado uma fechadura de 3 pontos de referência Fdr.064-1250, duas chapas testa Div.008-0449 e uma Div.157- 0449 e na folha não prioritária são utilizados dois fechos auxiliares Fch.133-0449;
- **de suspensão:** São utilizadas seis dobradiças (três em cada folha) de referência Dob.009-0010.

### Fixação ao vão

A fixação do caixilho foi feita através de 8 parafusos com a seguinte distribuição: 1 na verga, 1 no peitoril e 3+3 nas ombreiras.