

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/281825937>

# Caixilharias

Technical Report · November 2005

DOI: 10.13140/RG.2.1.4205.8729

CITATIONS

0

READS

6,455

1 author:



Jorge de Brito

University of Lisbon

1,662 PUBLICATIONS 38,256 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Sustainable Development of Cement-based Materials: Application to Recycled Aggregates Concrete [View project](#)



Incremental Housing Model with technical wall [View project](#)

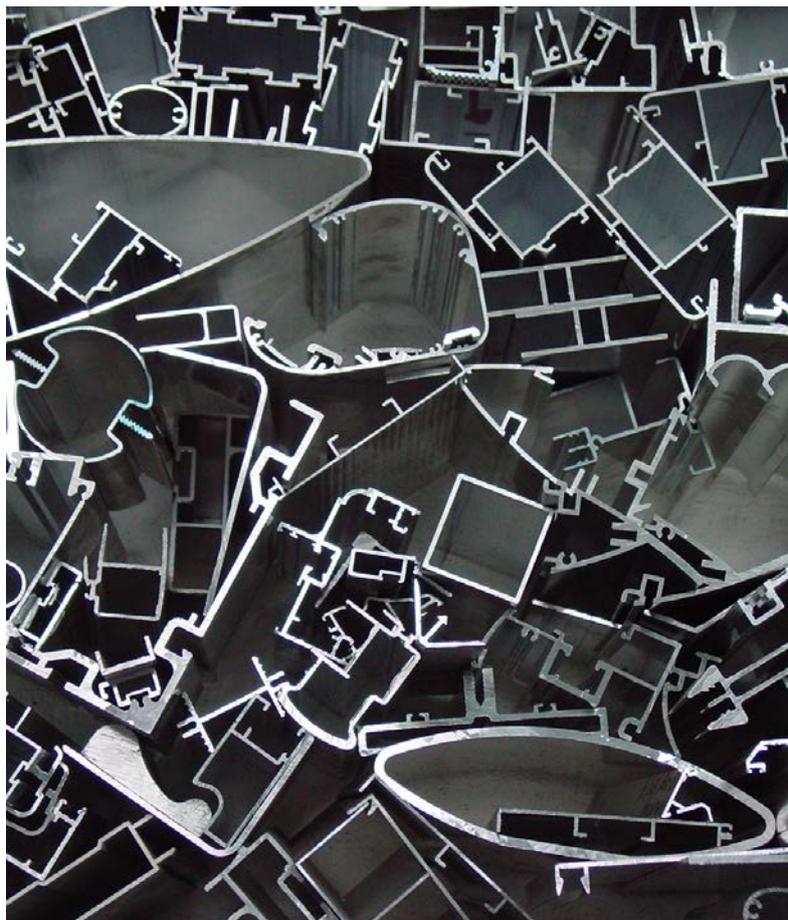
**INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO**

**MESTRADO EM CONSTRUÇÃO**

**CADEIRA DE REABILITAÇÃO NÃO-ESTRUTURAL DE  
EDIFÍCIOS**

CAIXILHARIAS

**Jorge de Brito**



**Novembro de 2005**



## ÍNDICE

1.	Introdução	1
	1.1. Breve introdução histórica	1
	1.2. Definições	3
	1.3. Exigências funcionais e mecânicas	4
2.	Projecto	7
	2.1. Acções de cálculo	7
	2.2. Tipologias	14
	2.3. Materiais	18
3.	Caixilharia de madeira	23
	3.1. Vantagens e desvantagens	24
	3.2. Madeiras mais utilizadas e suas propriedades	25
	3.3. Derivados da madeira e acabamentos	28
	3.4. Projecto e fabrico	30
4.	Caixilharia de alumínio	35
	4.1. Vantagens e desvantagens	36
	4.2. Extrusão e acabamentos	38
	4.3. Fabrico	43
	4.4. Cuidados em obra	46
5.	Caixilharia mista madeira / alumínio	50
	5.1. Vantagens e desvantagens	51
	5.2. Fabrico	52
6.	Caixilharia de PVC	53
	6.1. Vantagens e desvantagens	53
	6.2. Acabamentos	55
	6.3. Fabrico	55
	6.4. Reciclagem	62
7.	Caixilharia de aço / aço inox	66
	7.1. Vantagens e desvantagens	66
	7.2. Fabrico	67

8.	Montagem	68
	8.1. No contexto da edificação	68
	8.2. Montagem do caixilho	69
	8.3. Montagem do vidro	76
	8.4. Manutenção	80
9.	Controlo da qualidade	81
	9.1. Ensaios em laboratório	81
	9.2. Controlo de qualidade em obra	90
	9.3. Normas	90
10.	Patologia	97
	10.1. Métodos de diagnóstico	97
	10.2. Anomalias e suas causas	97
11.	Reabilitação	104
12.	Bibliografia	107

# CAIXILHARIAS

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento visa abordar os vários tipos de caixilharia mais utilizados nos dias de hoje, focando as suas principais características, modos de fabrico e montagem em obra. São também apresentadas, de forma breve, as anomalias mais recorrentes, as suas causas, métodos de diagnóstico e medidas correctivas.

### 1.1. BREVE INTRODUÇÃO HISTÓRICA

No desenrolar da história da construção, observa-se através dos séculos que o Homem foi reduzindo sistematicamente a parte maciça das paredes e, com o domínio da técnica e dos materiais, foi também aumentando os vãos, ou o espaço livre que, genericamente, as paredes determinam e que, na verdade, protagoniza mais fortemente o fenómeno arquitectónico por conter e proteger o desenrolar da vida humana.

São também denominadas genericamente de vãos as aberturas realizadas nas paredes que servem para o controlo de entrada de luz, de ventilação, de relação visual e ambiental entre o dentro e o fora da edificação - entre o ver e o ser visto -, para proteger do calor e do frio excessivos, para isolar ruídos e que contêm também uma intenção estética.

O controlo desses vãos foi sendo resolvido, genericamente, pelas portas e janelas, enquanto elementos arquitectónicos.

É assim que o Homem passa dos maciços monolíticos pré-históricos para os acanhados espaços interiores pouco iluminados da época greco-romana e deles para as construções góticas quando, da composição das janelas através da associação possível entre o chumbo e o vidro (vulgarizado em Portugal a partir do Século XVI), nascem os vitrais das catedrais que filtram a entrada de luz sob absoluto controlo e criam uma característica e intencional ambiência para a religiosidade.

Nessa altura, as janelas eram essencialmente de uma folha ou mais, sendo as janelas de guilhotina as mais utilizadas por não haver ferragens que possibilitassem outras soluções. Nas janelas de guilhotina, a folha superior é fixa e a inferior sendo de inferior de deslizar sobre a superior ficando os elementos de fixação fixos ao aro. A evolução das ferragens veio possibilitar as janelas de abrir, de correr, basculante ou pivotante. A protecção solar era obtida através de portadas exteriores (Fig. 1, à esquerda) e interiores (Fig. 1, ao centro) que atingiam apenas metade das janelas e de venezianas, persianas ou portadas interiores de madeira maciça a partir do século XIX. As portas exteriores (Fig. 1, à direita), robustas para isolar do exterior e da humidade, são em geral de uma folha em madeira maciça e é um elemento arquitectónico que pode auxiliar a identificação do edifício e têm no mínimo 4 cm de espessura.



Fig. 1 - À esquerda, portadas exteriores, ao centro, portadas interiores e, à direita, porta exterior

Num salto histórico sobre toda a expressão clássica da Arquitectura, são vencidos os vãos de janelas e portas, limitados pela linguagem e pela técnica, para a exuberância de luz na era industrial, quando ao desenvolvimento do aço e do betão como materiais construtivos e expressivos centrais do modernismo se soma o desenvolvimento técnico da indústria do vidro, que possibilita o fornecimento de peças muito maiores. Esse conjunto de conquistas técnicas permite que sejam dissociadas as estruturas das paredes, levando à solução denominada em arquitectura de “planta livre” e às peles de vidro. Formam-se assim as “modernas” torres de vidro com fachadas cortina: tradicional, de vidro colado ou de vidro agrafado (Fig. 2).

Materiais e técnicas continuam em desenvolvimento e as posturas alteram-se na contempora-

neidade, determinando um contexto produtivo em arquitectura não mais unitário, mas complexo e contraditório, no qual se articulam linguagens diversas e através das quais a arquitectura cada vez mais perde massa construtiva e se desmaterializa. Nesse contexto, as “peles” de revestimento, compostas por painéis ou esquadrias, ganham destaque na vedação total da edificação, inclusive como elementos de cobertura.

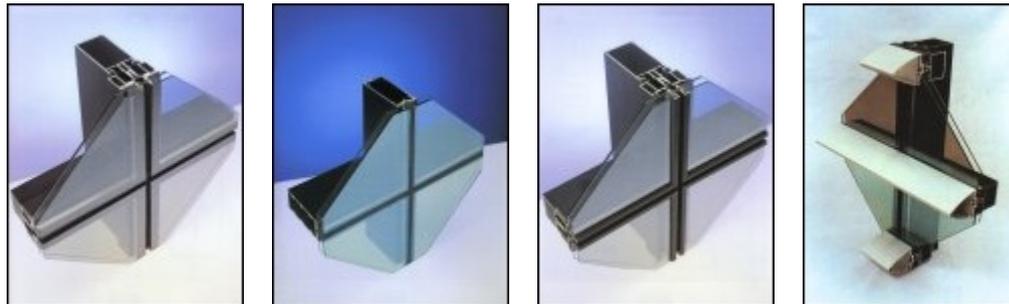


Fig. 2 - Várias hipóteses de fachada cortina

Esta breve introdução histórica aponta para a importância crescente das caixilharias no actual quadro produtivo da arquitectura e da construção no mundo. Nesse contexto, novas formas associadas se desenvolvem fomentando o uso criativo e inovador de materiais e técnicas. No caso das caixilharias, aos elementos metálicos e à madeira, tradicionalmente usadas para sua estruturação, soma-se agora a aplicação de materiais plásticos, como o PVC, que os substitui associando-se aos vidros e demais materiais transparentes e translúcidos.

## 1.2. DEFINIÇÕES

As janelas ou portas são normalmente constituídas por um caixilho e pelo vidro ou folha(s) (Fig. 3). O **caixilho** é a estrutura, esquadria ou aro que permite a fixação do vidro a outros elementos da construção como paredes e coberturas, o sustenta e garante. Pode ser fixo ou móvel, permitindo a abertura da janela ou porta, e pode ser executado em vários materiais, dependendo dos requisitos técnicos ou arquitectónicos. O caixilho é constituído por um aro fixo e partes/folhas fixas ou móveis, envidraçadas (total ou parcialmente), gradeadas, opacas ou com lâminas (fixas ou móveis). Hoje em dia, já existem várias soluções construtivas em que o caixilho pode ser suprimido.



Fig. 3 - Janela de caixilho de alumínio (à esquerda) ou PVC (à direita) e pano(s) de vidro

As janelas são elementos construtivos que permitem a comunicação visual do interior com o exterior, a iluminação e a ventilação. As janelas, e conseqüentemente os caixilhos, devem ser estanques (ou quase) aos agentes atmosféricos.

### 1.3. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS E MECÂNICAS

Um caixilho, sendo um elemento construtivo, tem de responder a certos requisitos funcionais e mecânicos que podem ser avaliados através de vários ensaios específicos (ver sub-capítulo 9.1). Podem-se salientar as seguintes exigências:

- permeabilidade limitada ao ar (Fig. 4, à esquerda);
- estanqueidade à água (Fig. 4, à direita);
- estanqueidade ao som (Fig. 5, à esquerda);
- isolamento térmico;
- protecção contra o fogo;
- resistência mecânica aos agentes atmosféricos (vento) (Fig. 5, à direita);
- resistência mecânica a acções diversas (choque, intrusão);
- resistência mecânica ao manuseamento (ligações, manuseamento);
- aspecto geral (acabamentos, polimento);
- transparência (vidros).



Fig. 4 - À esquerda, permeabilidade ao ar e, à direita, estanqueidade à água

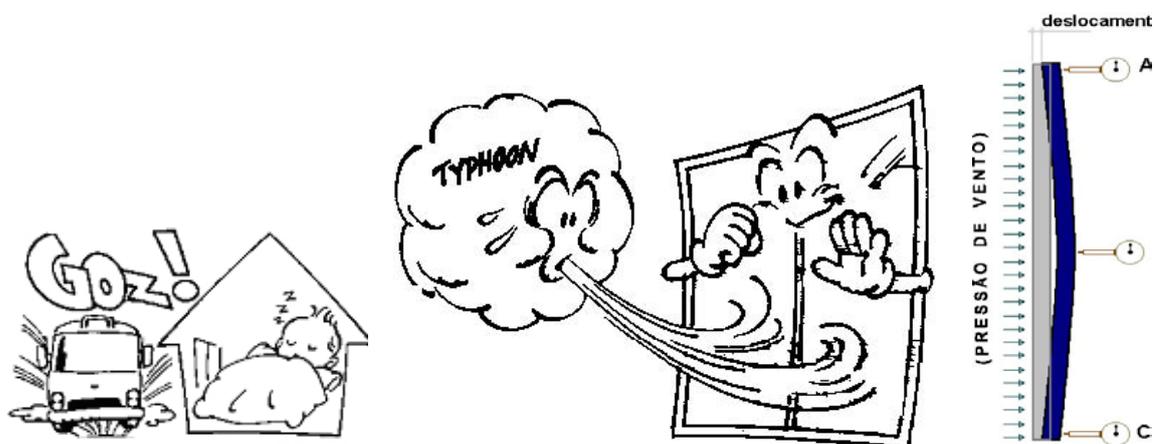


Fig. 5 - À esquerda, atenuação sonora e, à direita, solicitações do vento

Este documento pretende servir de apoio aos alunos do Mestrado em Construção do Instituto Superior Técnico na Cadeira de Reabilitação Não-Estrutural de Edifícios. Corresponde a parte do capítulo dessa mesma cadeira dedicado aos elementos secundários que, tal como toda a restante matéria, se restringe fundamentalmente aos edifícios correntes.

A elaboração deste documento não resultou de investigação específica sobre o tema efectuada pelo seu Autor mas sim de pesquisa bibliográfica, da consulta dos profissionais do sector e de monografias escritas realizadas por alunos do Instituto Superior Técnico, no Mestrado em Construção e na Licenciatura em Engenharia Civil. Assim, muita da informação nele contida poderá também ser encontrada nos seguintes textos, que não serão citados ao longo do texto:

- Lúcia Batalha, “Caixilharias em Alumínio. Caderno de Encargos Tipo”, Monografia apresentada no 10º Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, 2001, Lisboa;

- Rita Abreu, “Caixilharias”, Monografia apresentada no 12º Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, 2003, Lisboa;
- Pedro Douwens, “Caixilharias em Madeira”, Monografia apresentada no 13º Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, 2004, Lisboa;
- Samuel Sardinha, “Caixilharias de Madeira. Concepção e Projecto”, Monografia apresentada no 13º Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, 2004, Lisboa;
- Miguel Santos, “Caixilharias de Alumínio”, Monografia apresentada no 14º Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, 2005, Lisboa;
- José Gomes, “Caixilharias de PVC”, Monografia apresentada no 14º Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, 2005, Lisboa;
- José Canilho, “Caixilharias de Madeira”, Monografia apresentada no 14º Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, 2005, Lisboa;
- Pedro Cabrita, Eduardo Carvalho, Miguel Iglésias e Pedro Carvalho, “Caixilharia”, Monografia apresentada na Licenciatura em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2002, Lisboa;
- Élia Correia, Tomé Correia, Luís Torres, Hugo Costa e José Muñoz, “Portas e Janelas. O Projecto de Caixilharia”, Monografia apresentada na Licenciatura em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2003, Lisboa.

## **2. PROJECTO**

É na fase de projecto que são determinadas as características da caixilharia, consoante o fim a que se destinam, a sua localização e o projecto de arquitectura. Entre elas, destacam-se:

- o dimensionamento;
- o material;
- o tipo de acabamento;
- o tipo de abertura;
- a durabilidade e performance;
- a composição arquitectónica dos alçados.

### **2.1. ACCÕES DE CÁLCULO**

São tidos em conta factores determinantes como a:

- localização geográfica - clima, regime de ventos, nível de ruído;
- exposição solar.

Estes factores vão condicionar a resistência das séries a prescrever, o acabamento e protecção superficiais, em função do tipo de atmosfera presente no local, a qualidade dos acessórios e materiais complementares e ainda o regime de garantias disponível para cada tipo.

As caixilharias são classificadas em função da sua exposição. Por isso, a sua localização é essencial na fase de projecto. De seguida, enumeram-se os critérios utilizados para a selecção de janelas em função da sua exposição (Quadro 1).

São os seguintes os factores a ter em conta na determinação do efeito da acção do vento (de acordo com RSA):

- divisão do país em duas zonas caracterizadas por diferentes velocidades do vento;

- rugosidade característica do terreno;
- cota da janela acima do terreno;
- efeito de protecção da fachada, onde a janela está instalada, por outras construções.

Quadro 1 - Classificação de janelas em função da sua exposição

Altura acima do solo	Fachadas abrigadas	Fachadas não abrigadas					
		ZONEAMENTO DO TERRITÓRIO					
	Região A			Região B			
	RUGOSIDADE AERODINÂMICA						
	I e II	I	II	III	I	II	III
< 10 m	V1	V1 <sup>A</sup>	V2	V3	V2	V2	V3
10 m a 18 m	V1	V2	V2	V3	V2	V3	V3
18 m a 28 m	V2	V2	V3	V3	V2	V3	V3
28 m a 60 m		V2	V3	V3	V3	V3	
60 m a 100 m		V3	V3	V3 <sup>B</sup>	V3	V3 <sup>B</sup>	

**A** - A utilização de janelas V1 é aceitável nos casos em que o coeficiente de pressão não excede 1,1. Em situações mais gravosas, deve optar-se por utilizar janelas V1 que adicionalmente satisfaçam as condições impostas no ensaio de deformação à pressão de 60 Pa ou utilizar V2.  
**B** - A utilização de janelas V3 é limitada a alturas até 80 m.

É o seguinte o zonamento do território (Fig. 6):

- zona A - generalidade do território, excepto zona B;
- zona B - arquipélago dos Açores e da Madeira e regiões do continente situadas numa faixa costeira com 5 km de largura ou altitudes superiores a 600 m.



Fig. 6 - Zonamento do território em termos da acção do vento

A rugosidade aerodinâmica divide-se em:

- tipo I, a atribuir aos locais situados no interior de zonas urbanas em que predominem edifícios de grande e médio porte;
- tipo II, a atribuir à generalidade dos restantes locais, nomeadamente zonas rurais com algum relevo e periferia de zonas urbanas;
- tipo III, a atribuir aos locais situados em zonas planas ou nas proximidades de extensos planos de água nas zonas rurais.

Consideram-se apenas janelas cuja altura acima do solo não excede os 100 m. Para locais mais altos, a determinação da acção do vento sobre a caixilharia requer estudos mais detalhados. A altura acima do solo é medida desde a cota média do solo no local da construção até ao centro da janela. Para edificações nas proximidades de terrenos inclinados, o nível de referência a partir do qual é medida a altura depende do declive do terreno e da distância que separa o edifício desse acidente geográfico (Fig. 7).

- i) Quando o ângulo que o terreno inclinado faz com a horizontal for superior a  $60^\circ$ , o nível de referência a considerar corresponde à linha em traço interrompido indicada na figura 1.

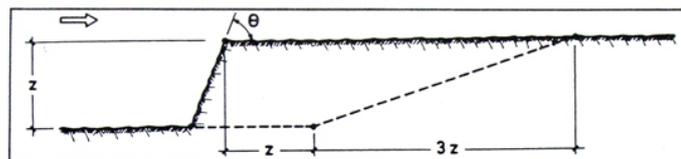


Figura 1 - Nível de referência em terrenos de inclinação superior a  $60^\circ$ .

- ii) Quando o ângulo que o terreno faz com a horizontal for superior a  $15^\circ$  e inferior a  $60^\circ$ , o nível de referência a considerar corresponde à linha em traço interrompido indicada na figura 2.

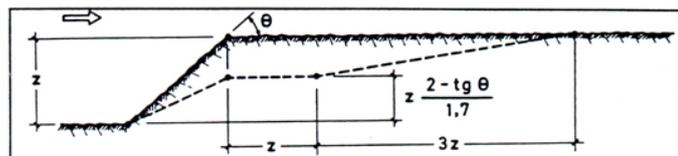


Figura 2 - Nível de referência em terrenos de inclinação superior a  $15^\circ$  e inferior a  $60^\circ$ .

- iii) Quando o ângulo que o terreno faz com a horizontal for inferior a  $15^\circ$ , o nível de referência a considerar corresponde à superfície do terreno.

Fig. 7 - Determinação da altura acima do solo

No Quadro 2, foram considerados os seguintes limites para a altura das janelas acima do solo.

Quadro 2 - Ângulo que o terreno inclinado faz com a horizontal inferior a 15°

Quando o ângulo que o terreno faz com a horizontal for inferior a 15°, o nível de referência a considerar corresponde à superfície do terreno.		
Limites	Altura das janelas acima do solo	Caso geral
i)	inferior a 10 m	inclui de uma forma geral edifícios até 3 pisos
ii)	entre 10 m e 18 m	inclui em geral edifícios até 6 pisos
iii)	entre 18 m e 28 m	inclui em geral edifícios até 9 pisos
iv)	entre 28 m e 60 m	inclui em geral edifícios até 20 pisos
v)	entre 60 m e 100 m	inclui em geral edifícios até 34 pisos

As construções próximas oferecem protecção contra o vento à construção em análise. Assim, define-se construção abrigada (Fig. 8) como:

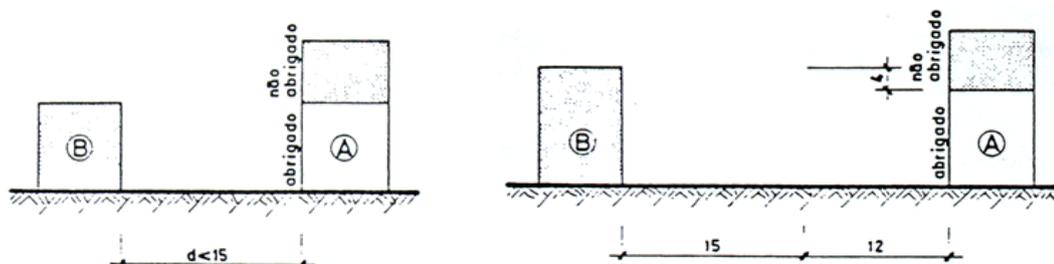


Fig. 8 - Efeito de protecção contra o vento

- para uma linha de construções situada a uma distância máxima de 15 m, a parte considerada da fachada não excede a altura dessas construções;
- para uma linha de construções situada a uma distância entre 15 e 30 m, a parte considerada da fachada não excede a altura dessas construções deduzida de 1/3 do excesso além de 15 m da distância entre edifícios.

Um projecto de caixilharia é composto de vários elementos:

- Memória Descritiva;

- mapa de vãos - nele são definidos os perfis dos caixilhos, as dimensões, o método de montagem, as ferragens, as uniões, o tipo de vidro e a selagem adequados à obra;
- Condições Técnicas Especiais;
- controlo de qualidade;
- ensaios - são efectuados no caso da caixilharia escolhida não estar homologada, de modo a garantir as exigências funcionais e mecânicas.

Os vãos (Fig. 9) são por definição aberturas praticadas nas paredes das construções para assentar as janelas / portas e que permitem quer a ventilação quer a iluminação dos compartimentos interiores assim como a relação visual entre o interior e o exterior e o seu atravessamento no caso de vãos de porta. As ombreiras são as partes verticais do vão onde a janela é instalada e sobre as quais assenta a verga. O lintel, verga ou padieira é a parte horizontal superior do vão destinada a vencer o vão onde a janela é instalada. O peitoril ou soleira é a parte horizontal inferior do vão onde a janela é instalada e sob a qual assentam as ombreiras.

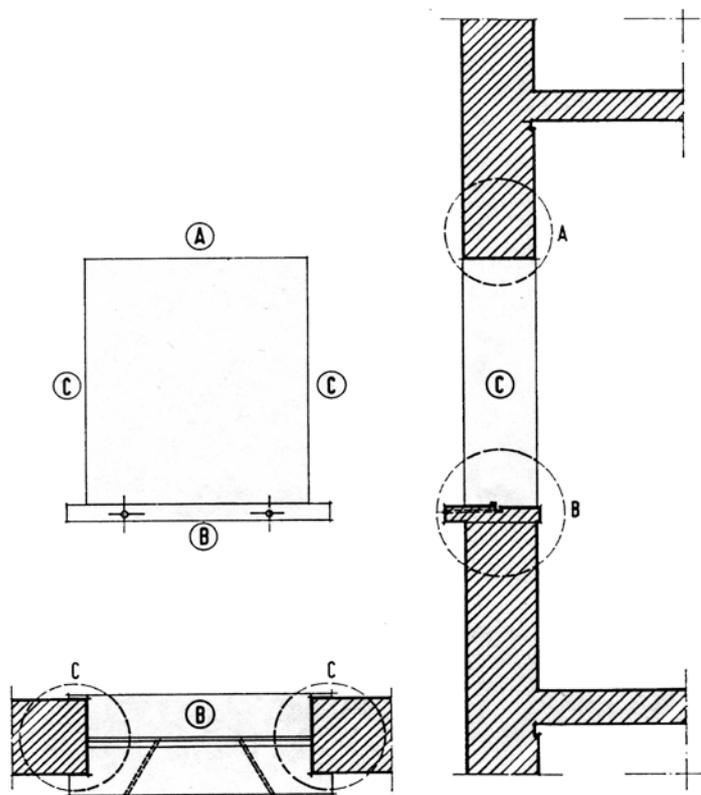


Fig. 9 - Constituição do vão: A - verga; B - peitoril; C - ombreiras

A gola ou rebaixo (Fig. 10) é o rebaixo da parede do vão para instalar a janela ou um elemento complementar da mesma. Na ausência de rebaixos ou mesmo com estes, as aduelas (Fig. 3b) são as faces interiores do vão. Quando o vão não apresentar enchalço, tenha ou não alguma guarnição, confunde-se gola (Fig. 10) com a aresta interior do vão, aresta formada entre a face do enchalço (aduela se não houver enchalço) com a face interior da parede, podendo também esta apresentar uma guarnição, tomando o nome de aro de aresta.

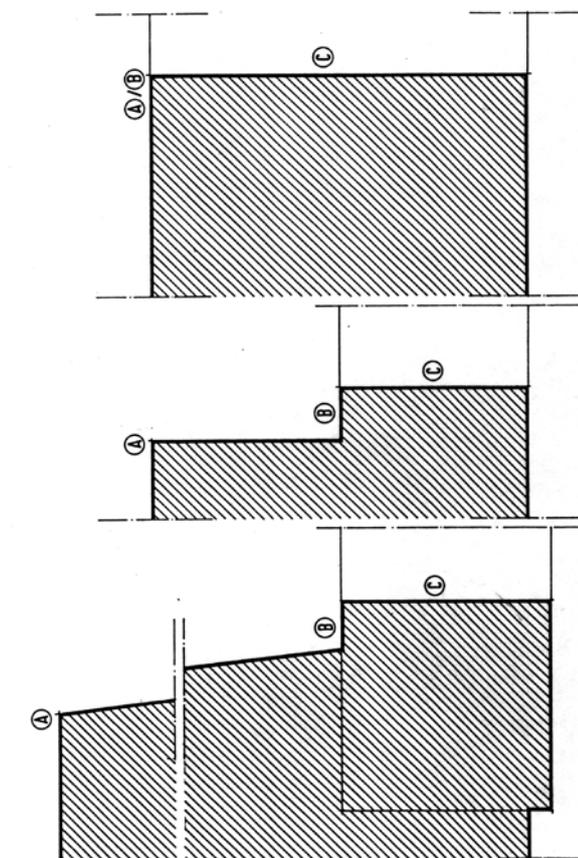


Fig. 10 - Constituição do peitoril: A - aresta; B - gola; C - aduela

O guarnecimento do vão ou pré-aro é conjunto de peças fixas que, eventualmente, se interpoem entre a parede e o aro, servindo para a fixação deste.

Um caixilho é constituído por vários elementos que variam consoante o tipo de abertura e tipologia utilizada. Pode-se considerar como elementos de base constituintes dum caixilho (Fig. 11): o aro, a folha, o vidro, os bites, as ferragens (dobradiças, fechos, puxador) (Fig. 12), as borrachas de selagem (Fig. 13, à esquerda), os perfis de reforço (quando necessário) (Fig. 13, à

direita).

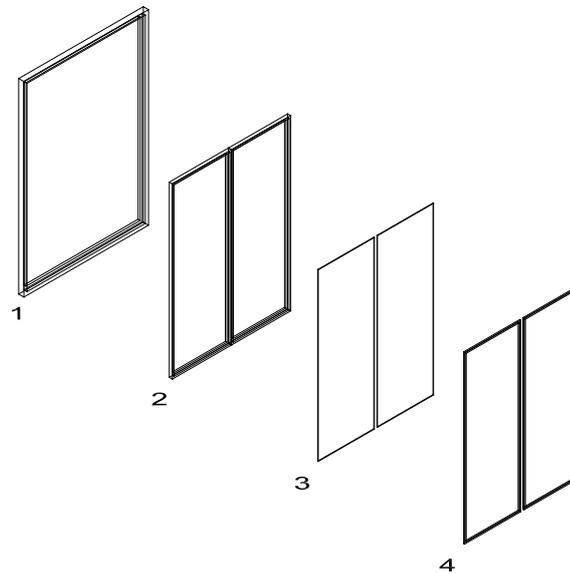


Fig. 11 - Elementos constituintes de um caixilho: 1 - aro, 2 -folhas, 3 - vidro, 4 - bites



Fig. 12 - Ferragens: da esquerda para a direita, dobradiça, puxador e elementos de fixação



Fig. 13 - À esquerda, borrachas de selagem e, à direita, perfil de reforço

Existem várias possibilidades de colocação das caixilharias nas paredes (Fig. 14), sendo a mais comum o alinhamento com o pano interior.

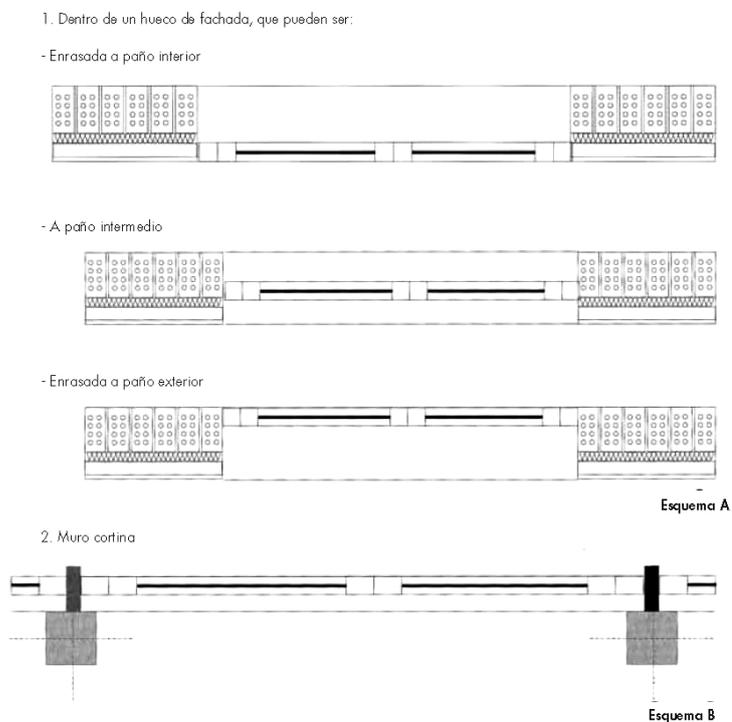


Fig. 14 - Posicionamento das caixilharias no vão

## 2.2. TIPOLOGIAS

Os caixilhos, em portas e janelas (interiores e exteriores), podem ser divididos em:

- fixos (Fig. 15);
- móveis.



Fig. 15 - Caixilhos fixos

Os caixilhos móveis podem ser:

- de batente (Fig. 16);
- basculante (Fig. 17, à esquerda);
- oscilo-batente (Fig. 17, ao centro);
- projectante (Fig. 17, à direita);
- pivotante (Fig. 18);
- de guilhotina (Fig. 19, à esquerda);
- de correr (Fig. 19, ao centro e à direita);
- combinações dos tipos anteriores (Fig. 20).

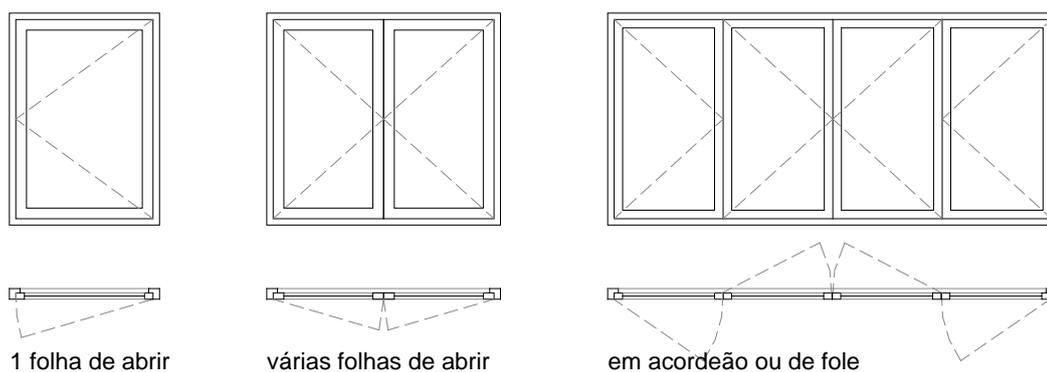


Fig. 16 - Caixilhos de batente

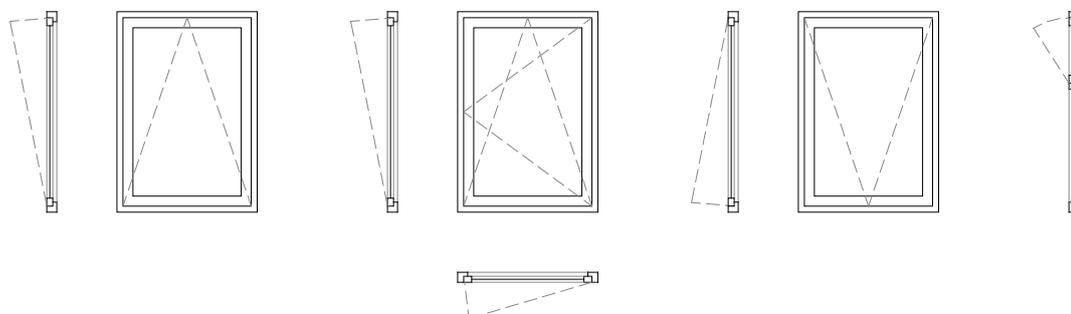


Fig. 17 - Caixilhos: basculante (à esquerda), oscilo-basculante (ao centro) e projectante (à direita)

Alguns destes sistemas podem ser conjugados de modo a criar uma maior funcionalidade. A caixa de estore também pode já estar inserida na estrutura do caixilho (Fig. 21, à esquerda) e a persiana (Fig. 21, à direita) ou lâminas de sombreamento podem estar inseridas no interior da caixa-de-ar do vidro duplo.

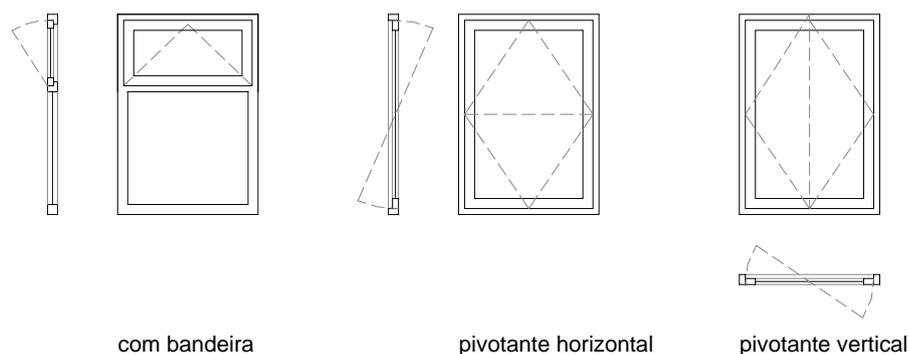


Fig. 18 - Caixilhos pivotantes

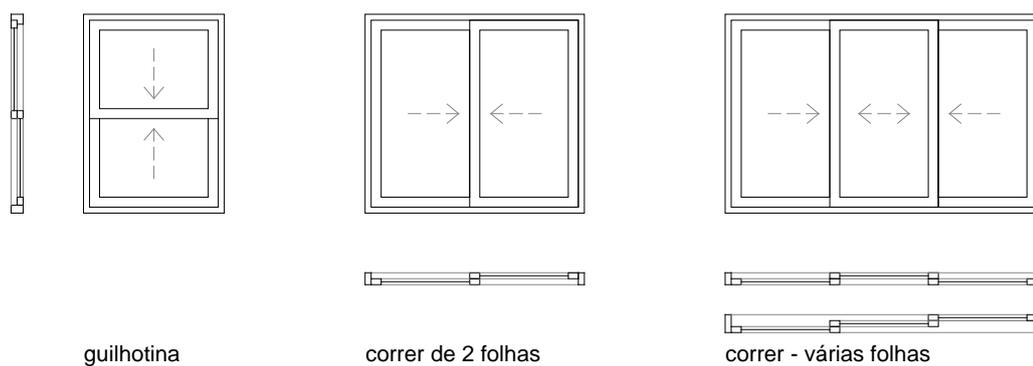


Fig. 19 - Caixilhos: de guilhotina (à esquerda) e de correr (ao centro e à direita)



Fig. 20 - Caixilhos: à esquerda, de guilhotina basculante e, à direita, de correr basculante

O Quadro 3 apresenta algumas vantagens e desvantagens relativas das diversas tipologias de caixilharia.



Fig. 21 - Caixilharias com caixa de estore (à esquerda), persiana interior (à direita)

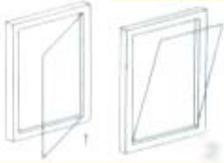
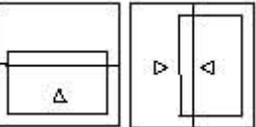
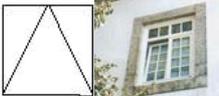
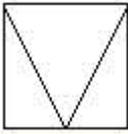
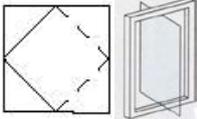
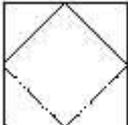
Quadro 3 - Comparação entre tipologias de caixilharia

tipo	esquema	vantagens	desvantagens
abrir		controle da ventilação limpeza fácil	ocupa espaço interior
guilhotina		ventilação alta ou baixa estável ao vento	má estanqueidade má protecção à chuva e ao vento
correr		controle da ventilação limpeza fácil	má protecção ao vento e à chuva limpeza difícil
basculante		boa protecção à chuva e ao vento	
projectante		controle da ventilação	difícil de abrir limpeza exterior difícil
pivotante vertical		controle de ventilação limpeza fácil	má protecção ao vento e à chuva não é possível utilizar o parapeito
pivotante horizontal		controle da ventilação boa protecção à chuva e ao vento	

A classificação também pode ser feita em termos de janelas (Quadro 4) e portas (Quadro 5).



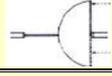
Quadro 4 - Diversos tipos de janelas

Tipo de janela	Descrição	Foto / esquema
<b>Abrir</b>	As janelas tradicionais que libertam 100% do seu vão para entrada de ar, sem nenhuma resistência ao vento. Existem as de folhas duplas (caso se abram para dentro, dificultam a colocação de cortinas; se para fora, o uso de grades de segurança ) e as de folhas simples	
<b>Correr e Guilhotina</b>	Bastante utilizada, move-se ao longo de trilhos; designa-se deslizante quando se abre para os lados, e guilhotina quando se abre para cima e para baixo. Em ambos os casos, apresenta manobras simples, que poupam os espaços ao redor, tanto interna como externamente. A ventilação apenas se dá em 50% da abertura	
<b>Vidro fixo</b>	Caracteriza-se pela imobilidade tanto dos vidros como dos caixilhos, que se mantém fixos à abertura. Com luminosidade, estanqueidade e segurança garantidas, a ventilação, por sua vez, é nula	
<b>Basculante</b>	Projecta-se para dentro ou para fora, num movimento de rotação em torno de um eixo horizontal ou por meio de um braço de articulação. Dependendo do ângulo de abertura de suas folhas, a ventilação é parcial mas constante.	
<b>Projectante</b>	Oferece bom controlo da ventilação e difícil de abrir e a limpeza exterior é dificultada	
<b>Pivotante vertical</b>	Pivotante - determinada por movimento giratório em torno de um eixo (pivot) vertical instalado no meio da abertura ou mais próximo de um dos bordos. Cria vãos que permitem a circulação do ar em todo o ambiente, mas dificulta a colocação de cortinas e grades	
<b>Pivotante horizontal</b>	Oferece bom controlo da ventilação e boa protecção à chuva e ao vento	

### 2.3. MATERIAIS

Em relação aos materiais mais utilizados actualmente na execução de perfis para caixilhos, destacam-se (refira-se a existência no passado de caixilharias de ferro forjado e bronze):

Quadro 5 - Diversos tipos de portas

Tipo de porta	descrição	Foto / esquema
<b>Porta de Sentido Único</b>	Porta que gira, quando puxada ou empurrada, em torno de um eixo vertical, através de dobradiças ou articulações localizadas numa das extremidades.	
<b>Porta de Duplo Sentido</b>	Porta presa por dobradiças que a permitem girar em ambos os sentidos a partir de uma posição em que está fechada.	
<b>Porta Pivotante</b>	Porta apoiada numa articulação (eixo) central ou lateral e que gira em torno desta, e que se distingue de uma porta suspensa por dobradiças.	
<b>Porta de Contra-peso</b>	Porta pivotante parcialmente contra balanceada para facilitar a abertura e o fechamento	
<b>Porta Articulada</b>	Porta dividida em partes articuladas permitindo que sejam dobradas umas contra as outras ao ser abertas. Geralmente usadas em varandas, salas ou grandes vãos.	
<b>Porta Biarticulada</b>	Porta articulada dividida em duas partes, tendo a folha interna de cada uma suspensa por um trilho superior e a folha externa articulada no batente.	
<b>Porta Corrediça</b>	Porta que se desloca, geralmente paralela à parede, deslizando sobre uma calha. Também é chamada porta de correr. Pode ser de uma ou mais folhas e é usada, principalmente em salas grandes, varandas e garagens. Os materiais usados geralmente são o PVC, o alumínio, a madeira e o vidro.	 
<b>Porta Corrediça Embutida</b>	Porta que desliza para dentro e para fora de uma abertura na parede.	
<b>Porta de Enrolar ou Porta Seccional</b>	Porta grande, formada por chapas metálicas interligadas, guiadas por uma calha vertical em cada uma das laterais e que se abre enrolando-se em torno de molas colocadas na parte superior do vão. Devido à sua maleabilidade, as portas seccionais apresentam grande versatilidade de aplicação, sendo muito utilizadas em indústrias alimentícias, químicas, farmacêuticas e todos os ambientes onde são necessários sistemas de fecho de grandes dimensões.	
<b>Porta Automática</b>	Porta que se abre por accionamento eléctrico. Pode ser activada por detecção automática, radar, controle remoto ou foto célula. O accionamento da porta de correr automática é electro-pneumático, com abertura automática mediante uma pessoa ou automóvel, através de piso de contacto ou miniradar. Utilizada, geralmente, em indústrias, supermercados, hotéis, aeroportos, bancos e centros comerciais.	
<b>Porta em harmónio, Sanfonada ou Camarão</b>	Porta formada por folhas múltiplas articuladas entre si que, ao se abrirem, dobram-se uma sobre as outras, por deslizamento horizontal de seus eixos de rotação. Estes eixos podem coincidir com as bordas das folhas ou situar-se em posições intermédias. É utilizada em salas de estar, banheiro, armários, closets, depósitos, cozinhas, vestiários, lojas, divisão de ambientes, stands em feiras. Podem ser de PVC,	

	madeira, plástico ou similar.	
<b>Porta Basculante</b>	Porta grande formada por uma ou várias folhas, que se abre girando até a uma posição horizontal acima do vão.	
<b>Porta Giratória</b>	Porta formada, geralmente, por 3 ou 4 batentes, consistindo em quatro folhas dispostas em forma de cruz localizadas no interior de um compartimento cilíndrico, e que giram em torno de um eixo vertical central. Em geral, a passagem dá-se só numa direcção. Utiliza-se nos bancos, hotéis e casas de espectáculos. Também é utilizada para eliminar correntes de ar do interior de um edifício.	
<b>Portas Flexíveis Vai e Vem</b>	Solução simples, prática e funcional para a divisão e protecção de ambientes. Protegem contra poeira, insectos e partículas em suspensão. Utilizadas em supermercados, laboratórios, hospitais, indústrias farmacêuticas, químicas, alimentícias, mecânicas e electrónicas, além de depósitos e similares. Usadas em tráfego leve de carrinhos, pessoas. Podem ser de aço, PVC, materiais leves e flexíveis resistentes a altos impactos, garantindo a integridade de pessoas e de produtos mesmo com tráfego intenso.	
<b>Porta Holandesa</b>	Porta dividida horizontalmente de modo que as partes inferior e superior podem ser abertas de maneira independente. Também chamada saia e blusa.	
<b>Porta Secreta</b>	Porta instalada rente à superfície de um dos lados da parede e cujo tratamento a torna imperceptível quando fechada.	
<b>Porta Veneziana</b>	Porta formada por várias fasquias (tiras compridas e estreitas) que, fechada, deixa penetrar o ar, fazendo relativa obscuridade. Permitem a circulação do ar e não da luminosidade.	
<b>Porta Corta-fogo</b>	Porta revestida de aço, que impede a propagação do fogo de um ambiente para outro.	

- a madeira (Fig. 22, à esquerda);
- o alumínio (Fig. 22, à direita);
- a madeira e o alumínio conjugados;
- o PVC (Fig. 23, à esquerda) e o poliéster reforçado com fibra de vidro;
- o aço (Fig. 23, à direita) e o aço inox.

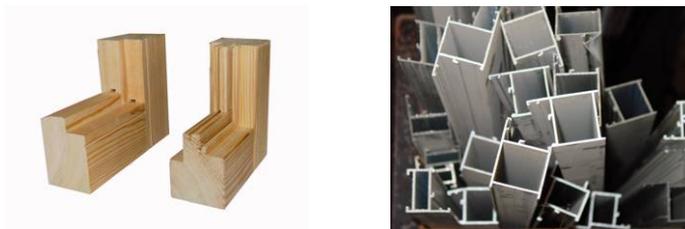


Fig. 22 - Caixilhos de madeira (à esquerda) e de alumínio (à direita)

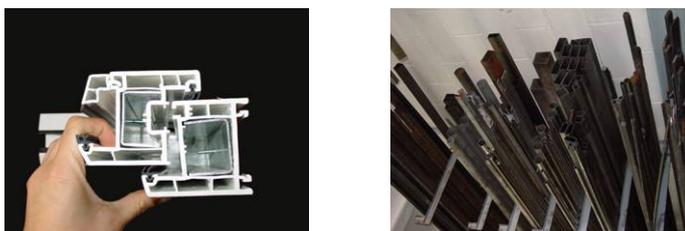


Fig. 23 - Caixilhos de PVC (à esquerda) e de aço (à direita)

Em Portugal a maior percentagem de caixilharias, a partir dos anos 70, é fabricada em alumínio (Fig. 24). Anteriormente a madeira dominava o mercado.

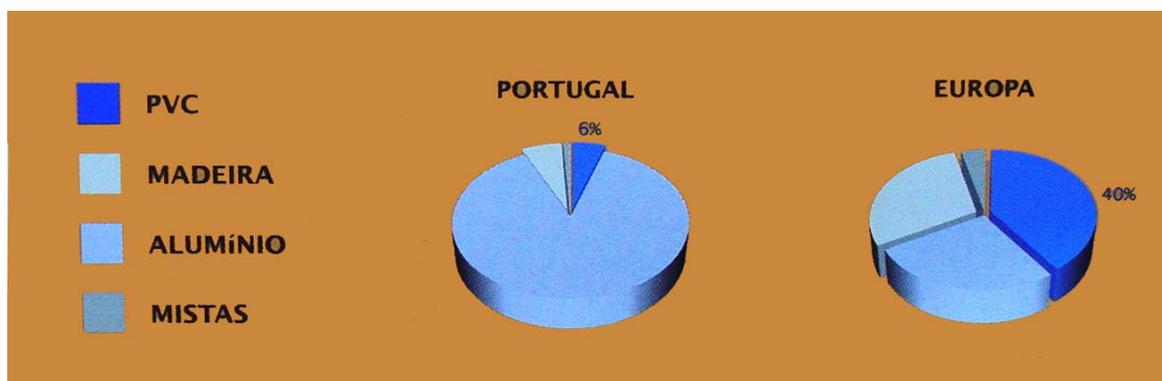


Fig. 24 - Implantação relativa dos materiais dos caixilhos em Portugal e na Europa

Na Europa, a caixilharia em PVC está cada vez mais difundida (Fig. 16), uma vez que as condições climáticas exigem um melhor comportamento térmico do caixilho. Isto deve-se ao elevado custo dos perfis de alumínio com corte térmico, tornando-se o PVC mais económico.

Os vários sistemas de caixilharia podem ser aplicados em todos os tipos de edifícios, em paredes e coberturas e segundo diversos tipos de composições. A conjugação dos vários sistemas

de abertura, dos materiais e do tipo de aplicação resulta numa grande variedade de possibilidades (Fig. 25).



Fig. 25 - Variedade de aplicação das caixilharias em edifícios

### 3. CAIXILHARIA DE MADEIRA

A madeira é um material de construção com características muito diferentes de outros devido à sua estrutura fibrosa heterogénea e anisotrópica. É composta por células elementares formadas por celulose, cheias de uma matéria impregnada variável com as espécies. A formação sazonal dos anéis de verão e de Inverno confere-lhe a heterogeneidade e a orientação das células ao longo do tronco a anisotropia. É bastante susceptível à humidade.

A madeira encontra-se abundantemente na Natureza. A sua origem e espécie são determinantes na sua aparência, qualidade e características. Por exemplo, algumas são mais resistentes a microrganismos do que outras, não necessitando sequer de tratamento. Nos edifícios antigos, os elementos constituintes das janelas e portas em madeira eram geralmente de casquinha.

Algumas características negativas que a madeira apresenta no seu estado natural foram anuladas por processos construtivos de modo a responder às exigências técnicas construtivas dos dias de hoje:

- a degradação das suas propriedades e a ocorrência de tensões internas decorrentes de alterações na quantidade de humidade interna foram anuladas pelos processos de secagem artificial controlada;
- a deterioração, quando em ambientes que favorecem o desenvolvimento de agentes biológicos, foi contornada com tratamentos de preservação;
- a acentuada heterogeneidade e anisotropia devida à sua constituição fibrosa orientada e a limitação das suas dimensões foram resolvidas pelos processos de transformação em laminados, contraplacados e aglomerados de madeira.

A caixilharia em madeira (Fig. 26) foi bastante usada até o mercado começar a ser invadido pelos perfis de alumínio. No entanto, as suas características ainda justificam o seu uso, dependendo das situações, especialmente em reabilitação onde o caixilho original era do mesmo material. Hoje em dia, a tecnologia da caixilharia em madeira já está bastante desenvolvida. O recurso a elementos de outros materiais, como borrachas e alumínio, confere-lhe um melhor

comportamento funcional.



Fig. 26 - Caixilharia de madeira

As tipologias da caixilharia tradicional eram as indicadas na Fig. 27. Actualmente, faz-se caixilharia em madeira de guilhotina (a cair em desuso), de abrir, basculante, corredora-elevadora (caixilho que à custa da ferragem embora assente na calha de piso pode ser levantado e correr suspenso na calha superior) e oscilo-batente (o mesmo caixilho pode funcionar como de abrir e basculante) (Fig. 28).

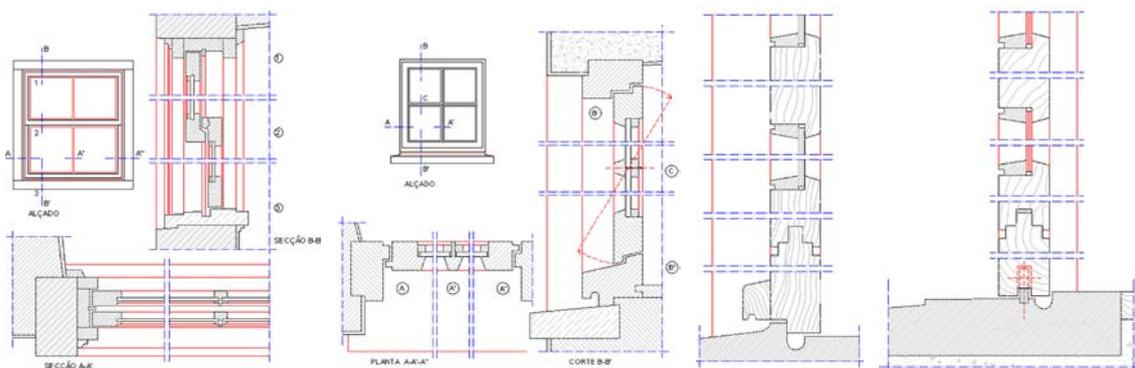


Fig. 27 - Da esquerda para a direita, caixilharia de guilhotina, pivotante, de abrir e de correr

### 3.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS

As principais vantagens do uso da madeira em caixilharias são:

- bom isolamento térmico;
- bom isolamento acústico;

- qualidade estética;
- média a elevada resistência à flexão e à compressão;
- elevada resistência ao choque e ao esmagamento transversal;
- com tratamento apropriado, tem boa resistência à maresia e às intempéries;
- com tratamento apropriado, possui durabilidade e possibilidade de reabilitação.



Fig. 28 - Da esquerda para a direita, caixilharia de abrir, basculante, corredora-elevadora e oscilo-batente

As suas principais desvantagens são:

- indispensável manutenção regular;
- instabilidade dimensional - retracção, fendilhação e empenos;
- aparecimento de fungos e insectos - muito susceptível à humidade;
- material pesado;
- inflamável;
- defeitos (nós circulares, elípticos ou deitados; fio torcido, crescimento das fibras com orientação anormal; fio diagonal, resultado de operações de serragem; fendas após secagem em resultado das tenções internas produzidas no lenho devido as desiguais retracções da massa lenhosa; bolsas de resina; descaio);
- não é reciclável se tiver sido tratada - problemas ambientais - desflorestação.

### 3.2. MADEIRAS MAIS UTILIZADAS E SUAS PROPRIEDADES

A **Afzélia** (Fig. 29) encontra-se na África tropical desde a Serra Leoa ao Sudão e da Rodésia a

Moçambique e chega a atingir 30 m de altura e 1 m de diâmetro. Madeira densa e pesada, é durável e estável, seca lentamente e, ao secar, não apresenta fissuras. É bastante resistente a fungos e térmitas.



Fig. 29 - À esquerda, Afzélia e, à direita, a respectiva madeira

O **Castanho** (Fig. 30) encontra-se em países mediterrâneos, na América e no Japão, tem anéis de crescimento bem visíveis, é estável e fácil de trabalhar. Muito duradoura, esta madeira pode chegar a corroer reforços de ferro.



Fig. 30 - À esquerda, Castanho, ao centro, a respectiva madeira e, à direita, lamelado da mesma

O **Iroko** (Fig. 31) encontra-se em África a Costa do Marfim a Angola e do Sudão a Moçambique. Semelhante à Teca, embora mais leve, apresenta por vezes depósitos pétreos nas cavidades. Embora não seja uma madeira muito resistente, tem características semelhantes à Teca e é fácil de trabalhar.

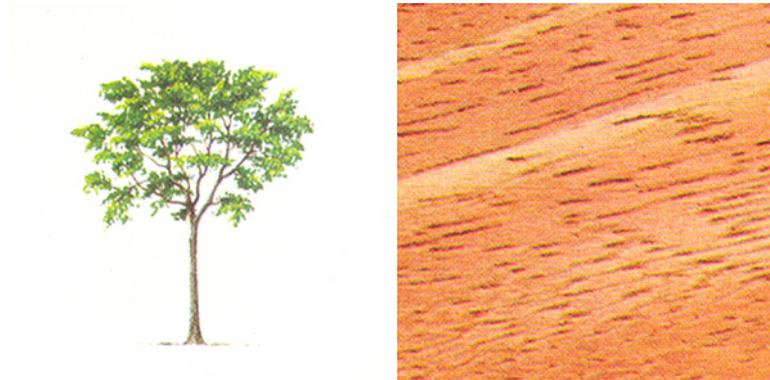


Fig. 31 - À esquerda, Iroko e, à direita, a respectiva madeira

Existe um conjunto de outras madeiras apropriadas para caixilharia das quais se exemplificam algumas na Fig. 32.



Fig. 32 - Da esquerda para a direita, bubinga, sucupira e jotojá

A **massa volúmica** das madeiras resinosas varia de 0.4 a 0.7 g/cm<sup>3</sup> a 15% de humidade e a das madeiras folhosas de 0.5 a 1.0 g/cm<sup>3</sup>.

Em termos de **dureza**, entre as resinosas, o pinho marítimo é considerado duro e o silvestre mole, enquanto que nas folhosas a madeira exótica é considerada dura e o castanho mole.

O coeficiente de **dilatação térmica** é na direcção tangencial  $0.50 \times 10^{-4}$  e na axial  $0.5 \times 10^{-5}$ . Quanto à **condutibilidade térmica**, ela é de 0.12 a 0.15 W/m°C nas resinosas e de 0.23 W/m°C nas folhosas.

### 3.3. DERIVADOS DA MADEIRA E ACABAMENTOS

Nas caixilharias tradicionais, o modo de protecção da madeira era, em geral, constituído por pintura porque os vernizes e a velatura só no século XX viriam a ser usados.

O tipo de madeira e do acabamento (Fig. 33) e a sua qualidade são fundamentais para a durabilidade do caixilho. Os caixilhos podem ser:

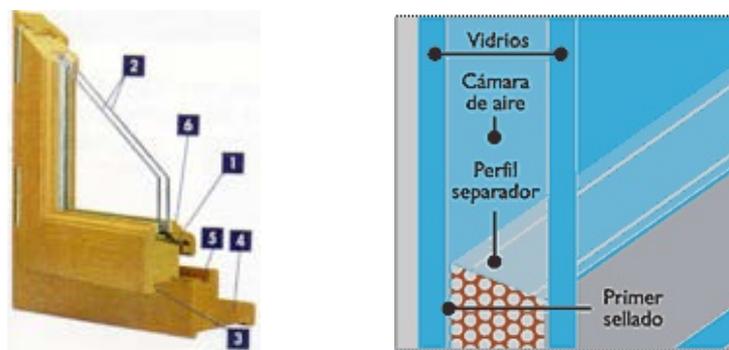


Fig. 33 - À esquerda, acabamentos de uma caixilharia de madeira: 1 - rasgo para drenagem e águas perdidas; 2 - vidro duplo; 3 - junta de impermeabilidade; 4 - soleira longa ou curta; 5 - entalhe longitudinal para recuperação de águas; 6 - bites jacto de água; à direita, detalhe do vidro duplo

- **folheados** - os elementos folheados executam-se a partir de uma estrutura denominada miolo constituída por madeira de pior qualidade sobre a qual se coloca um revestimento decorativo elaborado com uma folha de madeira nobre, de melhor qualidade, colada com uma cola resistente e prensada; estes acabamentos têm algumas vantagens das quais se pode destacar o seu baixo custo, maior resistência a riscos e golpes e maior resistência aos agentes que afectam a madeira natural; são aplicados sobre o miolo segundo dois processos de fabrico fundamentais: apresentando um miolo de estrutura compacta composta por madeira de qualidade inferior e por uma placa de aglomerado ou por uma sucessão de ripas coladas entre si; recorrendo a diferentes combinações para a estrutura, esta é constituída por uma espécie de favos onde existem vazios constituindo câmaras-de-ar que contribuem para aligeirar o peso do elemento e aumentar o poder isolante não afectando a resistência necessária; o miolo costuma ser construído em madeira de pinho;

- **laminados** - folhas de madeira coladas e prensadas em direcções perpendiculares;
- **maciços** - o mais recomendado.

Tendo em conta as intempéries sofridas pelos caixilhos (sol, fungos e insectos), há que revestir os mesmos com um acabamento superficial. Caso contrário, o sol poderia fazer fender a protecção superficial e as samblagens (Fig. 34), favorecendo o ataque de fungos e insectos, originando zonas deterioradas. Assim, a utilização de **tintas e vernizes** demonstra-se eficaz, quando especificada para o efeito. Na sua selecção, dever-se-á ter em conta as intempéries a que o caixilho irá estar exposto, bem como o tipo de isolamento requerido.

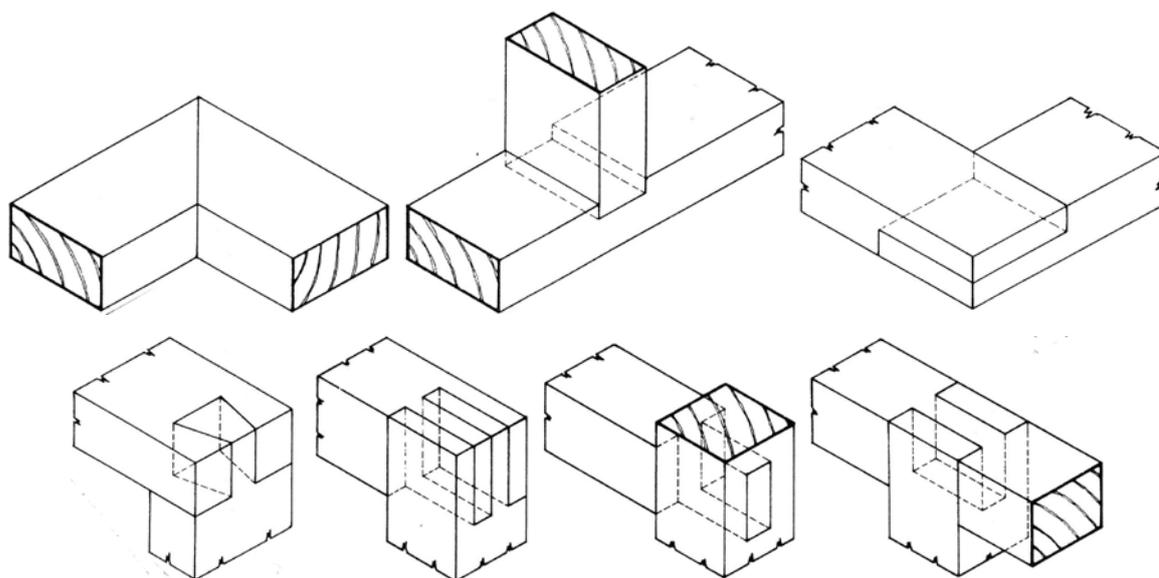


Fig. 34 - Samblagens (ligações por encaixe): da esquerda para a direita e de cima para baixo, união inglete, união em regata, união de meia madeira em esquina, união Milão, união de caixa e respiga, união de dupla lingueta em esquina e união de força

Quanto à posição, as uniões ou samblagens podem ser de topo e a meia esquadria. O seu objectivo é manter a rigidez da estrutura, sem deixar encurvar, e evitar a penetração de humidade. As uniões, em caso algum, poderão ser entreabertas pois dariam lugar à existência de humidade e a problemas de apodrecimento, sobretudo junto ao solo. As suas juntas deverão estar bem unidas de modo que não se abram na presença de humidade ou variações de temperatura. Devem ter um bom sistema de escoamento das águas pluviais, sendo isto conseguido com um perfil da moldura interior cortado a 30°.

### 3.4. PROJECTO E FABRICO

Para uma melhor execução do caixilho de madeira, há que inicialmente projectá-lo tendo em conta a sua função e disposição de vidros e juntas de estanqueidade. São mais aconselháveis as secções de arestas vivas do que as arredondadas, pois as primeiras mostram maior eficácia para evitar a incidência da água por capilaridade.

Nos caixilhos tradicionais, não é usual a disposição de juntas de estanqueidade. O uso destas é conveniente em climas mais frios de modo a reduzir os desperdícios de energia calorífica pois a sua eficácia é muito alta para efeitos de estanqueidade ao ar. Deverão ser realizadas por detrás das câmaras de descompressão e pelo canal colector. Todo o perímetro do vidro deve ser calafetado. As samblagens (Fig. 35, à esquerda) devem ter todos os ângulos estanques. As superfícies entre as peças são coladas (Fig. 35, ao centro) e aparafusadas (Fig. 35, à direita).



Fig. 35 - À esquerda, entalhe, ao centro, união colada e, à direita, união aparafusada

As goteiras / pingadeiras (Fig. 36, à esquerda) têm como função a protecção das águas pluviais que escorrem em redor da parte exterior da janela. Esta parte da janela (Fig. 36, à direita) sofre uma grande deterioração devido ao constante contacto com a água, produzindo abertura de gretas e consequente apodrecimento. A sua eficácia é ainda reduzida pela interrupção necessária nas juntas junto às folhas ou nos seus extremos, facilitando deste modo a penetração de humidade para esses sítios.

A fixação das caixilharias é feita de dois modos: as medidas dos vãos são tiradas e os caixi-

lhos são aparafusados com buchas sendo as juntas preenchidas por silicone (Fig. 37, à esquerda); as medidas dos vãos são tiradas mas os caixilhos são feitos deixando uma folga que é preenchida com espuma de poliuretano (nesta solução, é necessária a colocação de um bite para ocultar a espuma) (Fig. 37, à direita).

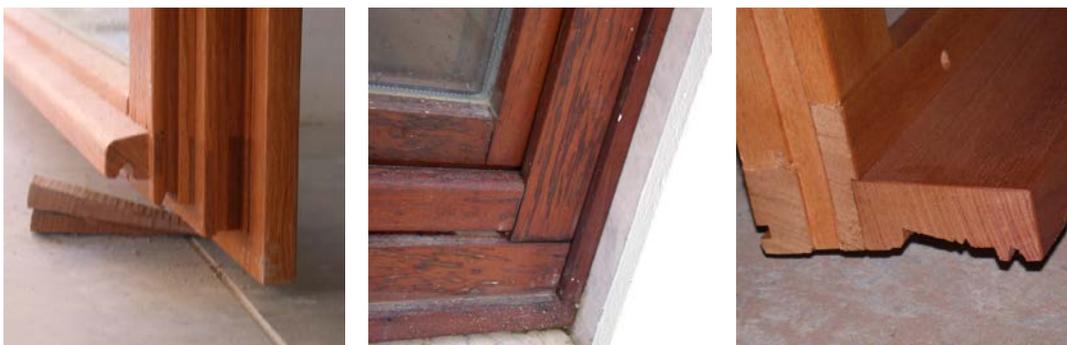


Fig. 36 - À esquerda, caixilho com pingadeira, ao centro, caixilho sem pingadeira e, à direita, tábua de peito



Fig. 37 - À esquerda, junta preenchida por silicone e, à direita, por espuma de poliuretano

No processo de fabrico da caixilharia em madeira, está incluído o tratamento desta até estar apta a ser transformada num dado perfil. No caso do PVC ou do alumínio, os perfis chegam à fábrica prontos a ser cortados para constituírem o caixilho. O processo de extrusão dos perfis pertence a outra indústria.

A vida útil de um caixilho poderá ser aumentada se anteriormente a madeira tiver sido perfeitamente seca e tiver sofrido uma série de tratamentos internos com substâncias adequadas. Estas substâncias deverão ser analisadas quanto ao grau de eficácia, fixando a profundidade da madeira alcançada interiormente e a quantidade contida por unidade de volume realmente im-

pregnada. Há três métodos de protecção:

- deslocação da seiva por um produto em solução;
- difusão do produto em solução através das membranas de celulose;
- impregnação das células de madeira seca - o mais utilizado devido à rapidez de execução e economia.

O tratamento de protecção poderá ser superficial perante uma imersão de cerca de 10 minutos, por pincel, tratamento em autoclave à base de vácuo e pressão ou uma imersão contínua de cerca de 1 hora. Pode-se usar como protecção superficial as pinturas claras, pois têm um maior índice de reflexão, e as opacas por formarem uma capa contínua de impermeabilização, desta forma comportando-se melhor face à agressividade climatérica.

A partir dos anos noventa do séc. XX, deixou-se de recorrer a um fabrico inteiramente manual para se utilizar a industrialização, porque assim diminuía-se a carga de mão-de-obra necessária para a execução dos entalhes, embora ficassem limitados os modos de funcionamento. As madeiras utilizadas passaram a ser exóticas. Os perfis passaram a ter uma inércia superior conseguindo-se deste modo melhorar o isolamento térmico e acústico.

No fabrico de um caixilho de madeira, pode-se distinguir os seguintes passos:

- a madeira chega em bruto;
- entra na máquina de corte para ser cortada em pranchas e depois em barrotes com a altura do caixilho (Fig. 38, à esquerda);
- é seca (Fig. 38, à direita) e estabilizada;
- é aparelhada / lixada;
- dependendo das dimensões e do tipo de caixilho pretendido - constituído por elementos maciços de madeira natural ou de elementos folheados e laminados - é colada ou vai directamente para a máquina de corte dos perfis;
- na máquina de corte (Fig. 39, à esquerda), os barrotes são cortados de acordo com o perfil do caixilho final (Fig. 39, à direita); esta informação é definida de forma computadorizada;

- os vários perfis são assemblados para formar o aro (Fig. 40, à esquerda) - podem ser utilizados vários tipos de encaixe;
- a madeira é de novo lixada;
- depois de testada (relação entre o aro e as folhas) é dado o acabamento - envernizamento ou lacagem;
- as juntas de estanqueidade são colocadas após a realização do envernizamento ou pintura da madeira, sendo colocadas de modo a serem substituídas com facilidade;
- depois de um período de secagem (Fig. 40, à direita), são aplicadas as ferragens interiores (Fig. 41, à esquerda);
- as dobradiças só são colocadas depois de a janela ser novamente ensaiada;
- o puxador e o vidro (Fig. 41, à direita) são aplicados em obra para facilitar o transporte.



Fig. 38 - Corte da madeira em bruto em barrotes (à esquerda) e secagem dos barrotes (à direita)

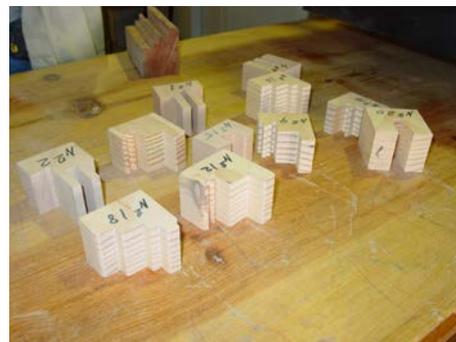


Fig. 39 - À esquerda, máquina de corte e, à direita, perfis de madeira



Fig. 40 - À esquerda, aros acabados e, à direita, secagem depois do envernizamento



Fig. 41 - Colocação de ferragens (à esquerda) e de vidros (à direita)

#### 4. CAIXILHARIA DE ALUMÍNIO

A caixilharia de alumínio tornou-se uma das grandes aplicações deste metal na construção civil. A sua qualidade estética e a grande variedade de cores, acabamentos, formas e usos associado à sua resistência e vida útil demonstram o futurismo que o alumínio proporciona e que vai muito além de qualquer outro material concorrente. O alumínio acabou por conquistar a preferência de arquitectos e projectistas em obras de todo o tipo, desde pequenas a grandes. O seu elevado nível tecnológico desempenha hoje um papel estético e funcional fundamental na arquitectura contemporânea. Essas mesmas qualidades têm sido decisivas para os profissionais da construção civil no momento de definir revestimentos e decoração. São produtos leves, resistentes, não inflamáveis, recicláveis, fáceis de conservar e de longa durabilidade e que, sobretudo, permitem soluções criativas em qualquer tipo de projecto.

Anteriormente encontrado apenas em caixilharias e telhas, o alumínio tornou-se uma tendência na arquitectura, como opção para revestimentos, pisos decorativos e fachadas envidraçadas, tornando-se familiar a ambientes domésticos, como cozinhas e casas de banho. Nestes ambientes “frios”, utiliza-se o alumínio maioritariamente nos chuveiros, em armários e acessórios como toalheiros, bem como em janelas, portas, cantoneiras e agora em pisos e revestimentos resistentes e decorativos. Em ambientes “quentes”, como dormitórios, janelas e portas integradas com persianas térmicas e acústicas, conferem alto padrão ao acabamento.

Hoje, o alumínio está presente na cobertura, em telhas; nas fachadas e paredes, em revestimentos internos e externos; na ventilação, iluminação e acabamento interno, em caixilharias, divisórias, forros e pisos, e nos elementos decorativos, entre outros produtos desenvolvidos (Fig. 42) com variedade de detalhes e concepções arquitectónicas modernas.

Na Natureza, o alumínio nunca é encontrado no seu estado metálico, mas como parte de vários minerais onde normalmente está combinado com silicone e oxigénio. O bauxite é o único minério do qual o alumínio pode ser extraído de uma forma economicamente viável.

Depois de extraído o minério, um processo químico (refinaria) é usado para extrair óxido de

alumínio (alumina) e um processo electrolítico (redução) a altas temperaturas em depósitos próprio transforma a alumina em alumínio (Figs. 43 e 44). São necessárias cerca de 4 ou 5 toneladas de bauxite para produzir 2 toneladas de alumina que irão resultar numa única tonelada de alumínio.



Fig. 42 - Aplicações várias do alumínio



Fig. 43 - Processo de transformação do alumínio

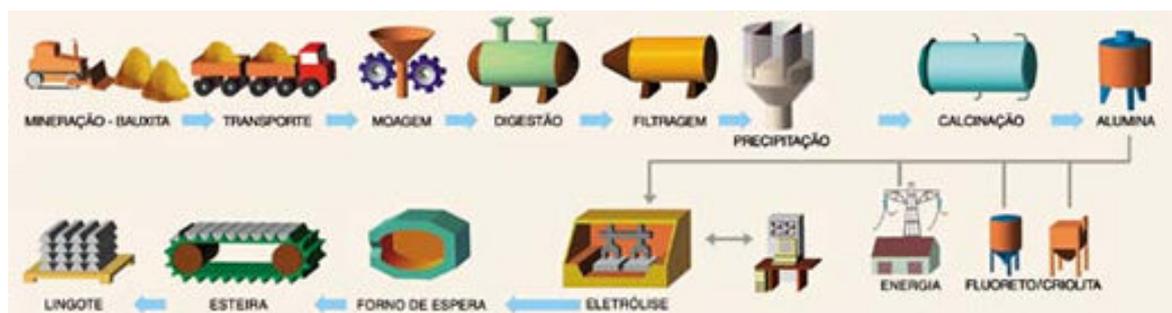


Fig. 44 - Processo de redução para produção de alumínio

#### 4.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS

As principais vantagens do uso do alumínio em caixilharias (Figs. 45 e 46) são:

- leveza e estabilidade;

- preço reduzido - muito abundante;
- bom comportamento perante os agentes atmosféricos (resistência à corrosão e consequente durabilidade);
- resistência mecânica razoável (boa relação resistência / peso);
- possibilita vários acabamentos (qualidade estética);
- estanqueidade ao ar e á água;
- reciclável;
- fácil produção (moldabilidade e soldabilidade);
- baixa manutenção.

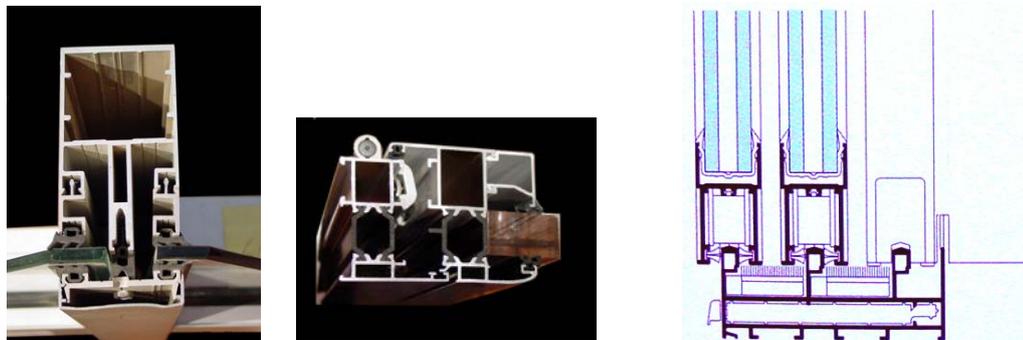


Fig. 45 - Caixilharia de alumínio



Fig. 46 - Exemplos de portas e janelas de alumínio

As suas principais desvantagens são:

- mau isolamento térmico;
- mau isolamento acústico;
- maior tendência para condensações;
- grande consumo energético no fabrico.

O alumínio puro caracteriza-se por uma fraca resistência mecânica: a sua carga de ruptura situa-se entre 5 e 6 kg/mm<sup>2</sup>. Os alumínios comerciais têm uma pequena proporção de impurezas que melhoram estas características, o que permite uma utilização em revestimentos e coberturas, desde que estes não estejam demasiadamente solicitados.

Com a adição de diversos elementos combinados e a aplicação de tratamentos adequados, elevam-se notavelmente as características do alumínio (o valor da carga de rotura passa a estar compreendido entre 20 e 30 kg/mm<sup>2</sup>). A menor rigidez do alumínio compensa-se desenhando as formas estruturais com um maior momento de inércia.

Por outro lado, o mau isolamento térmico do alumínio pode ser compensado se o perfil da caixilharia incluir o chamado corte térmico. Nestes casos, utiliza-se um material sintético para intercalar o perfil de modo a evitar as perdas térmicas.

#### 4.2. EXTRUSÃO E ACABAMENTOS

O processo de extrusão do alumínio é a transformação do alumínio em barra (Fig. 47, à esquerda) num perfil com a forma desejada (Fig. 47, à direita). Neste processo, podem-se resumir as seguintes fases:

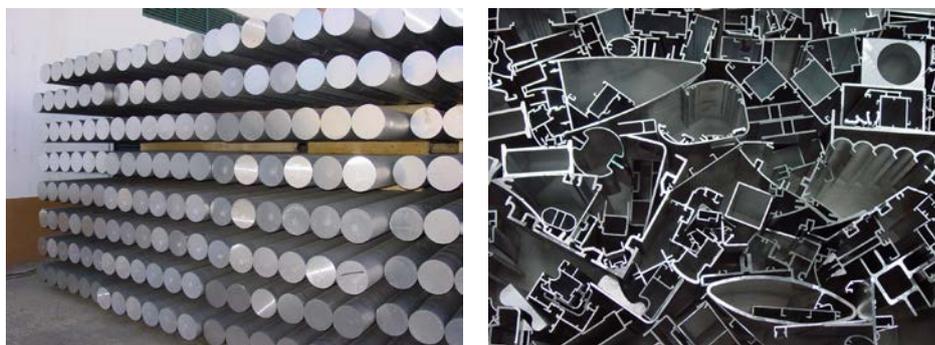


Fig. 47 - À esquerda, alumínio em barra e, à direita, perfis acabados

- as barras de alumínio são aquecidas, variando a temperatura entre 420 e 500 °C, conforme o tipo de matriz (sólida ou tubular) e o comprimento do lingote;

- o alumínio é forçado, pelo êmbolo de um cilindro de uma prensa hidráulica (Fig. 48, à esquerda), através de uma matriz (molde que confere ao alumínio a forma do perfil desejado - Fig. 48, à direita), saindo com a sua forma definitiva (Fig. 49, à esquerda);
- o perfil é esticado já na fase de arrefecimento (Fig. 49, à direita) e, simultaneamente, todas as cotas são controladas e a superfície é submetida a um rigoroso teste de qualidade;
- o perfil é então cortado nas medidas desejadas;
- por fim, é conferida têmpera ao perfil através de cozimento em fornos a cerca de 230 °C;
- nesta fase, o perfil está pronto para levar o acabamento.



Fig. 48 - À esquerda, prensa hidráulica e, à direita, matrizes



Fig. 49 - À esquerda, perfil à saída da prensa e, à direita, tracção dos perfis

O alumínio pode ser alvo de vários tratamentos e acabamentos não só para protecção do material mas também por motivos estéticos.

A anodização (Fig. 50) é um processo que aumenta a resistência do alumínio, por exemplo às condições atmosféricas, criando uma camada superficial de óxido de alumínio, através de um processo electroquímico. Este processo é assim chamado porque o alumínio funciona como

ânodo num banho electrolítico baseado numa solução de ácido sulfúrico ou ácido crómico como electrólito. Durante a electrólise, liberta-se oxigénio no ânodo que, combinando-se com o metal, dá origem à película de óxido de alumínio referida anteriormente.



Fig. 50 - Linha de anodização e respectivos tanques

Este tratamento pode apresentar várias espessuras (5 a 25  $\mu\text{m}$ ), aplicáveis conforme as condições atmosféricas a que vai ser submetido, e também várias cores (bronze, castanho - Fig. 51, à esquerda, champanhe - Fig. 51, à direita, dourado, etc.).



Fig. 51 - Acabamento castanho (à esquerda) e champanhe (à direita)

Por fim, o alumínio pode ter vários tratamentos em função do aspecto final pretendido:

- **despolido**: aspecto raiado obtido através da passagem de uma escova de aço sobre a superfície a anodizar;
- **polido** (Fig. 52): aspecto brilhante e espelhado obtido através de um escovar macio aplicado ao material;
- **acetinado**: aspecto acetinado mate obtido através de uma operação química por emulsão.



Fig. 52 - Polimento

A lacagem é um processo que consiste na protecção do alumínio revestindo-o com uma película de polímero termo-endurecível (coloração do alumínio com uma fina camada de tinta em pó - Fig. 53, à esquerda). A lacagem pode ser aplicada na:

- vertical (Fig. 53, à direita);
- horizontal.



Fig. 53 - À esquerda, cores de lacagem e, à direita, linha de lacagem vertical

Na preparação, a primeira das três etapas da lacagem, a superfície do metal é banhada por produtos químicos que a limpam, desengorduram e nela depositam um elemento que lhe confere melhor aderência do pó. Descreve-se com mais detalhe os vários passos da preparação:

- **desengorduramento** - elimina-se todos os vestígios de substâncias orgânicas, produtos gordos e poeiras, permitindo a homogeneidade dos tratamentos posteriores (Fig. 54, à esquerda);

- **desoxidação ou acetinagem** - eliminação de todos os vestígios de óxidos, colocando a superfície a nu e tornando-a homogénea (alcalina e ácida);
- **tratamento de conversão** - criação na superfície do alumínio de uma camada de um composto insolúvel de alumínio perfeitamente aderente, com propriedades anti-corrosivas, que permita uma boa aderência do revestimento (Fig. 54, à direita); existem dois tipos de conversão: a crómica (amarela) e a fosfocrómica (verde);
- **lavagem** - a lavagem intermédia é feita com água industrial - relação diluição RD = 500 e a lavagem final com água desmineralizada (Fig. 55, à esquerda);
- **secagem** - a temperatura máxima medida sobre o perfil é de 65 °C na conversão crómica e 85 °C na conversão fosfocrómica;
- **amarração dos perfis** - consiste na colocação dos perfis em suspensões apropriadas para que o pó adira a todas as superfícies visíveis.



Fig. 54 - Preparação dos perfis para a lacagem: desengorduramento (à esquerda) e tratamento antes da pulverização (à direita)

A pintura electrostática (Fig. 55, à direita) é a segunda etapa da lacagem. Uma resina de poliéster em pó é espalhada pela superfície do alumínio numa fina camada. O pó encontra-se num depósito destinado à sua fluidificação. De seguida, é transportado através de uma bomba até à pistola electrostática. O pó que se encontra na extremidade da pistola passa por um eléctrodo onde recebe uma carga de 50.000 a 100.000 V. Os perfis passam depois pela cabina de aplicação do pó de modo a reciclar o pó. Por fim, é transferido para o ciclone recuperador onde recebe as partículas > 10 µm.

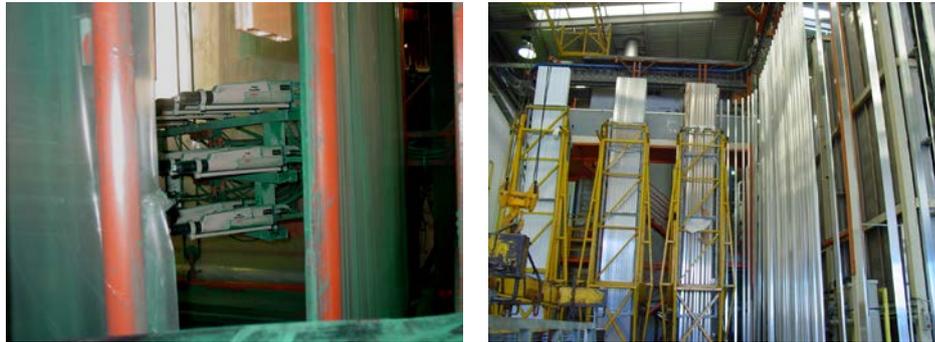


Fig. 55 - À esquerda, pistolas de pulverização e, à direita, recintos onde é aplicado o pó de lacagem

O uso do pó no processo de lacagem tem como vantagens a ausência de solventes, a inexistência de lamas e a possibilidade de reciclagem e como desvantagens - tempo de mudança de cor.

Na polimerização, a terceira etapa da lacagem, o alumínio, já com a fina camada de pó, passa por um forno à temperatura média de 180 °C e o pó, espalhado na fase de pintura, polimeriza dando origem a uma camada de aspecto uniforme.

A lacagem em efeito madeira (Fig. 56, à esquerda) é um processo de tratamento da superfície idêntico ao da lacagem, mas o pó utilizado apresenta características especiais para este tratamento. Após a lacagem na cor base, a decoração posterior do alumínio é feita por uma tinta que, por sublimação a alta temperatura, penetra no filme de lacagem, onde a película e a tinta se fundem. A possibilidade de execução de soluções bicolores (cores diferentes no interior e no exterior do caixilho) nos sistemas com rotura térmica é uma das grandes vantagens estéticas deste tipo de tratamento.

### 4.3. FABRICO

São as seguintes as fases elementares do fabrico de um caixilho de alumínio:

- escolha do perfil apropriado ao tipo de janela a executar (Fig. 56, à direita);

- corte do perfil (Fig. 57, à esquerda) - serra de corte duplo, dependendo do tipo de caixilho o corte será de 90° (mais utilizado em janelas de correr) ou 45°;
- perfuração do perfil (Fig. 57, à direita) - existem vários tipos de perfurações a serem executados no perfil de alumínio dependendo do fim a que se destinam e podendo-se subdividir nos seguintes tipos: perfuração para aplicação de parafusos - executado no engenho (Fig. 57, à direita); rasgo (para puxadores e fechaduras) - executado na fresa (Fig. 58, à direita); perfurações *standard* do perfil (Fig. 58, à esquerda) com uso de matrizes (Fig. 59, à esquerda) - executado no cunho (Fig. 59, à direita);
- ligação dos perfis para formar o aro (Fig. 60, à esquerda) através de esquadros (Fig. 60, à direita): de piões (Fig. 61, à esquerda) - há folgas e pode-se desmontar; de cravar - ligação mais rígida, estraga-se o perfil ao desmontar; de cavilhas;
- aplicação das borrachas de vedação (Fig. 61, à direita) e pelúcias;
- aplicação das ferragens (Fig. 62);
- montagem do vidro (quando não é feita em obra - Fig. 63).



Fig. 56 - Lacagem em efeito madeira (à esquerda) e computador onde são introduzidas as medidas do caixilho (à direita)

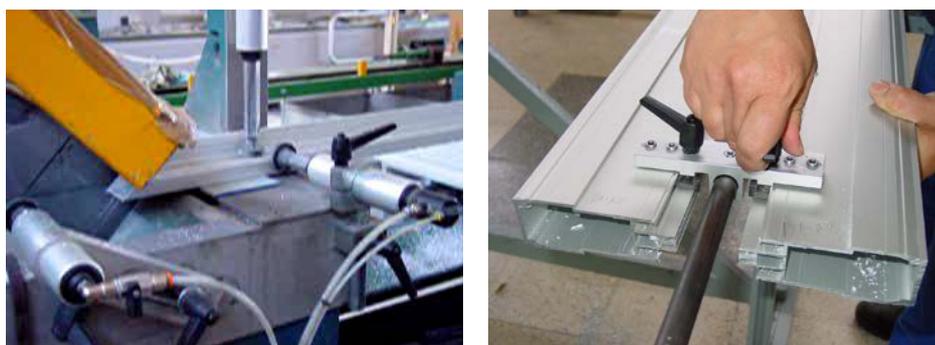


Fig. 57 - À esquerda, corte dos perfis e, à direita, método para marcação das furações



Fig. 58 - À esquerda, rasgo para drenagem e, à direita, perfuração com fresa



Fig. 59 - À esquerda, matrizes do cunho e, à direita, o próprio cunho



Fig. 60 - À esquerda, máquina de ligar cantos e, à direita, esquadros



Fig. 61 - À esquerda, esquadro de pião e, à direita, borrachas de vedação do vidro e dos painéis

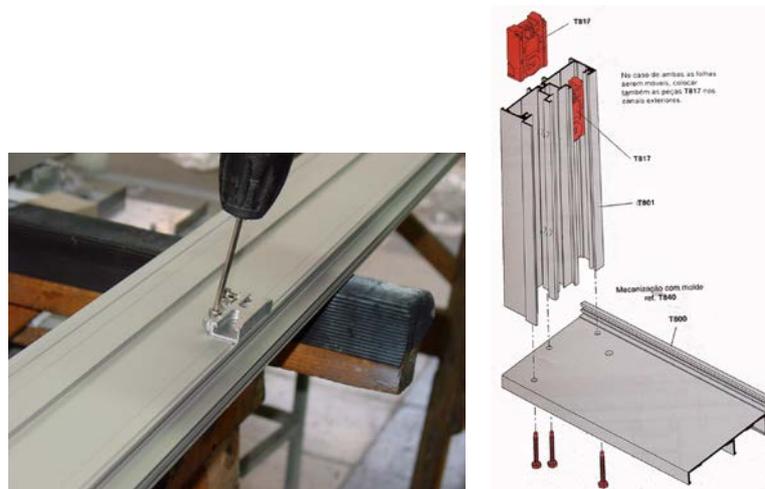


Fig. 62 - Aplicação de ferragens



Fig. 63 - Caixilhos prontos para transportar

#### 4.4. CUIDADOS EM OBRA

Existem alguns cuidados que devem ser tomados para prevenir possíveis danos no manuseio dos caixilhos durante a obra e em serviços de conservação.

#### Reacções a agentes agressivos

Devido à propriedade anfótera da camada anódica (ora reage como base ora como ácido) formada durante a anodização, o alumínio anodizado não possui resistência contra agressividade de produtos químicos que tenham alcalinidade ou acidez.

### **Argamassa ou reboco**

O reboco ou seus resíduos aquosos causam danos irreversíveis quando em contacto com as superfícies anodizadas. Deve-se proteger os caixilhos de alumínio anodizados até ao fim da obra com vaselina em pasta mas, quando se aplicar esse produto, é necessário ter cuidado com as guarnições de EPDM, que são frágeis e ressecam ou esfrelam em presença de produtos orgânicos, principalmente solventes orgânicos.

Se tiver havido contacto, retira-se a argamassa sem esfregar o lugar afectado, pois a areia poderá causar atrito sobre o alumínio pintado. Para evitar tais danos, deita-se água e esfrela-se com o dedo somente a área atingida. Outro recurso é embeber a argamassa sobre a pintura numa solução a 20% de ácido acético, que amolece o cimento e facilita o seu esfrelamento.

### **Ácido muriático e fluorídrico**

No fim de uma obra, é muito comum o uso de ácido muriático e fluorídrico como agentes de limpeza, tanto para fachadas de betão aparente, pastilhas ou pedras como para limpeza de pisos cerâmicos. A acção desses produtos pode manchar os caixilhos ou até remover a sua anodização. Por isso, todos os caixilhos próximos da área de limpeza deverão ser protegidos com vaselina em pasta (tomando os devidos cuidados com as guarnições de EPDM).

### **Respingo de tinta**

A remoção de tinta látex numa superfície anodizada poderá ser feita com um pano humedecido em álcool. Se a tinta for alquídica, vinílica ou acrílica, só poderá ser removida com um solvente forte. Este produto pode ser aplicado mesmo sobre a anodização colorida, tomando os devidos cuidados com as guarnições de EPDM. No caso de o caixilho ser lacado, não se devem utilizar solventes orgânicos, como a acetona. Para outros tipos de tinta, a remoção deve ser feita com massa abrasiva.

### **Fitas adesivas**

Quando utilizadas durante a obra para proteger os caixilhos, as fitas adesivas deverão ter resistência aos raios solares, para não ressequir sobre as peças pintadas, dificultando a sua remoção, que não pode ser feita com solvente forte.

### **Peças com arranhões**

Para caixilhos com leves arranhões, deve-se usar cera. Se os arranhões forem fortes, deve-se utilizar massa de polir. Após a sua aplicação, a pintura irá perder um pouco de brilho, que será melhorado com o uso posterior da cera.

### **Peças danificadas**

Para retirar marcas de peças que sofreram uma batida forte, deve-se utilizar lixa n.º 300 ou 400. Limpa-se com pano humedecido em álcool e aplica-se a tinta líquida de retoque (poliuretano de dois componentes ou alquídica modificada).

### **Limpeza e conservação**

Deve-se utilizar somente detergente neutro dissolvido a 5% em água com auxílio de esponja macia. O sabão em pó, por exemplo, é alcalino e não se aconselha o seu uso.

### **Corrosão por diferença de potencial**

Na presença de outros metais mais nobres, como ferro, latão e cobre, o alumínio cede um electrão e decompõe-se. Por isso, é necessário ter cuidado com peças acopladas ao caixilho, como ferrolhos de latão. Nesses casos, deve-se isolar as peças com silicone neutro ou fitas adesivas.

Apesar de a anodização e a pintura constituírem um bom isolamento eléctrico, os perfis tubu-

lares de alumínio não absorvem os referidos tratamentos na sua parte interna. Por isso, o corpo das fechaduras deverá ser isolado com fita adesiva ou silicone neutro. As colunas de guarda-corpos só devem ser instaladas em pontaltes de ferro que estejam galvanizados (banho de zinco) e pintados com tinta galvânica, que normalmente é à base de epóxico.

Para evitar alguns destes problemas, o caixilho deve ser colocado somente após terem acabado os trabalhos de alvenaria na obra.

## 5. CAIXILHARIA MISTA MADEIRA / ALUMÍNIO

Este sistema (Fig. 64) alia as vantagens de ambos os materiais no mesmo perfil. A face externa do caixilho é de alumínio (Fig. 65, à esquerda), anodizado ou lacado, e a face de madeira (Fig. 65, à direita). O alumínio fica exposto ao sol e à chuva, mas tem uma fácil manutenção, a madeira, que fica resguardada, confere conforto e uma temperatura moderada ao interior.

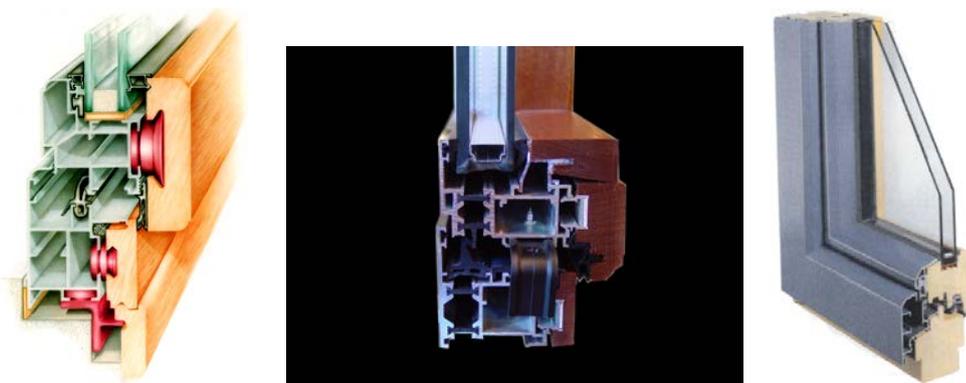


Fig. 64 - Caixilharia mista madeira / alumínio



Fig. 65 - Face exterior em alumínio (à esquerda) e face interior em madeira (à direita)

Como pontos fracos desta solução, refere-se que o alumínio anodizado não pode ser pintado, pelo que não pode ser mudada a sua coloração, e a parte interna de madeira necessita de manutenção.

Relativamente à ligação alumínio / madeira, esta constitui, muitas vezes, um problema grave, dado ainda não ter sido muito explorada, por ser uma solução relativamente recente. Para este pormenor, são utilizados em geral processos de colagem (colas à base de poliuretano). Contu-

do, a sua aderência não é a melhor ou faz-se recurso a peças de PVC (de alta resistência) que, além de efectuarem uma melhor ligação, criam também uma pequena caixa-de-ar entre materiais aumentando a resistência térmica da solução. Estas peças funcionam por encaixe e compressão, sendo que nas suas extremidades englobam bolsas de cola que, aquando da compressão, libertam o poliuretano e aumentam a resistência da ligação.

Outro tipo de ligação aplicada é a união por um elemento em *nylon*. Este sistema permite absorver pequenas dilatações sem criar pontos de compressão entre caixilhos dos diferentes materiais.

Qualquer que seja o sistema utilizado os encaixes entre perfis devem ser perfeitos, dificultando ao máximo a entrada de água e a passagem de ar.

Os acessórios são aplicados na parte estrutural (alumínio ou madeira). Os vedantes em EPDM asseguram uma boa capacidade de isolamento ao ar, água e diferenças térmicas.

## **5.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS**

As principais vantagens no uso do sistema alumínio / madeira em caixilharias são:

- resistência do alumínio + conforto da madeira;
- estética interior;
- comportamento térmico / acústico melhorado.

As suas principais desvantagens são:

- existência de uma ligação entre os dois materiais;
- manutenção da madeira;
- solução mais cara que qualquer um dos dois materiais isolados.

## 5.2. FABRICO

A execução é similar à da caixilharia de madeira ou de alumínio (Fig. 66). Varia se:



Fig. 66 - Fabrico de um caixilho misto madeira / alumínio

- o aro é em madeira (Fig. 67, à esquerda) com uma aplicação em alumínio (Fig. 67, à direita) - neste caso, após estar finalizado o caixilho de madeira, é aplicado o perfil em alumínio (Fig. 64, à direita); a junção é feita através de peças plásticas que fazem a ligação dos materiais ou segundo outro método dos acima descritos;
- o aro é em alumínio (Fig. 64, à esquerda e ao centro) com uma aplicação em madeira - após estar finalizado o caixilho de alumínio, a guarnição de madeira é aplicada por um dos métodos acima descritos.



Fig. 67 - À esquerda, caixilhos de madeira com peças para ligação ao alumínio e, à direita, perfil exterior em alumínio

## 6. CAIXILHARIA DE PVC

O sal e o petróleo ou gás natural são a base para a fabricação do PVC (Fig. 68, à esquerda). Do petróleo ou do gás natural, obtém-se o etileno. Por electrólise de uma mistura de água e sal, que nada mais é do que a reacção química pela passagem de corrente eléctrica, obtém-se o cloro e a soda cáustica. Por meio de uma reacção química entre o cloro e o etileno, obtém-se o EDC (di-cloro-etano) e então MVC (monómero de cloreto de vinilo) que, submetido a uma reacção química, chamada de polimerização, produz uma molécula gigante - denominada policlureto de vinilo ou PVC (Fig. 68, ao centro). Misturada a aditivos, essa resina inicial produz compostos que são utilizados em vários ramos da construção. O PVC é um material plástico sólido que se apresenta na sua forma original, como um pó de cor branca (Fig. 68, à direita). O consumo mundial de PVC é actualmente de cerca de 30 milhões de toneladas anuais, das quais 25% são utilizadas na Europa Ocidental, o que o torna um dos plásticos com maior procura.



Fig. 68 - Processo de fabrico do PVC (à esquerda), molécula (ao centro) e grânulos de PVC (à direita)

O PVC utilizado na produção de caixilhos pode receber aditivos químicos, dotando-o de maior tenacidade ao impacto e ao calor, e pigmentos para cor, já que no seu estado primário toma a coloração branca. Neste caso, a resistência aos raios UV é elevada, não se registando a mesma durabilidade nas soluções pigmentadas.

### 6.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS

As principais vantagens das caixilharias de PVC (Fig. 69) são:



Fig. 69 - Caixilharias de PVC

- bom isolamento térmico;
- bom isolamento acústico;
- bom isolamento eléctrico;
- estabilidade dimensional;
- resistência à corrosão;
- resistência aos agentes biológicos (fungos, bactérias, insectos e roedores) e químicos;
- peso reduzido;
- fácil de transformar (por extrusão, injeção, moldagem por sopro, calandragem, termo-moldagem, prensagem, recobrimento e moldagem de pastas);
- reciclável (por processos químico, energético e mecânico) (Fig. 70, à esquerda);
- baixo consumo energético;
- dificilmente inflamável e auto-extinguível.

As suas principais desvantagens são:

- fraca resistência mecânica - necessita de reforço e/ou maior área de caixilho para adquirir maior resistência;
- sensibilidade ao choque a baixas temperaturas;
- susceptibilidade dos plastificantes ao ataque de óleos e gorduras;

- sofre alterações com a radiação solar;
- vulnerável a grandes amplitudes térmicas;
- liberta gases tóxicos em caso de combustão (incêndio).

## 6.2. ACABAMENTOS

O PVC pode ter vários tipos de acabamentos (Fig. 70, à direita):



Fig. 70 - Reciclagem do PVC (à esquerda) e acabamentos possíveis em caixilharias de PVC (à direita)

- cor em massa - cor da matéria-prima colocada para a extrusão dos perfis (normalmente branco, cinza e bege);
- cor em massa branca com a aplicação de uma lacagem à base de PMMA (polimetacrilato de metilo);
- cor em massa branca ou outra, com a aplicação de uma película de imitação de madeira com diversos tons e texturas.

## 6.3. FABRICO

### Fabrico dos perfis

O fluxo de produção dos perfis de PVC (Fig. 71) passa pelos seguintes passos:



Fig. 71 - Fluxo de produção do perfil PVC

- **deposição** das matérias-primas;
- **modificação** em instalação própria: o PVC é agregado com estabilizadores, produtos lubrificantes, modificadores de impacto e pigmentos, dosificando-se estes componentes, de forma a obter uma homogeneização completa, e que são depois levados à misturadora; esta mistura é transportada para depósitos intermédios e daqui, por meio de tubagens, às máquinas de extrusão; todo este processo é automatizado;
- **extrusão**: processo de fabrico contínuo de produção de perfis de PVC (Fig. 72) mediante o accionamento de um parafuso “sem fim” dentro de um cilindro aquecido onde se homogeneiza a mistura de matérias primas (composto) que se converte numa substância moldável que por sua vez vai sendo pressionada para a “boca” onde está o molde (fieira), onde o perfil adquire a sua forma definitiva;
- **perfilação**: à saída da máquina de extrusão, é dada ao perfil a forma desejada;
- **calibração e arrefecimento**: a barra de perfil extrudido, ainda quente e plástica, é passada pelo calibrador e arrefecida por água, de forma a dar-se a sua solidificação; é aqui que são conferidas as suas medidas definitivas; posteriormente, o perfil é submergido num banho de água, continuando o seu processo de arrefecimento.

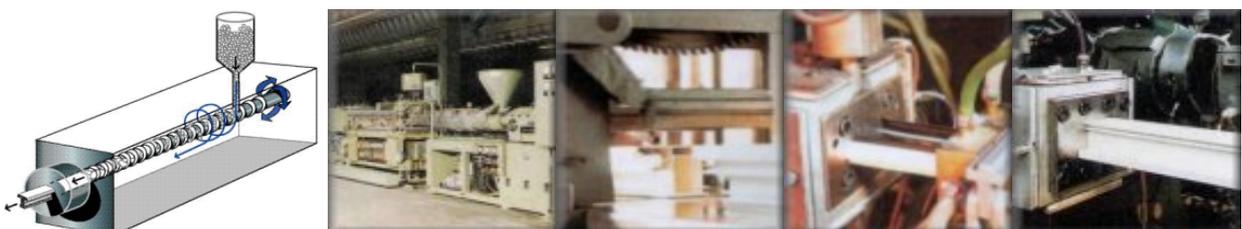


Fig. 72 - Fabrico de perfis em PVC

### Armazenamento dos perfis

Os perfis de PVC encontram-se armazenados em fábrica por secções (Fig. 73, à esquerda). Devem haver alguns cuidados para não haver deformações:

- devem ser colocados na horizontal e completamente apoiados em todo o seu comprimento (Fig. 73, à direita);
- caso venham empacotados, deve-se facilitar a ventilação;
- a altura máxima de sobreposição não deve ultrapassar os 60 cm.



Fig. 73 - À esquerda, variedade de perfis e, à direita, perfis armazenados

### Corte dos perfis de PVC

O corte dos perfis é feito numa máquina de corte de serra dupla (Fig. 74, à esquerda). As medidas do caixilho são inseridas no computador e o corte é feito com grande rigor (Fig. 74, à direita). A máquina deve estar:



Fig. 74 - À esquerda, máquina de corte e, à direita, perfis cortados

- limpa e sem restos de cortes para não por em causa o rigor das medidas;
- deve-se verificar a medida exacta da primeira peça cortada de uma série.

### Perfurações

De seguida, executam-se todas as perfurações (à semelhança da caixilharia de alumínio) nas máquinas respectivas (utiliza-se maquinaria de alta velocidade idêntica à de madeira e metais ligeiros - Fig. 75, à direita). As perfurações podem-se agrupar consoante o fim a que se destinam:

- ferragens - dobradiças, fechaduras, puxadores (Fig. 75, à esquerda);
- drenagem;
- montagem.



Fig. 75 - À esquerda, abertura de rasgos para puxador e fechadura e, à direita, furações simultâneas

### Corte e aplicação dos reforços interiores

Os reforços metálicos (Fig. 76, à esquerda), geralmente em aço zincado, são cortados numa máquina de corte específica para metais. A sua dimensão é ligeiramente inferior à do perfil de PVC já que este diminuirá de comprimento após a soldadura. O corte do reforço é feito a 90°. A ligação entre os dois perfis (PVC + aço) é feita através de parafusos formando uma união

sólida (Fig. 76, à direita). A sua colocação pode ser feita depois ou durante a fase de perfurações (o facto de tornarem os perfis mais pesados pode ser um inconveniente). Estes reforços, que também podem ser executados em alumínio, devem ter um tratamento anti-corrosão.



Fig. 76 - À esquerda, reforço do topo de perfis PVC e, à direita, ligação do perfil de reforço ao perfil de PVC

### Curvatura dos perfis

Os perfis de PVC podem ser encurvados (Fig. 77) num banho de óleo quente. O raio mínimo de curvatura vai depender da forma do perfil.



Fig. 77 - À esquerda, máquina para curvar perfis e, à direita, tiras de borracha que são colocadas em torno do perfil para ser curvado

### Métodos de união dos perfis de PVC

Os perfis de PVC podem ser unidos através de soldadura (Fig. 78, à esquerda) ou de uniões mecânicas com esquadrias ou aparafusamento (travessas). O primeiro método é o mais utili-

zado. Para além de uma ligação bastante eficaz, a soldadura impede as infiltrações para o interior dos perfis nas zonas de união.

A soldadura deve ocorrer num prazo máximo de 2 dias após o corte. A sujidade e a humidade podem provocar irregularidades no cordão de soldadura (Fig. 78, à direita) e menor resistência nas esquinas soldadas. Antes da soldadura, as superfícies devem ser limpas com ar à pressão. Os perfis são colocados na máquina de soldadura e todo o processo é executado automaticamente. Vários parâmetros são predefinidos, havendo um grande rigor:



Fig. 78 - À esquerda, soldadura de perfis de PVC e, à direita, cordões de soldadura

- temperatura da placa de soldar (aproximadamente 250 °C);
- tempo de aquecimento da superfície;
- tempo de união e resfriamento (aproximadamente 35 s);
- pressão entre os perfis;
- pressão de soldadura.

### **Limpeza dos cordões de soldadura**

Após a soldadura, há a necessidade de limpar os cordões formados pelo aquecimento do PVC (Fig. 79, à esquerda). Esta limpeza pode ser feita numa máquina para o efeito (Fig. 79, à direita) que se adapta à forma do perfil e deixa o caixilho acabado ou através de instrumentos manuais e máquina de lixar com papel abrasivo. Para voltar a dar brilho à superfície, usa-se uma polidora de pele ou de feltro.



Fig. 79 - À esquerda, aro finalizado com protecção e, à direita, máquina de limpeza dos cordões de soldadura

## Juntas

Depois de o caixilho estar montado, são aplicadas as borrachas que vão dar estanqueidade às juntas (Fig. 80). Estas borrachas são normalmente em EPDM.



Fig. 80 - À esquerda, perfil pronto a ser montado em obra e, à direita, borrachas de EPDM

## Ferragens

Por último, são aplicadas as ferragens (Fig. 81, à esquerda). Estas dependem da forma do perfil, do seu peso e das suas dimensões. Devem-se respeitar as indicações do fabricante. São os seguintes os parâmetros a ter em conta:

- compatibilidade entre as ferragens e os perfis a utilizar;

- as ferragens devem ter um tratamento superficial anti-corrosão ou ser em material inoxidável (inclusive os parafusos);
- as ferragens que suportem o peso do caixilho devem atravessar duas paredes de PVC ou atravessar o reforço metálico.

### **Armazenagem do produto acabado**

Dispõe-se o produto final em posição vertical, convenientemente embalado (Fig. 81, à direita), devendo-se ter em atenção para que haja ventilação entre os vidros, quando estes não são instalados já em obra.



Fig. 81 - Mesa de montagem das ferragens (à esquerda) e armazenagem temporária dos caixilhos (à direita)

## **6.4. RECICLAGEM**

Graças à sua facilidade de transformação e à sua termoplasticidade, o processo de reciclagem de produtos de PVC pode ocorrer em três formas distintas.

### **Reciclagem mecânica**

É o sistema mais utilizado e deve-se considerar dois tipos de PVC: o originário do processo industrial ou *scrap* (realizado desde as origens do material) e o proveniente de resíduos urbanos. Em ambos os casos, os resíduos são seleccionados, moídos, readitivados (quando é o caso) e transformados em novos produtos. O que se diferencia são as etapas necessárias até a

obtenção do produto reciclado, como, por exemplo, a necessidade de limpeza dos resíduos provenientes do pós-consumo.

Quando o material recuperado é proveniente de aparas de indústrias de transformação, denomina-se reciclagem primária, enquanto que no caso de material pós-consumo retirado do resíduo sólido urbano o processo é denominado reciclagem secundária.

O PVC recuperado e reciclado é empregue no fabrico de inúmeros produtos, como tubos, perfis, laminados, artigos injectados, como corpos ocos, escovas, revestimentos de paredes, mangueiras, solados de calçados, artigos para a indústria automóvel, etc..

O processo de reciclagem primária é simples e é normalmente realizado dentro das próprias instalações da indústria geradora das aparas ou por empresas especializadas prestadoras desse serviço. Normalmente, as aparas são bastante limpas, isentas de contaminantes de difícil remoção, bastando proceder à sua moagem e eventualmente extrusão para filtragem dos contaminantes para se obter um material pronto para novo processamento. Além do mais, as aparas possuem composição bem definida, com pouca variação dependendo da fonte de origem.

Já no caso da reciclagem secundária o processo é mais complexo e envolve etapas de triagem das aparas, lavagem e secagem para eliminação de contaminantes provenientes do resíduo sólido urbano, moagem, extrusão/filtração para retenção de contaminantes sólidos diversos e granulação. A formulação geralmente necessita de correcção antes da etapa de extrusão, por meio da incorporação de plastificantes no caso de produtos flexíveis, ou ainda complementação dos teores de estabilizantes térmicos e lubrificantes para garantir estabilidade durante o processamento (Fig. 82, à esquerda).

### **Reciclagem química**

Os resíduos são submetidos a processos químicos a fim de serem decompostos em produtos mais elementares, matérias-primas petroquímicas como óleos e gases. Actualmente, este processo é usado na Alemanha e Japão.

## Reciclagem energética

Consiste na compactação dos resíduos e subsequente queima controlada dos resíduos, sob condições tecnicamente avançadas, visando a recuperação da energia em energia calorífica ou electricidade contida no material. Os gases gerados neste processo são tratados para reduzir o impacto sobre a atmosfera, enquanto que as cinzas resultantes do processo de incineração são dispostas em aterros. Esta tecnologia é aplicada em toda a Europa, EUA e Ásia.

## Inovação na reciclagem do PVC

Alternativamente a estas formas de reciclagem, existe também a tecnologia de dissolução química do PVC através de solventes (Fig. 82, à direita). Este é um processo que exige alto investimento e que demanda controle rigoroso da unidade de produção.

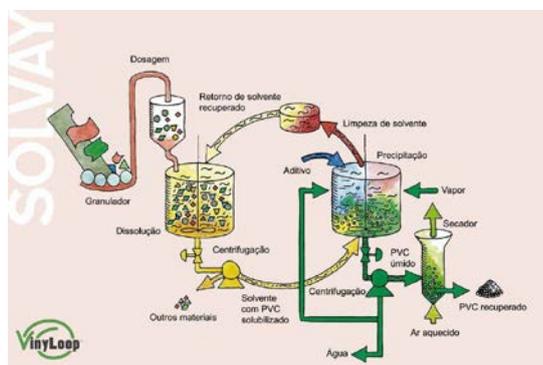


Fig. 82 - À esquerda, fase de triagem mecânica e, à direita, dissolução química do PVC

## Circuito de reciclagem

Os perfis antigos, assim como as pequenas sobras das oficinas transformadoras são introduzidos numa trituradora que os transforma em pequenas peças de aproximadamente 1 cm e posteriormente são moídos novamente até que fiquem reduzidos a pó de PVC (Fig. 83).

Este pó fino, uma vez limpo, pode ser introduzido de novo nos silos para a criação de novos produtos de PVC. O PVC que provém da reciclagem mistura-se com o resto das matérias-primas, é introduzido nas máquinas de extrusão e assim nascem os novos perfis de PVC (Fig. 83, à direita)



Fig. 83 - Ciclo dos perfis usados ao pó de PVC e de novo a perfis

## 7. CAIXILHARIA DE AÇO / AÇO INOX

As caixilharias de aço, conhecidas como “de ferro” e sucessoras das de ferro forjado e de bronze, difundiram-se entre as construções populares. No entanto, hoje em dia são bastante utilizadas em “obras de autor”. O facto de permitirem ao arquitecto desenhar o caixilho, através da combinação de perfis, é a sua grande vantagem. O aço inox (Fig. 84), para além da sua qualidade estética, tem um bom comportamento aos agentes corrosivos. O seu elevado preço impede muitas vezes a sua escolha.

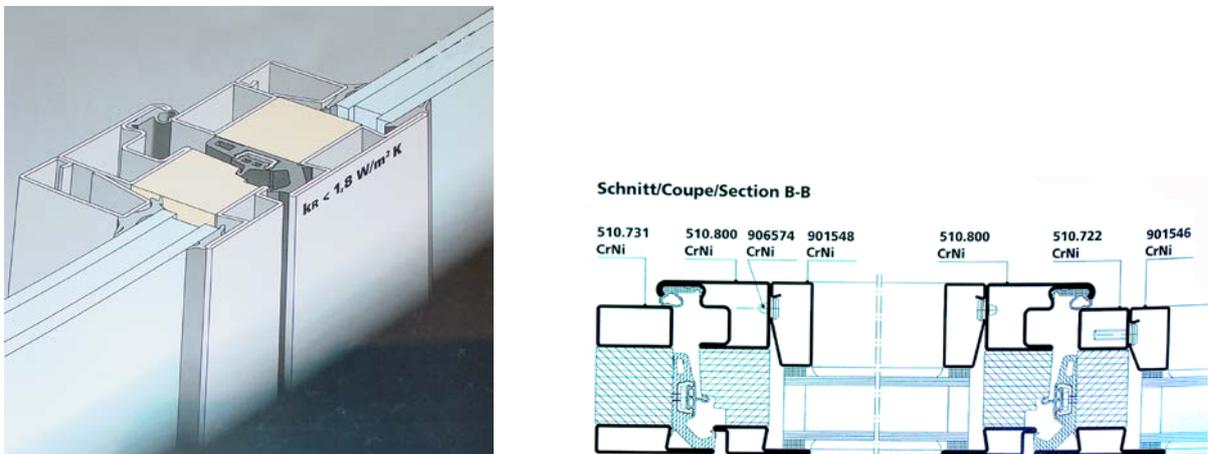


Fig. 84 - Caixilharia em aço / aço inox

### 7.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS

As principais vantagens das caixilharias de aço / aço inox são:

- qualidade estética;
- possibilidade de pormenorizar o caixilho;
- bom comportamento aos agentes atmosféricos - aço inox;
- boa resistência mecânica;
- permite vários acabamentos;
- reciclável.

As suas principais desvantagens são:

- material muito caro - aço inox;
- precisa de tratamento anti-corrosão - aço;
- mau isolamento térmico;
- mau comportamento ao fogo (Fig. 85);
- mau isolamento acústico.



Fig. 85 - Perfil com protecção corta-fogo

## 7.2. FABRICO

A execução é bastante similar à da caixilharia de alumínio (Fig. 86, à esquerda) mas, nos perfis de aço / aço inox, as peças são unidas por soldadura. Os perfis em aço (Fig. 86, à direita) devem ter um tratamento superficial anti-corrosão e deve haver compatibilidade entre estes e as ferragens a utilizar. No caso de o caixilho não ser constituído por um perfil comercial e homologado, devem ser realizados ensaios de modo a garantir o bom desempenho do mesmo.



Fig. 86 - À esquerda, máquina de corte e, à direita, perfis de aço

## 8. MONTAGEM

### 8.1. NO CONTEXTO DA EDIFICAÇÃO

As caixilharias são transportada em posição vertical, apoiadas sobre bastidores e com a protecção necessária para evitar quedas e golpes. No local da obra, as caixilharias estarão também em posição vertical e devidamente embaladas. É aconselhável que os veículos utilizados estejam cobertos, para evitar que certas zonas da carpintaria se molhem e evitar assim os possíveis impactos sobre a mesma que possam produzir-se no transporte.

A montagem da caixilharia (Fig. 87) ocorre em regra depois da finalização dos rebocos e pinturas exteriores, estuques e pinturas interiores e assentamento das soleiras ou peitoris (Fig. 88, à esquerda). Durante e depois da montagem (Fig. 88, ao centro), os caixilhos devem ser protegidos com filme de polietileno, fita autocolante ou envernizamento de modo a evitar-se o contacto com agentes corrosivos.

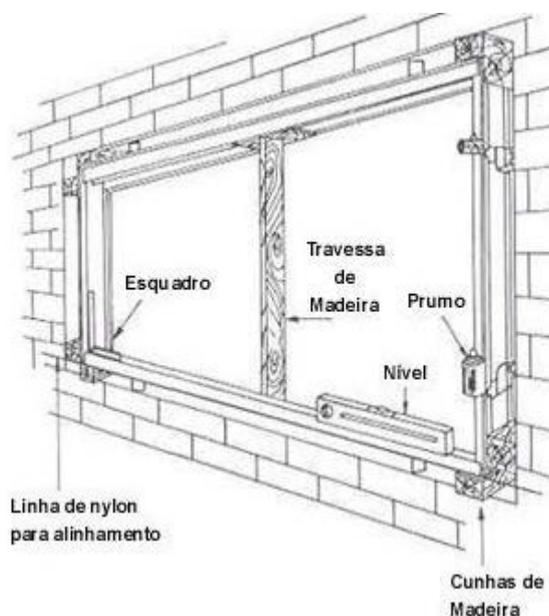


Fig. 87 - Detalhe da montagem de caixilharia

Se houver grande repetição na dimensão dos vãos, pode haver vantagem em fazer um molde (Fig. 88, à direita) para averiguar que o mesmo caixilho vai caber em todos os vãos. Antes da

montagem do caixilho, o vão e sua área envolvente devem encontrar-se limpos e sem poeiras.



Fig. 88 - À esquerda, vão preparado para a montagem da caixilharia, ao centro, montagem da mesma e, à direita, molde da caixilharia

## 8.2. MONTAGEM DO CAIXILHO

São os seguintes os principais elementos necessários à montagem de caixilharias (Fig. 89):

- calços;
- parafusos;
- nível;
- pistola de aplicação de poliuretano expandido ou silicone.



Fig. 89 - Elementos necessários à montagem de caixilharias

## Folgas

A folga é o espaço existente entre a alvenaria acabada e o caixilho e que posteriormente é preenchido com argamassa, silicone ou poliuretano expandido. Dependendo do material do caixilho, do tipo de caixilho e do modo como vai ser montado, a dimensão da folga pode variar. Na caixilharia de madeira, a folga é normalmente de cerca de 2 cm (de cada lado), no alumínio e no PVC de cerca de 0.5 cm.

## Tacos

Para uma correcta fixação do caixilho no vão, é conveniente a existência de tacos de madeira bem chumbados na alvenaria e em posições determinadas. Na inexistência de tacos, a fixação deverá ser feita mediante buchas plásticas com parafusos.

## Fixação em cabeceiras e peitoris (ou soleiras)

Como, em geral, nas cabeceiras e peitoris (ou soleiras) não existem tacos, os caixilhos devem obrigatoriamente ser fixos com buchas plásticas e parafusos conforme a necessidade podendo-se também recorrer a peças de fixação que funcionam como pré-aro (Fig. 90). Cada ponto de fixação deve ter um, dois ou três parafusos, conforme a medida da largura do aro, e a distância entre os locais de fixação não deve exceder 90 cm.

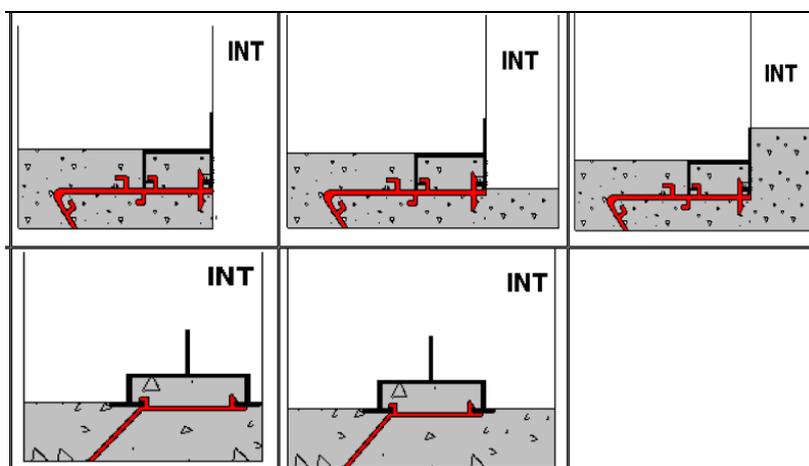


Fig. 90 - Detalhe da instalação de peças de fixação na alvenaria

### **Fixação nas ombreiras**

Pode ser empregue o mesmo processo utilizado na cabeceira. Onde houver tacos, não há necessidade de bucha plástica.

### **Etapas de montagem de uma caixilharia de madeira**

São as seguintes as etapas de montagem de uma caixilharia de madeira pelo processo tradicional (com parafusos em buchas plásticas ou em tacos):

- coloca-se o caixilho na posição dentro do vão (Fig. 91, à esquerda e ao centro), respeitando o nivelamento (Fig. 91, à direita) da cabeceira e do peitoril, o prumo das laterais e repartindo as folgas; tratando-se de uma porta, respeita-se a cota do piso acabado, mesmo que este ainda não esteja feito;
- fixa-se o caixilho por meio de cunhas contra a alvenaria (Fig. 93, à esquerda), de modo a que o funcionamento possa ser testado antes da fixação definitiva; somente após a certeza da perfeição do funcionamento é que a montagem pode ser concluída;
- na caixilharia tradicional, se as paredes eram de alvenaria, a fixação do caixilho (Fig. 92) era feita recorrendo a tacos embebidos, aos quais os aros eram colados e pregados; se as ombreiras eram em cantaria, esta era furada se modo a poder embeber tacos de madeira aos quais os aros eram pregados ou aparafusados;
- a fixação definitiva do aro deve ser por meio de parafusos de comprimentos adequados em tacos previamente chumbados na alvenaria; na ausência de tacos, utilizar buchas plásticas e parafusos (Fig. 93, ao centro e à direita); em janelas ou portas com mais de 90 cm de largura, torna-se necessário fixar também a cabeceira e o peitoril (ou soleira); em geral, nestas situações não existem tacos e a fixação recomendada é mediante parafusos com buchas plásticas; nos caixilhos de correr, para fixação da cabeceira, remove-se as peças de acabamento existentes, de modo a que os parafusos de fixação possam ficar escondidos; antes de recolocar as peças, remover os resíduos da perfuração que certamente caem dentro dos trilhos; em aros com mais de 13 cm de espessura, devem ser utilizados dois parafusos por

ponto de fixação; aros com mais de 18 cm necessitam de três parafusos por ponto de fixação;

- após o caixilho instalado, testa-se o seu funcionamento, movimentando-o diversas vezes para ter a certeza de que está perfeita e correctamente instalado; verifica-se se as ferragens (fechos, dobradiças, etc.) estão em perfeito estado;
- fecha-se os furos dos parafusos de fixação que ficarem aparentes com tarugos de madeira; não devem ser confundidos com os demais parafusos existentes na esquadria e que são propositadamente aparentes para permitir desmontagem para manutenção;
- preenche-se o vazio entre o aro e a alvenaria com material adequado; esta operação é de extrema importância, pois são inúmeros os casos de infiltração de água de chuva pela deficiência deste preenchimento; devem ser tomados cuidados especiais para não manchar a madeira, caso esta ainda não tenha recebido acabamento.



Fig. 91 - Colocação dos caixilhos em obra (à esquerda) e no vão (ao centro) e, à direita, aferição com nível

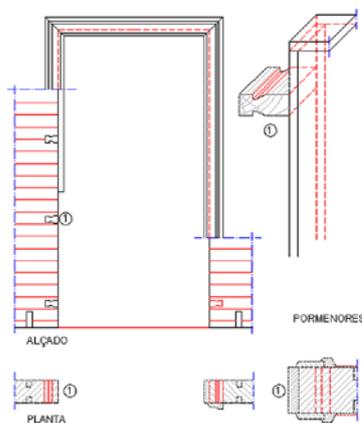


Fig. 92 - Fixação do caixilho em caixilharia tradicional

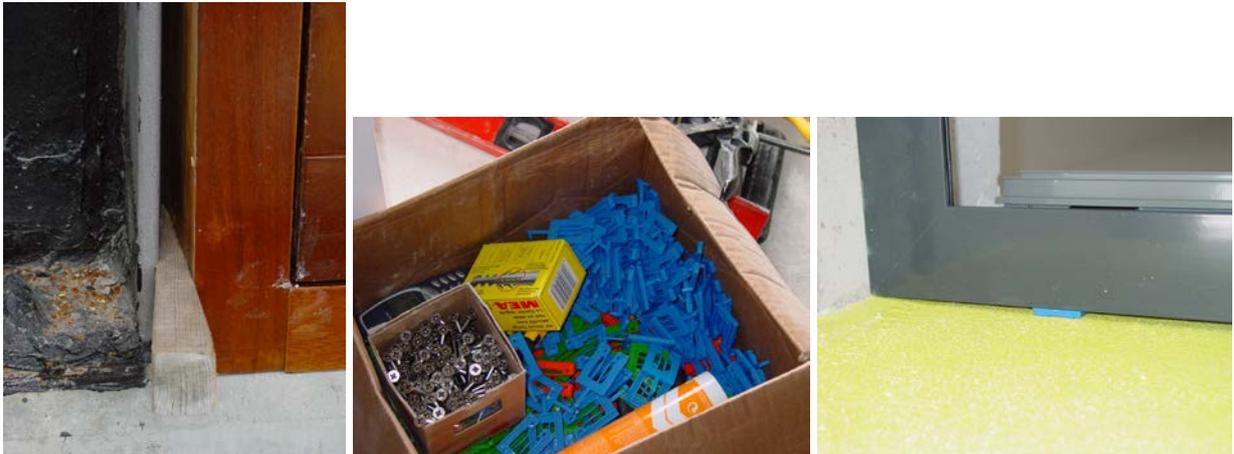


Fig. 93 - Colocação de calços (à esquerda) e de parafusos em buchas plásticas (ao centro e à direita)

Em alternativa ao processo acima descrito, pode-se utilizar na fixação do caixilho espuma de poliuretano. Em geral, este sistema de fixação obedece ao mesmo ritual, de posicionar, nivelar, aprumar, fixar com cunhas, etc., substituindo as operações com pregos e parafusos pela injeção de espuma (Fig. 94, à esquerda e ao centro) onde for possível, preenchendo a folga (cerca de 2 cm) entre o aro e o vão. As superfícies em contacto com a espuma devem ser previamente molhadas com água para uma eficiente aderência da espuma. Como vantagens relativas deste processo, tem-se as seguintes:

- dispensa o uso de tacos;
- no caso das portas internas, a espuma pode ser utilizada para enchimento do vazio entre a alvenaria e o aro, permitindo a imediata instalação das guarnições sem os inconvenientes do enchimento com argamassa.

Como a expansão da espuma de poliuretano causa pressão de fora para dentro, o aro tem que ser calçado por dentro para não “fechar”, impedindo o funcionamento da esquadria. Para este efeito, são utilizadas travessas em forma de cruz (Fig. 94, à direita). Em esquadrias de grandes dimensões, principalmente as esquadrias de correr, é indispensável a fixação da cabeceira e do peitoril (ou soleira) com parafusos.

No caso de caixilharias de alumínio ou PVC, são as seguintes as etapas de montagem:



Fig. 94 - Aplicação de poliuretano (à esquerda e ao centro) e travessas em forma de cruz (à direita)

- só se deve proceder à montagem da caixilharia de alumínio depois de os trabalhos com materiais como o cimento e o gesso estarem finalizados;
- caso não seja possível, deve-se recorrer a bandas adesivas ou vernizes peláveis ou solúveis;
- os passos de montagem são semelhantes aos anteriormente descritos para a caixilharia de madeira (Fig. 95, à esquerda e ao centro);
- a estanqueidade da junta entre o aro e o vão deverá ser garantida por produtos de selagem: mástiques acrílicas ou silicones (Figs. 95, à direita, e 96);
- no caso da montagem de caixilharia de alumínio sobre estruturas metálicas, não deve existir contacto entre os materiais - colocação de um material isolante eléctrico e impermeável;
- pode-se também utilizar um sistema de encaixe do caixilho num pré-aro do mesmo material (Fig. 97).



Fig. 95 - À esquerda, fixação com parafusos, ao centro, fixação e aferição com nível e, à direita, aplicação de cordão de silicone



Fig. 96 - Exemplos de aplicação de silicone

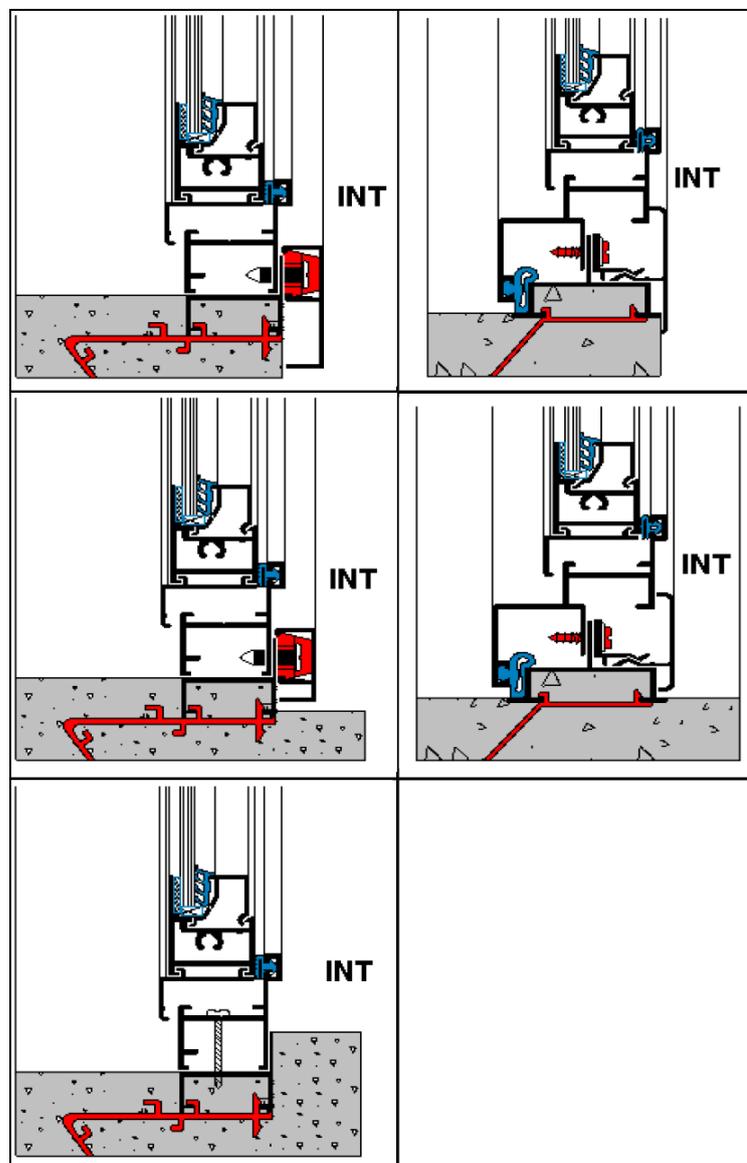


Fig. 97 - Detalhe de encaixes da caixilharia

### 8.3. MONTAGEM DO VIDRO

Os vidros são elementos de destaque nas janelas, proporcionando segurança, luz e visibilidade às construções. Nas caixilharias, poderão ser colocados panos simples, duplos e triplos de vidro.

O mais comum é o **vidro liso**, encontrado em várias cores e com espessuras de 3 a 6 mm. Porém, existem tipos tecnicamente mais sofisticados. É o caso do **laminado**, ideal para segurança, que apresenta uma camada de polivinilo butiral (espécie de plástico prensado entre os vidros) que, mesclando tonalidades diferentes de vidro e plástico, permite maior diversidade de cores. A sua espessura pode variar de 6 a 40 mm; em caso de quebra, os cacos mantêm-se agarrados ao butiral.

Os **vidros aramados**, com arames na horizontal e vertical, são fundidos em conjunto com os componentes do vidro (sílica). Translúcidos e sem cor, deixam passar a luz sem revelar com nitidez as imagens. Têm de 6 a 7 mm de espessura.

Finalmente, os **temperados**, são obtidos a partir do aquecimento e arrefecimento abrupto dos materiais. Não permitem cortes ou furos depois de prontos e são produzidos sob encomenda, podendo ter 6, 8 ou 10 mm de espessura. As cores mais comuns são verde, castanho e cinza.

Além destes tipos mais comuns, também existem outros como os reflectantes, os foscos, os impressos, os martelados, etc..

A fixação do vidro ao caixilho pode ser feita com a tradicional massa de vidraceiro (que apresenta o inconveniente de rachar com o tempo) ou por silicone, que prende o vidro ao caixilho com tiras de borracha e garante total estanqueidade.

O vidro deve ser colocado de modo a não sofrer esforços de:

- contracção ou dilatação do próprio vidro;
- contracção ou dilatação dos elementos envolventes.

É a colocação de calços periféricos (Fig. 98) que vai atenuar estes esforços evitando o contacto entre vidro / caixilho e permitindo que se dêem contracções/dilatações.

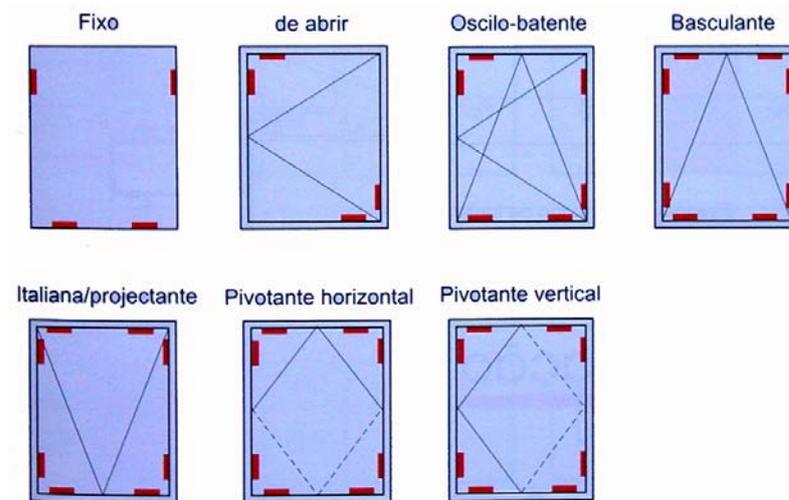


Fig. 68 - Posicionamento dos calços periféricos do vidro

De um modo geral, os caixilhos são entregues sem vidros por diversas razões, tais como:

- diminuição do peso do caixilho para fins de transporte e instalação;
- eliminação do risco da quebra de vidros durante as fases de transporte e instalação.

Esta prática cria o inconveniente de repartir responsabilidades. O vidraceiro passa a assumir uma parcela da responsabilidade no desempenho do caixilho. Na eventual ocorrência de problemas com infiltração de água, o cliente precisa de identificar qual é o responsável para o qual deverá dirigir sua solicitação de conserto, garantia e/ou manutenção.

### Principais elementos para a montagem dos vidros

Os **bites** de madeira têm a finalidade de fixar o vidro no caixilho e, ao mesmo tempo, dar um acabamento adequado. No entanto, a vedação entre vidro e caixilho, para evitar a infiltração

da água da chuva, é feita com **massa de vidraceiro, silicone, EPDM ou outros**. Estes materiais têm de ser bem colocados e de boa qualidade, visto que sofrerão os efeitos das intempéries.

### **Etapas de montagem do vidro numa caixilharia de madeira**

O vidro é cuidadosamente transportado para a obra (Fig. 99, à esquerda). No caso de ter grandes dimensões, é preciso utilizar a grua para o colocar no local da montagem. Em obra, pode ser preciso recorrer a ventosas ou outros utensílios (Fig. 99, à direita) para o seu manuseio.



Fig. 99 - Colocação do vidro em obra (à esquerda) com auxílio de ventosas (à direita)

São as seguintes as etapas de montagem do vidro numa caixilharia de madeira:

- montagem conveniente do caixilho com acabamento final;
- remoção dos bites móveis referentes a um único vidro sem misturar os bites;
- colocação dos calços inferiores (Fig. 100, à esquerda);
- colocação do silicone ou cola nos bites fixos, formando uma linha contínua;
- colocação do vidro (Fig. 100, à direita) sobre os calços inferiores e aperto leve contra os bites fixos;
- folga entre o vidro e o caixilho de cerca de 0,5 cm para possibilitar a dilatação e contracção dos materiais;
- colocação do silicone ou cola nas bordas do vidro e aplicação dos bites móveis com leve pressão;
- pregagem dos bites (Fig. 101, à esquerda);

- remoção do excesso de silicone após adquirir consistência;
- preenchimento dos furos dos pregos nos bites com cera de abelha quando a esquadria for envernizada ou com massa, quando o caixilho for pintado.



Fig. 100 - À esquerda, posicionamento dos calços inferiores e, à direita, colocação do vidro

A colocação do vidro num caixilho de alumínio ou PVC pode ser feita de duas formas:

- **por encaixe do vidro em perfis providos de duplo bite:** a colocação e montagem do vidro dão-se em simultâneo; o vidro é guarnecido em toda a envolvente por juntas de borracha EPDM e os perfis que constituem o caixilho montam-se por fora; é utilizado normalmente em janelas de correr de alumínio e o vidro entra “de gaveta”; este processo (Fig. 101, à direita) é realizado na fábrica assegurando bom posicionamento dos vidros estanqueidade da caixilharia e evitando o contacto vidro / alumínio e a utilização de calços;
- **por colocação dos bites depois da montagem do vidro:** arma-se primeiro o caixilho e depois colocam-se os bites, em EPDM ou neoprene, previamente guarnecidos de juntas EPDM (para evitar o contacto vidro / alumínio); deve-se ter em conta os coeficientes de dilatação dos materiais e os esforços sofridos pelo caixilho não devem ser transmitidos ao vidro; a substituição do vidro deve ser possível sem perdas de estanqueidade ou de segurança do conjunto.

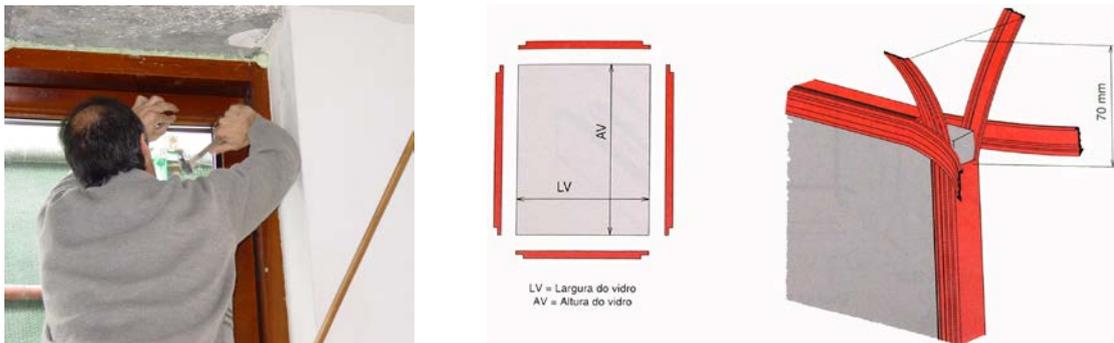


Fig. 101 - À esquerda, pregagem dos bites e, à direita, perfil provido de duplo bite

### Selagem do vidro

Na selagem do vidro, os materiais usados para as juntas são: EPDM, neoprene, SBR e silicone (maior resistência ao envelhecimento e à radiação UV. Estas borrachas têm uma dupla função: **vedante** - pode haver infiltrações de água que depois será escoada pelos rasgos de drenagem ; **selante** - não devem permitir a entrada da água. Normalmente, estas borrachas vedantes já estão colocadas no bite de alumínio ou PVC (Fig. 102, à esquerda) mas podem também ser anexadas ao vidro (Fig. 102, à direita). Na caixilharia de madeira, a junta é selada com silicone. Na caixilharia de alumínio, o vidro das folhas de correr já vem montado da fábrica (sistema de encaixe “de gaveta”).

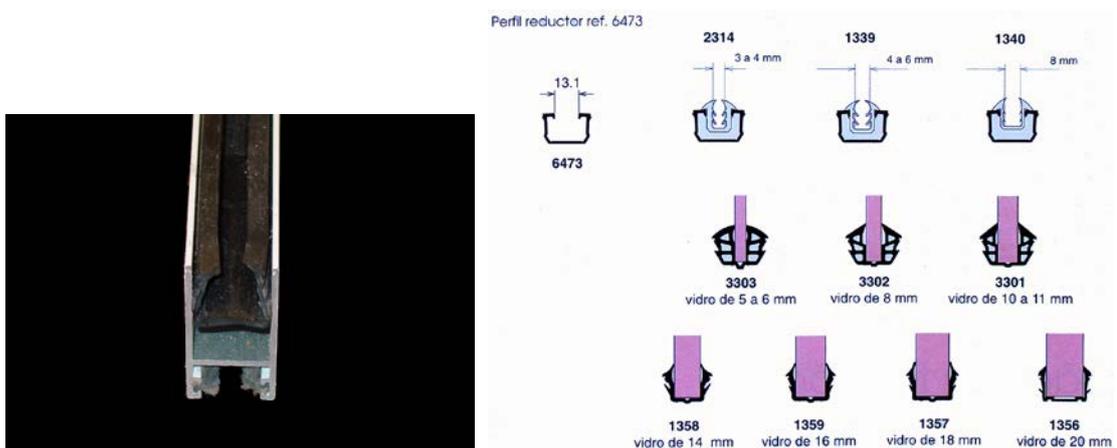


Fig. 102 - Borrachas anexadas aos bites (à esquerda) e ao vidro (à direita)

No caso de caixilhos com grandes dimensões, o vidro é colado passando este a contribuir para a resistência da janela.

#### 8.4. MANUTENÇÃO

São os seguintes os cuidados a ter na manutenção de caixilharias:

- limpeza regular (de 12 em 12 meses em zonas urbanas ou rurais e a de 3 em 3 meses em zonas marítimas ou industriais), não utilizando elementos abrasivos (é preferível que os panos sejam molhados) ou objectos cortantes ou perfurantes para auxiliar na limpeza de cantos de difícil acesso (Fig. 103);
- caso o material seja atingido por colas, mástiques ou produtos similares, cimento, cal, tintas, etc., deve-se proceder de imediato à respectiva remoção;
- no caso de pintura de paredes ou limpeza de fachadas com revestimentos cerâmicos ou de granito, em que se utilize soluções que contenham ácidos de quaisquer tipos, deve-se antes proteger as caixilharias com fitas adesivas e remover a fita no final;
- lubrificação das ferragens;
- substituição de peças estragadas / desgastadas: borrachas ou ferragens.



Fig. 103 - Manutenção / limpeza de caixilharia (à esquerda) e produtos de limpeza (à direita)

Em caixilharias de madeira, recomenda-se a decapagem e envernizamento ou pintura do caixilhão de 5 em 5 anos.

## 9. CONTROLO DE QUALIDADE

São necessários meios independentes para avaliar a qualidade das caixilharias, uma vez que o fabricante assegura sempre a sua alta qualidade. Em Portugal, o organismo avaliador independente é o LNEC. É nesta instituição que se simulam, através de ensaios todo o tipo de solicitações que o produto virá a suportar ao longo da sua vida útil. Um ensaio completo numa janela dura em média 4 a 5 dias.

As janelas estão essencialmente sujeitas a dois tipos de solicitações: as que resultam das acções atmosféricas e as que resultam das acções dos utentes. As primeiras podem ser em grau variável em função da exposição do edifício e as segundas são só em função dos utilizadores, pelo que as forças envolvidas são parâmetros fixos.

De seguida, apresenta-se uma listagem de todos os ensaios realizados no LNEC para caixilharias.

### 9.1. ENSAIOS EM LABORATÓRIO

São os seguintes os tipos de ensaios realizados no LNEC:

- permeabilidade ao ar;
- estanqueidade à água;
- resistência às acções do vento:
  - ensaios de deformação;
  - ensaio repetido de pressão e/ou deformação;
  - ensaio de segurança sob pressão e/ou deformação;
- isolamento térmico;
- isolamento acústico;
- ensaios mecânicos:
  - flexão;
  - desquadre;

- torção;
- deformação diagonal;
- ensaio do dispositivo de situação de abertura restringida;
- durabilidade ao uso;
- força requerida para mover a folha do caixilho.

### Preparação do ensaio

A janela é montada no vão de uma parede de alvenaria que reconstitui a situação real (Fig. 104, à esquerda). É encostada uma câmara estanque em volta da janela (Fig. 104, à direita) que pode ser pressurizada, simulando a acção do vento e pode simular o efeito da chuva através de pulverizadores de água.

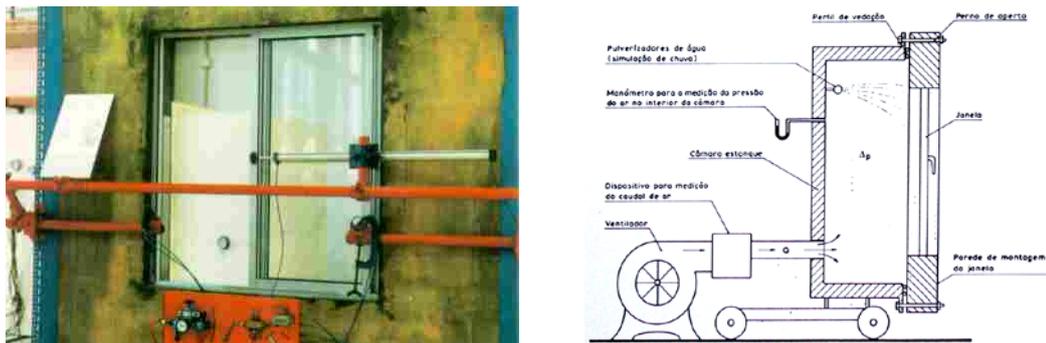


Fig. 104 - À esquerda, janela montada para ensaio e, à direita, esquema da câmara de ensaio

### Permeabilidade ao ar

A **ventilação** é necessária para substituir o oxigénio, eliminar os odores e o excesso de humidade. Por outro lado, ganhos térmicos em tempo quente, perdas de calor em tempo frio, infiltrações de chuva, infiltração ou exfiltração de ar descontrolada são parâmetros de grande importância para o conforto no interior do edifício. Assim, a permeabilidade ao ar deve ser limitada de forma a reduzir as perdas de calor e evitar as correntes de ar frio.

O critério adoptado para caixilharias foi o seguinte: numa situação de vento forte pouco frequente (que possa ser excedido em 2% do tempo), a permeabilidade ao ar das janelas deve ser

limitada de modo a não promover uma renovação do ar superior ao volume do compartimento onde está instalada por hora.

Em situações correntes, recomenda-se que para a velocidade do vento excedida em 10%, não seja ultrapassado o valor de 0,5 renovação / hora. Em situações em que a ventilação é assegurada por meios mecânicos, recomenda-se que para a velocidade do vento excedida em 2% do tempo não seja ultrapassado o valor de 0,5 renovação / hora.

O ensaio de permeabilidade ao ar consiste em montar a janela numa parede simulada contra a qual se aperta uma câmara onde um ventilador eléctrico pode insuflar um caudal variável. Este caudal é medido por meio de um sistema de orifícios calibrados ou por meio de rotâmetros. Isolando o caixilho, determina-se o caudal de ar perdido através das juntas da câmara em função da sobrepressão no seu interior. Retirando o isolamento que veda o caixilho, o ensaio é repetido medindo para cada valor da sobrepressão no interior da câmara o caudal de ar perdido. Subtraindo a este caudal o caudal de calibração, obtém-se o valor do caudal  $Q$  que passou pelas juntas do caixilho, em função da sobrepressão  $\Delta p$ .

De um estudo feito pelo LNEC à permeabilidade ao ar em caixilharia de alumínio, obtiveram-se os seguintes resultados:

- a permeabilidade média dos caixilhos de correr é cerca de duas vezes mais elevada do que a dos caixilhos giratórios;
- em ambos os tipos, ocorrem permeabilidades muito elevadas;
- nas janelas giratórias, é possível obter permeabilidades ao ar praticamente nulas, ao contrário do que sucede nas janelas de correr.

O desempenho das caixilharias em termos de permeabilidade ao ar é classificado de acordo com o Quadro 6 e recomenda-se que as janelas sejam escolhidas de acordo com o Quadro 7.

### **Estanqueidade à água**

As janelas devem permanecer estanques quando são sujeitas, em situações correntes, à acção simultânea do vento e da chuva. No entanto, em situações extremas, admite-se que possa haver perda de estanqueidade desde que o caudal de água infiltrada seja reduzido.

Quadro 6 - Valores limite das pressões para cada classe

Valores das pressões limite (em Pa) para cada classe (permeabilidade ao ar).		
Pressões relativas aos caudais máximos de $10 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2) - (P_{0.1})$	Pressões relativas aos caudais máximos de $20 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2) - (P_{0.02})$	Classe
$P_{0.1} \leq 9$	$P_{0.02} \leq 25$	A1
$9 < P_{0.1} \leq 35$	$25 < P_{0.02} \leq 100$	A2
$35 < P_{0.1}$	$100 < P_{0.02}$	A3

Quadro 7 - Classificação das janelas relativamente à permeabilidade ao ar

Altura acima do solo	Fachadas abrigadas	Fachadas não abrigadas					
		ZONEAMENTO DO TERRITÓRIO					
		Região A			Região B		
		I e II	I	II	III	I	II
< 10 m	A1	A1	A2	A2	A1	A2	A2
10 m a 18 m	A1	A1	A2	A2	A1	A2	A2
18 m a 28 m	A1	A1	A2	A2	A2	A2	A2
28 m a 60 m		A2	A2	A2	A2	A2	A2
60 m a 100 m		A2	A2	A2	A2	A2	A3

No ensaio de permeabilidade à água, o protótipo de uma janela é submetido à aspersão de água enquanto são aplicadas pressões crescentes, em patamares, ao longo do tempo. Em cada patamar, com duração de 5 minutos, a pressão é constante. A janela é considerada estanque enquanto não ocorrerem infiltrações de água para o interior ou para partes do caixilho de onde não possa ser escoada para o exterior quando cessam as solicitações. Nestas condições, associam-se os patamares de pressão de ensaio ao estado limite de utilização caracterizado pelo valor da distribuição de máximos da velocidade média do vento para intervalos de 10 minutos cuja probabilidade de ser excedida num ano é de 0.33.

O desempenho das caixilharias em termos de permeabilidade à água é classificado de acordo

com o Quadro 8 e recomenda-se que as janelas sejam escolhidas de acordo com o Quadro 9.

Quadro 8 - Valores limite das pressões para cada classe

Valores das pressões limite (em Pa) para cada classe (estanqueidade à água).		
$(P_{0.33})$	$(P_{0.10})$	Classe
$P_{0.33} \leq 50$	$P_{0.10} \leq 150$	E1
$50 < P_{0.33} \leq 150$	$150 < P_{0.10} \leq 300$	E2
$150 < P_{0.33} \leq 300$	$300 < P_{0.10} \leq 500$	E3
$300 < P_{0.33} < 500$	--	E4

Quadro 9 - Classificação das janelas relativamente à estanqueidade à água

Altura acima do solo	Fachadas abrigadas	Fachadas não abrigadas					
		Região A			Região B		
		I	II	III	I	II	III
< 10 m	E1	E1	E2	E3	E2	E2	E3
10 m a 18 m	E1	E2	E2	E3	E2	E2	E3
18 m a 28 m	E1	E2	E2	E3	E2	E3	E3
28 m a 60 m		E2	E3	E3	E3	E3	E4
60 m a 100 m		E3	E3	E4	E3	E4	E4

### Resistência às solicitações do vento

Sob a acção do vento, os perfis que constituem a janela não se devem deformar demasiado e, no caso de ventos ciclónicos, a janela não pode ser arrancada do vão, as folhas não se devem abrir e os vidros não devem partir. A janela será classificada em relação ao nível de pressões a que resiste. Se o nível mínimo não for atingido, não será classificada. Na câmara de ensaio, a janela é submetida a várias pressões para medir a sua resistência.

O desempenho das caixilharias em termos de resistência ao vento é classificado de acordo com o Quadro 10.

### Resistência às solicitações de utilização

Os ensaios mecânicos pretendem simular a acção dos próprios utentes. Um dos ensaios típicos deste tipo de esforços é o da resistência no plano da folha em que se simulam os esforços resultantes da aplicação de uma força no dito plano (Fig. 105, à esquerda). Faz-se também o ensaio de arranque de dobradiças (Fig. 105, à direita) e o de eficácia dos compassos de espera (Fig. 106).

Quadro 10 - Valores limite das pressões para cada classe

Valores das pressões limite (em Pa) para cada Classe (Solicitações do vento).		
Pressões relativas aos ensaios de deformação ( $P_d$ )	Pressões relativas aos ensaios de segurança à pressão ( $P_s$ )	Classe
$P_d \leq 500$	$P_s \leq 1000$	V1
$500 < P_d \leq 1000$	$1000 < P_s \leq 2000$	V2
$1000 < P_d \leq 1750$	$2000 < P_s \leq 3000$	V3

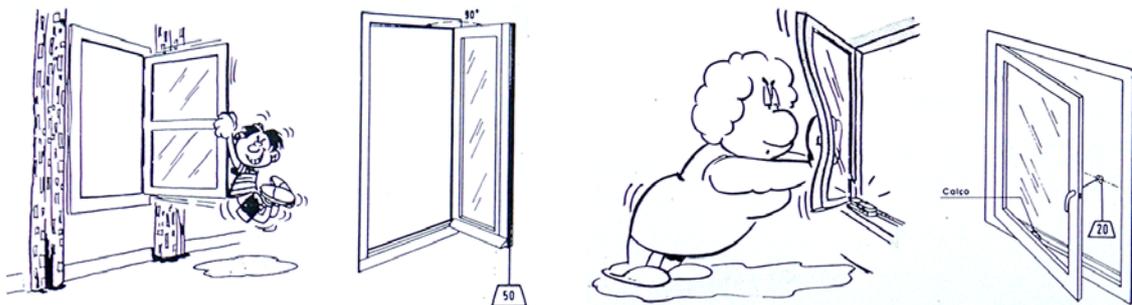


Fig. 105 - À esquerda, ensaio de resistência no plano da folha e, à direita, ensaio de arranque de dobradiças

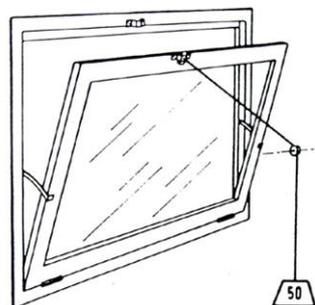


Fig. 106 - Ensaio de eficácia dos compassos de espera

No caso de janelas de correr ou de guilhotina, executa-se um ensaio de durabilidade em que uma das folhas é aberta e fechada 10.000 vezes por meio de um cilindro pneumático.

No final de cada ensaio mecânico, verifica-se a existência de deteriorações ou deformações demasiado elevadas. Após o ensaio de durabilidade (quando aplicável), verifica-se ainda se os desgastes que tenham ocorrido não implicaram um aumento excessivo da força necessária à manobra da folha. O resultado final do conjunto de ensaios mecânicos é analisado e considerado satisfatório ou não satisfatório, caso todos os ensaios tenham sido satisfatórios ou pelo menos um não o tenha sido.

As condições de realização dos ensaios e a avaliação dos resultados são matéria de diversas normas portuguesas ou europeias.

### **Caracterização térmica e acústica das janelas**

Faz-se ainda ensaios térmicos (acústicos) que determinam a capacidade de isolamento térmico (acústico) oferecida pela janela completa, com ou sem portadas. Os Quadros 11 e 12 apresentam índices de caracterização do desempenho térmico e acústico, respectivamente, de vidros.

Quadro 11 - Índices de isolamento acústico

Vidro simples		Vidro duplo (dois vidros simples de 2,5 mm de espessura)	
Espessura do vidro (mm)	Isolamento acústico (dB)	Separados por espaço de (em mm)	Isolamento acústico (dB)
2,8	25	3	33
4	27	6	35
6	29	12	38
10	31	25	42
12	33	50	46
20	36	125	49

### **Caracterização dos materiais e revestimentos**

Podem também ser efectuados ensaios aos materiais e revestimentos dos caixilhos. Por exemplo, no caso das janelas de alumínio, os ensaios frequentemente realizados são o de espessura da camada anódica e respectiva colmatagem.

## Quadro 12 - Coeficientes de transmissão de calor

*Coeficiente global de transmissão de calor para alguns tipos de envidraçamento, dado em  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$  (quanto menor o coeficiente, maior a capacidade de isolamento térmico)*

Tipos de vidro (vidros planos)	Sem dispositivos de sombreamento		Com dispositivos de sombreamento	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Simples, incolor	6,2	5,9	4,7	4,6
Duplos incolores, com espaço entre vidros de:				
5 mm*	3,5	3,7	3,0	3,3
6 mm*	3,3	3,5	2,7	3,1
13 mm**	2,8	3,2	2,4	3,0
Tripos incolores, com espaço entre vidros de:				
6 mm*	2,2	2,5	1,8	2,3
13 mm***	1,8	2,2	1,5	2,0

\* Espessura dos vidros = 3 mm

\*\* Espessura dos vidros = 6 mm

\*\*\* Vidros externos com 6 mm e vidro intermediário com 3 mm

### Certificados emitidos pelo LNEC

Durante os ensaios, os fabricantes podem alterar pormenores, aconselhados pelos técnicos do LNEC. Deste modo, o protótipo final tem normalmente um desempenho superior ao inicial.

Após a concretização dos vários ensaios, o LNEC emite um documento - boletim de ensaio - que contém uma descrição do tipo de janela e dos resultados dos ensaios - curva de permeabilidade ao ar, descrição do ensaio de estanqueidade à água, classificação quanto à resistência às acções do vento e classificação quanto ao comportamento mecânico.

Este boletim é utilizado pelos fabricantes para demonstrar a qualidade possível da sua caixilharia, uma vez que esta não corresponde à qualidade obtida na linha de produção já que basta haver a alteração de um pequeno detalhe, de fabrico ou montagem, para a janela ter um desempenho diferente.

### Certificação da produção

O LNEC pode, após qualificação dos protótipos respectivos, certificar toda a produção de um fabricante, apoiando o seu próprio controlo de qualidade e ensaiando amostras da produção.

Qualquer garantia de qualidade que não se apoie num comportamento experimental atestado e satisfatório é inválida.

## **9.2. CONTROLO DE QUALIDADE EM OBRA**

Para além de todo o rigor de projecto na definição das caixilharias, a montagem em obra é sem dúvida essencial para o seu desempenho.

Assim, o controlo é feito em relação aos materiais recebidos - o caixilho que vai ser instalado deve coincidir, em todos os aspectos, com a referência de projecto. A fiscalização das obras pode ser apoiada, na recepção, por técnicos do LNEC que verificam a conformidade das janelas entregues e das técnicas de montagem.

Deve-se verificar se a montagem é feita segundo os critérios do fabricante e se não se verificam erros de construção.

Os ensaios *in situ* são bastante eficientes para detectar se existem infiltrações. Um dos mais utilizados é deitar água com uma mangueira durante, pelo menos, 15 minutos em todas as juntas do caixilho.

Os ensaios em laboratório só se justificam quando os caixilhos ainda não foram aplicados ou se se tratar de um grande número de vãos idênticos.

## **9.3. NORMAS**

A normalização é um pacto através do qual fabricantes, consumidores, utentes e a Administração entram de acordo sobre as características técnicas que deverá reunir um produto. Relativamente à caixilharia em PVC, as normativas existentes podem constituir uma ajuda importante para melhorar a qualidade e competitividade do produto no mercado, permitindo constatar a qualidade e fiabilidade do produto.

**A nível internacional**, tem-se dois organismos encarregues da normalização: o CEI para a normalização electrotécnica e o ISO para os restantes produtos.

A ISO tem como finalidade a coordenação das normativas nacionais, assegurando que as normas se complementam em vez de se oporem.

A nível europeu, tem-se o CENELEC para produtos electrotécnicos e o CEN (Comité Europeu de Normalização) para os restantes produtos. Para todos os países que fazem parte do CEN, são aceites sem quaisquer tipos de reserva as normas europeias como normas portuguesas. Dentro do CEN, existem várias Comissões Técnicas que realizam a tarefa relativa a produtos concretos, das quais a CT33, com 6 subcomissões: janelas, portas, estores e persianas, ferragens e fechaduras, portas industriais, portas comerciais e de garagem e fachadas completas.

**A nível nacional**, Portugal integrando a CEN conta com o IPQ - Instituto Português de Qualidade que é o organismo de normalização. Existem assim, integradas na CEN, a WG1 para portas, a WG2 para janelas e a WG3 para cerramento de vãos. Das várias Comissões Técnicas existentes, tem-se a CT98 - Componentes de alumínio para a construção, onde estão integradas os seguintes Grupos de Trabalho: a GT1 - Janelas e portas, a GT2 - Fachadas cortina e a GT3 - Ferragens para edifícios.

Em 1988, foi aprovada a Directiva 'Produtos de Construção' pelo Conselho da Comunidade Europeia. A partir desta Directiva, foram criadas as Normas Harmonizadas Europeias, bem como a obrigatoriedade da Marca CE para que os produtos de construção possam circular no espaço comunitário.

A marca CE é conseguida provando a conformidade com as normas harmonizadas ou nacionais reconhecidas. Os sistemas de certificação da marca CE são dois:

- declaração CE de conformidade, quando não for necessária a intervenção continuada de um organismo de certificação;

- certificado CE de conformidade, emitido por um Organismo autorizado.

### **Normas Portuguesas**

São as seguintes as Normas Portuguesas referentes a caixilharia:

- **NP 2336:1998** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de janelas. Ensaio mecânicos. Correspondência: EN 107: 1980;
- **NP 3700: 1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de janelas. Elaboração de relatórios de ensaio;
- **NP 2331:1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de portas. Medição dos defeitos de planeza geral das folhas das portas. Correspondência: EN 24:1974 MOD;
- **NP 2332:1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de portas. Medição das dimensões e dos defeitos da esquadria das folhas das portas. Correspondência: EN 25:1975 MOD;
- **NP 2336:1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de janelas. Ensaio mecânicos. Correspondência: EN 107:1980 MOD;
- **NP 2337:1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de portas. Ensaio de deformação da folha no seu plano. Correspondência: EN 108:1980 MOD;
- **NP 2336:1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de janelas. Ensaio mecânicos. Correspondência: EN 107:1980 MOD;
- **NP 2337:1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de portas. Ensaio de deformação da folha no seu plano. Correspondência: EN 108:1980 MOD;
- **NP 2337:1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de portas. Ensaio de deformação da folha no seu plano. Correspondência: EN 108:1980 MOD;
- **NP 3700:1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de janelas. Elaboração do relatório de ensaio. Correspondência: EN 78:1977 MOD;
- **NP 3701:1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de portas. Ensaio de deformação das folhas de portas por torção. Correspondência: EN 129:1984 MOD;
- **NP 3702:1988** (C 980 / CT 98): Métodos de ensaio de portas. Ensaio de rigidez das folhas das portas por torção repetida. Correspondência: EN 130:1984 MOD;
- **NP EN 951:2000** (C 980 / CT 98): Folhas de portas Método para medir a altura, a largura,

a espessura e verificar a esquadria. Correspondência: EN 951:1998 IDT;

- **NP EN 1670:2000** (C 980 / CT 98): Ferragens Resistência à corrosão Requisitos e métodos de ensaio. Correspondência: EN 1670:1998 IDT.

## **Normas Europeias**

São as seguintes as Normas Europeia referentes a caixilharia:

- **EN 179** Ferragens para a edificação. Dispositivos de emergência accionados por manete ou puxador para saídas de emergência. Requisitos e métodos de ensaio;
- **EN 410** Vidro para a edificação. Determinação das características luminosas e solares dos vidros;
- **EN 477** Perfis de policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U) para a fabricação de janelas e portas. Determinação da resistência ao impacto dos perfis principais;
- **EN 478** Perfis de policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U) para a fabricação de janelas e portas. Aspecto após a exposição a 150 °C. Método de ensaio;
- **EN 479** Perfis de policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U) para a fabricação de janelas e portas. Determinação da contracção térmica;
- **EN 513** Perfis de policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U) para a fabricação de janelas e portas. Determinação da resistência ao envelhecimento artificial;
- **EN 572** Vidro para a edificação. Produtos básicos de vidro. Vidro de silicato sodocálcico; Parte 1: Definições e propriedades físicas gerais e mecânicas; Parte 2: Vidro plano; Parte 3: Vidro armado polido; Parte 4: Vidro estirado; Parte 5: Vidro impresso; Parte 6: Vidro impresso armado; Parte 7: Vidro de perfil em U, armado ou sem armar;
- **EN 673** Vidro para a edificação. Determinação da transmissão térmica (Valor U). Método de cálculo;
- **EN 674** Vidro para a edificação. Determinação da transmissão térmica (Valor U). Método de placa quente guardada;
- **EN 675** Vidro para a edificação. Determinação da transmissão térmica (Valor U). Método de medida do fluxo de calor;
- **EN 947** Portas de batente ou pivotantes. Determinação da Resistência a uma carga vertical;

- **EN 948** Resistência à torsão estática. Método de ensaio. Portas com dobradiças ou pivotantes;
- **EN 949** Portas com dobradiças, pivotantes ou deslizantes. Determinação da Resistência ao impacto de um corpo brando e duro;
- **EN 950** Resistência ao impacto de um corpo duro. Método de ensaio. Folhas de porta;
- **EN 951** Folhas de porta. Método de medida: Altura, largura, espessura e esquadria;
- **EN 952** Folhas de porta. Planimetria geral e local. Método de medida;
- **EN 1036** Vidro para a edificação. Espelhos de vidro plano prateado para uso interno;
- **EN 1096-1** Vidro para a edificação. Vidro de capa. Parte 1: Definições e classificação;
- **EN 1125** Ferragens para a edificação. Dispositivos antipânico para saídas de emergência activadas por uma barra horizontal. Requisitos e métodos de ensaio;
- **EN 1154** Ferragens para a edificação. Dispositivos de fecho controlado de portas. Requisitos e métodos de ensaio;
- **EN 1155** Ferragens para a edificação. Dispositivos de retenção electromagnética para portas de batente. Requisitos e métodos de ensaio;
- **EN 1158** Ferragens para a edificação. Dispositivos de coordenação de portas. Requisitos e métodos de ensaio;
- **EN 1192** Janelas e portas. Resistência mecânica. Requisitos e classificação;
- **EN 1303** Ferragens para a edificação. Cilindros para fechaduras. Requisitos e métodos de ensaio;
- **EN 1522** Janelas, portas e estores. Resistência à bala. Requisitos e classificação;
- **EN 1523** Janelas, portas e estores. Resistência à bala. Método de ensaio;
- **EN 1527** Ferragens para a edificação. Ferragens portas deslizantes e de fole. Requisitos e métodos de ensaio;
- **EN 1529** Folhas de porta. Altura, largura, espessura e esquadria. Classes de tolerância;
- **EN 1530** Folhas de porta. Planimetria geral e local. Classes de tolerância;
- **ENV 1627** Janelas, portas e estores. Resistência à refração. Requisitos e classificação;
- **ENV 1628** Janelas, portas e estores. Resistência à refração. Resistência sob carga estática. Método de ensaio;
- **ENV 1629** Janelas, portas e estores. Resistência à refração. Resistência sob carga dinâmica. Método de ensaio;

- **ENV 1630** Janelas, portas e estores. Resistência à refração. Intervenção humana. Método de ensaio;
- **EN 1670** Ferragens para a edificação. Resistência à corrosão. Requisitos e métodos de ensaio;
- **EN 1748** Vidro para a edificação. Produtos básicos especiais; Parte 1: Vidros borossilicatados; Parte 2: Vitrocerâmicos;
- **EN 12051** Ferragens para a edificação. Ferrolhos para portas e janelas . Requisitos e métodos de ensaio;
- **EN 12154** Fachadas ligeiras. Estanqueidade à água. Requisitos e classificação;
- **EN 12207** Janelas e portas. Permeabilidade ao ar. Classificação;
- **EN 12208** Janelas e portas. Estanqueidade à água. Classificação;
- **EN 12210** Janelas e portas. Resistência às acções do vento. Classificação;
- **EN 12219** Portas. Influências climáticas. Requisitos e classificação;
- **EN 12433-1** Portas industriais, comerciais e de garagem. Terminologia; Parte 1: Tipos de portas; Parte 2: Componentes de portas;
- **EN ISO 12543** Vidro para a edificação. Vidro laminado e vidro laminado de segurança; Parte 1: Definições e descrição dos componentes; Parte 2: Vidro laminado de segurança; Parte 3: Vidro laminado; Parte 4: Métodos de ensaio de durabilidade; Parte 5: Dimensões e acabamento dos bordos; Parte 6: Aspecto;
- **EN 13527** Estores. Forças de funcionamento. Métodos de ensaio;
- **prEN 514** Perfis de PVC para a fabricação de janelas e portas. Determinação da resistência da soldadura de esquinas e juntas T;
- **prEN 1026** Janelas e portas. Permeabilidade ao ar. Método de ensaio;
- **prEN 1027** Janelas e portas. Estanqueidade à água. Método de ensaio;
- **prEN 12211** Janelas e portas. Resistência às acções do vento. Método de ensaio;
- **prENV 13420** Janelas. Comportamento entre diferentes ambientes. Método de ensaio;
- **prEN 1191** Janelas e portas. Resistência a aberturas e fecho repetidos. Método de ensaio;
- **prEN ISO 10077** Janelas e portas. Prestações térmicas. Cálculo da transmissão térmica. Parte 1: Método simplificado;
- **prEN 12046-1** Janelas. Forças de funcionamento. Parte 1: Métodos de ensaio;
- **prEN 12400** Janelas e portas. Durabilidade mecânica. Requisitos e classificação;

- **prEN 12519** Janelas e portas. Terminologia;
- **prEN 12608** Perfis de PVC para a fabricação de janelas. Requisitos e métodos de ensaio. Parte 1: classificação;
- **prEN 13049** Janelas. Impacto de um corpo brando e duro. Método de ensaio. Requisitos de segurança e classificação;
- **prEN 13115** Janelas. Classificação de resistência;
- **prEN 13123-1** Janelas, portas e estores. Resistência à explosão. Requisitos e classificação. Parte 1: Tubo de impacto;
- **prEN 13124-1** Janelas, portas e estores. Resistência à explosão. Método de ensaio. Parte 1: Tubo de impacto.

#### **Marcas de qualidade** (Fig. 107)

A Marca de Produto Certificado (IPQ) foi criada pelo Decreto-Lei 184/93, DR I Série 116 de 19.05.1993. Poderá ser aposta em produtos certificados pelo IPQ, com base em ensaios e auditorias ao sistema da qualidade implantado na empresa (iniciais e de acompanhamento). Esta marca pode dar acesso a marcas idênticas de outros países quando existirem acordos de reconhecimento mútuo ou se evidenciar equivalência dos requisitos técnicos.



Fig. 107 - À esquerda, Marca CE e, à direita, Marca de Produto Certificado pelo IPQ

Existe ainda a Marca de Qualidade LNEC em Empreendimentos da Construção.

## 10. PATOLOGIA

### 10.1. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

A **observação visual** é o método mais utilizado. É observado o estado de degradação dos vários elementos constituintes do caixilho para encontrar as causas das anomalias.

Com um **jacto de água** sobre as juntas exteriores dos caixilhos, pode-se detectar infiltrações, a sua localização e causa. Este método é bastante utilizado em obra depois da montagem de modo a poder-se verificar incorrecções que tenham a ver com esta ou defeitos do caixilho.

Os **ensaios** em laboratório só se justificam quando os caixilhos ainda não foram aplicados ou se se tratar de um grande número de vãos idênticos. Todos os caixilhos, caso não sejam homologados, deviam ser sujeitos a estes ensaios (Fig. 108) de modo a comprovar-se o seu bom funcionamento funcional e mecânico.



Fig. 108 - Ensaio de caixilharia no LNEC

### 10.2. PRINCIPAIS ANOMALIAS E SUAS CAUSAS

Lista-se de seguida as principais anomalias verificadas em cada tipo de caixilharia (associadas ao material em que são fabricadas) e outras que se apresentam de uma forma generalizada.

Assim, nas caixilharias de madeira, ocorrem as seguintes anomalias:

- **degradação do acabamento dos perfis** (Fig. 109): acabamento inadequado; envelhecimento por falta de manutenção;
- **empenos, rachas e folgas**: folgas desadequadas às retracções e dilatações do material; caixilho fabricado com um teor de humidade muito baixo ou muito alto;
- **humidade (com descoloração, erosão, apodrecimento e/ou desintegração da superfície)** (Fig. 110, à esquerda): por condensações ou entupimento dos furos de escoamento
- **degradação da madeira**: apodrecimento (fungos de podridão - seca ou húmida) (Fig. 110, à direita) ou ataque de xilófagos (carunchos e térmitas) (Fig. 111, à esquerda);
- **corrosão das ferragens** (Fig. 111, à direita).



Fig. 109 - Degradação de caixilharias de madeira: à esquerda, pintura desgastada, ao centro, envelhecimento acentuado e, à direita, tinta empolada



Fig. 110 - Degradação de caixilharias de madeira: à esquerda, desintegração da superfície da madeira e, à direita, podridão seca

As caixilharias de madeira são muito sensíveis à sua localização (mais desfavorável nos caixilhos orientados a Sul e a Oeste) e à humidade seja esta de precipitação ou de condensação. A

humidade de condensação ocorre na superfície interior dos caixilhos, durante o Inverno, podendo escorrer e atingir a madeira seja dos aros ou das folhas acelerando o ataque por fungos e insectos. A falta de vedação pode ainda provocar anomalias no interior podendo haver escorrências pelas paredes, por baixo dos peitoris, e atingir os rodapés e os pavimentos.



Fig. 111 - Degradação de caixilharias de madeira: à esquerda, danos provocados pelo caruncho das mobílias e, à direita, oxidação de ferragens

Nas caixilharias de alumínio, ocorrem as seguintes anomalias:

- mau acabamento do material (Fig. 112, à esquerda) / má qualidade do material;
- corrosão por contacto com outros metais, rebocos, etc. ou por proximidade do mar (Fig. 112, à direita).



Fig. 112 - Degradação de caixilharias de alumínio: à esquerda, degradação da lacagem e, à direita, corrosão por proximidade do mar

Nas caixilharias de PVC, ocorrem as seguintes anomalias:

- **descoloração da cor do perfil pela acção dos UV:** escolha inadequada do acabamento do perfil face à sua localização ou exposição;
- **ataque químico:** solventes clorados, aromáticos, acetona e tetrahidrofurânicos (THF) e alguns poluentes atmosféricos, tais como o sulfito de hidrogénio (H<sub>2</sub>S).

Nas caixilharias de aço, ocorrem as seguintes anomalias:

- **corrosão:** mau acabamento ou falta deste; falta de manutenção (Fig. 113, à esquerda).

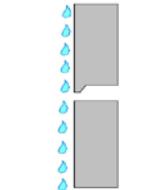
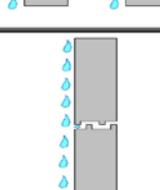
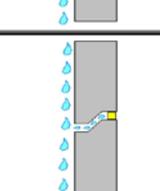
São as seguintes as anomalias comuns aos vários materiais de caixilharia:

- manifestações de humidade e infiltrações (perda de estanqueidade à água) (Quadro 13); estas podem ocorrer pelos cantos inferiores da caixilharia, pelo seu perímetro, pelo peitoril ou pelas soleiras (em varandas);
- condensações / bolores e/ou fungos (Fig. 113, ao centro);
- deficiente estanqueidade ao ar;
- enrugamento do perfil de borracha por aumento do comprimento ou por vulcanização (Fig. 113, à direita);
- deslocamento do perfil vedante por enrugamento (Fig. 114, à esquerda);
- empeno do bite de vedação por esmagamento;



Fig. 113 - À esquerda, corrosão de caixilharia de aço por falta de manutenção, ao centro, aparecimento de fungos e bolores e, à direita, borracha ressequida

Quadro 13 - Fenómenos da infiltração de água nas juntas

	FENÓMENOS		POSSÍVEIS SOLUÇÕES	
<b>FORÇA DA GRAVIDADE</b>		caimento da junta favorável a infiltração de água de chuva pelo seu peso próprio.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• inverter o caimento da junta;</li> <li>• criar barreira interna para que a água retorne para o exterior.</li> </ul>
<b>TENSÃO SUPERFICIAL</b>		a água da chuva que vem escorrendo pela face, infiltra contornando-a e entrando pela junta.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• acrescentar pingadeira.</li> </ul>
<b>CAPILARIDADE</b>		largura menor que 0,5 mm cria condições favoráveis à ocorrência do fenómeno da capilaridade, permitindo a infiltração de água.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• prever um "bolsão" para captar a água;</li> <li>• aumentar a largura da junta.</li> </ul>
<b>ENERGIA CINÉTICA</b>		a força do vento e sua energia cinética podem carrear a água para dentro da junta.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• prever barreira para reduzir a velocidade do vento.</li> </ul>
<b>DIFERENÇA DE PRESSÃO</b>		a pressão externa maior que a interna favorece a infiltração de água.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• eliminar a diferença entre a pressão externa e a interna.</li> </ul>

- parafusos oxidados (Fig. 114, ao centro) e desaprumados;
- empenos ou deslocamento da folha;
- alteração dimensional do caixilho (Fig. 114, à direita);
- vidros partidos;
- mástiques mal aplicados, soltos, danificados (Fig. 115) ou mal limpos.

São as seguintes as principais causas das anomalias encontradas em caixilharias:



Fig. 114 - À esquerda, deslocamento do vedante, ao centro, parafuso oxidado e, à direita, porta encravada por dilatação do caixilho

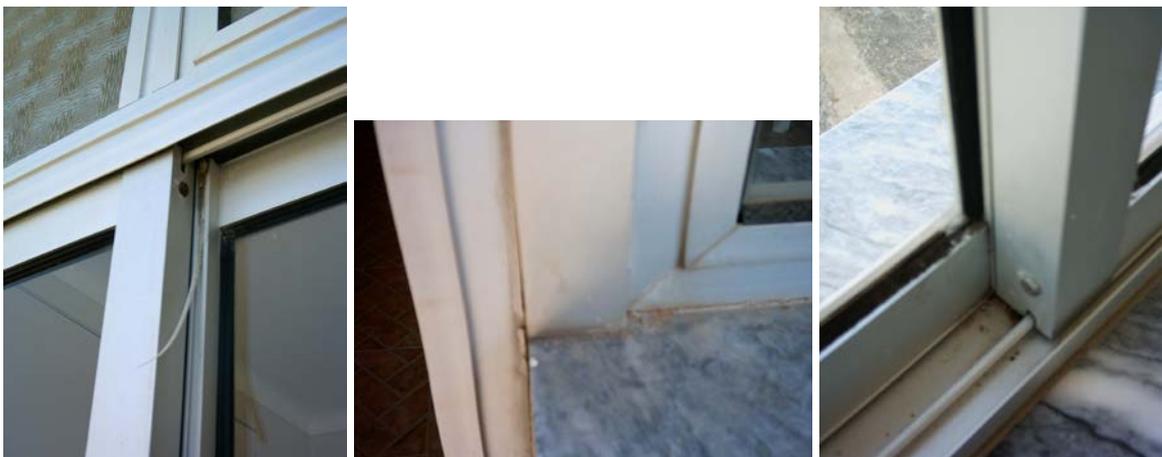


Fig. 115 - Selantes soltos, danificados ou mal colocados

- concepção deficiente para a acção do vento;
- escolha desadequada do perfil, dos materiais, da geometria ou do sistema do caixilho em função do vão;
- má pormenorização do caixilho (Fig. 116);
- má execução do caixilho / defeito do caixilho;
- má montagem do caixilho (Fig. 117);
- má aplicação / fixação dos aros nos vãos;
- má interligação entre os perfis ou entre o vidro e os aros;
- uso de vedantes / selantes inadequados (juntas dos caixilhos, entre estes e o vidro e entre os

aros e as guarnições) ou de má qualidade;

- folgas inapropriadas entre os materiais (exageradas ou insuficientes);
- má qualidade ou montagem inadequada das ferragens;
- falta de perfurações para escoamento da água no interior do perfil ou seu mau funcionamento por entupimento ou por inclinação reduzida;
- uso de materiais inadequados em contacto com a caixilharia;
- vulcanização dos vedantes / selantes (Fig. 113, à direita);
- mau comportamento do perfil face aos UV;
- agressividade do meio ambiente (chuva, radiação solar, ciclos seco / molhado, variações de temperatura, vento, proximidade do mar, cloretos, sulfatos e outros sais, agentes biológicos - fungos / bolores, plantas, xilófagos, aves, roedores);
- falta de manutenção.

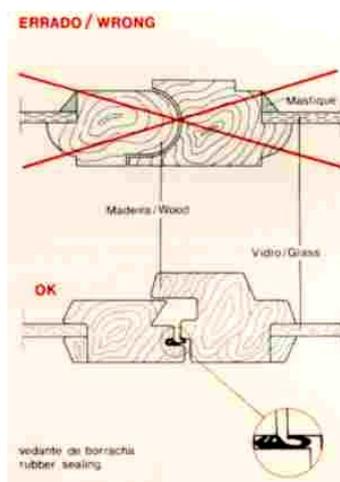


Fig. 116 - Pormenorização inadequada

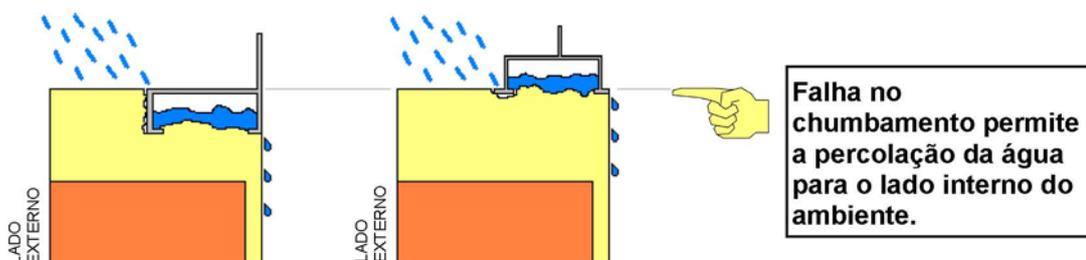


Fig. 117 - Falha de montagem da caixilharia (caracterizada pelo som cavo)

## 11. REABILITAÇÃO

Existem vários níveis de intervenção para prevenir e/ou reparar as anomalias. São enumerados de seguida e em que situações devem ser aplicados.

A **manutenção** e a **limpeza** dos caixilhos são a melhor forma de prevenir anomalias que advenham do uso e da acumulação de sujidade. Na caixilharia em madeira e de aço, a manutenção dos acabamentos é essencial para a sua durabilidade.

A **reparação ou substituição de elementos danificados** ocorre no caso de o problema incidir sobre elementos móveis (folhas, bites, borrachas vedantes de encaixe, ferragens), podendo estas peças ser substituídas, no caso de ainda existirem no mercado ou poderem ser fabricadas, mas, se houver um grande número de peças danificadas, pode ser mais económico substituir o caixilho por um novo. Os problemas de infiltração são resolvidos por nova selagem com mástique de silicone ou poliuretano, podendo obrigar a uma reformulação do peitoril ou da soleira quando estes estão na origem do problema (Fig. 118).

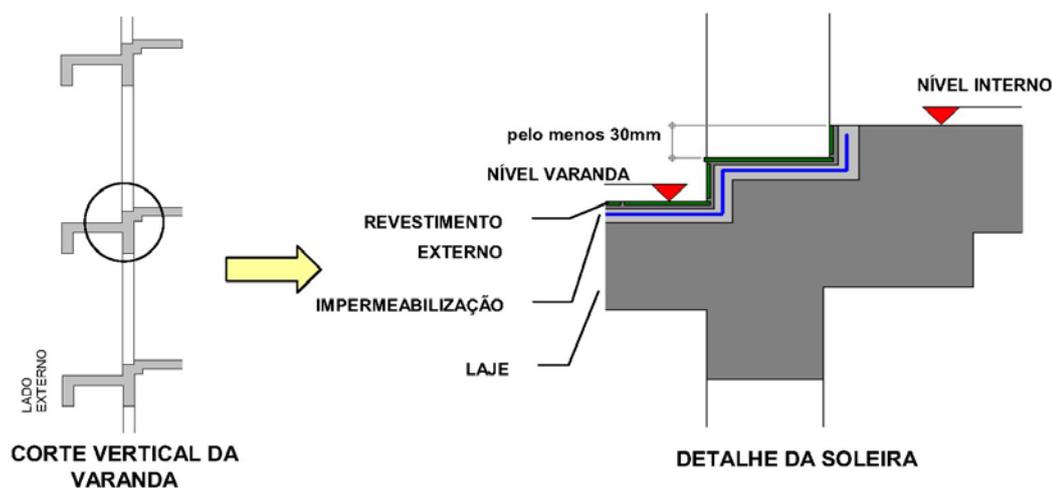


Fig. 118 - Soleira dos vãos de fachada e sua configuração recomendada

Recomenda-se a **substituição do caixilho** quando o caixilho se encontra bastante degradado, o problema seja da sua má execução ou o seu acabamento esteja em mau estado. Na maior parte das vezes, o preço de reparação seria superior ao preço de substituição (excepto para caixilharia em madeira). Na caixilharia de madeira, só se esta se encontrar em bastante mau

estado se deve recorrer à sua substituição; caso contrário, e se a janela tiver um bom desempenho funcional, recomenda-se a reabilitação do caixilho. Tal pode passar por substituir o elemento deteriorado, limpar os furos de drenagem, substituir a vedação dos vidros, fazer a vedação junto às ombreiras e peitoris, aplicar fungicida ou reparar o acabamento (passar à lixa 100; demão de velatura; demão de verniz; passar à lixa 120; demão de verniz).

Só faz sentido falar de reabilitação de caixilharia em relação à madeira. Nos outros materiais, a inovação tecnológica tem tido uma evolução tão rápida que aliada ao custo de uma possível reabilitação não justifica esta intervenção. A questão que se coloca é como reabilitar uma caixilharia com uma evolução tecnológica tão rápida no respectivo mercado (Fig. 119).



Fig. 119 - À esquerda, caixilho de alumínio com corte térmico de 2003 e, à direita, caixilho de alumínio dos anos 70

No caso da caixilharia em madeira, faz todo o sentido, especialmente em obras arquitectónicas de valor patrimonial onde é fundamental preservar a identidade histórica do edifício. A maior parte das vezes, usar os materiais e tecnologias existentes acaba por ser uma solução bastante mais cara a curto e longo prazo. Assim, nalguns casos, opta-se pelo uso de perfis de alumínio ou PVC (Fig. 120) que imitam os perfis de madeira tradicional. Esta situação é bastante frequente nos dias de hoje.



Fig. 120 - Reabilitação com PVC

## 12. BIBLIOGRAFIA

Nota: as referências bibliográficas indicadas de seguida não incluem as referidas no capítulo de introdução a este documento, assim como um número não especificado de *sites* da Internet e catálogos comerciais.

- [1] “Ventanas PVC”, ASEFAVE (Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas), Madrid, 1996.
- [2] “Controlo da Qualidade em Janelas”, LNEC, Lisboa, 1990.
- [3] José Manuel Mimoso, “Ensaio de Janelas, Sua Escolha Face à Utilização”, LNEC, Lisboa, 1988.
- [4] “Um Sistema Pericial de Apoio à Classificação de Janelas”, LNEC, Lisboa, 1989.
- [5] “Ensaio de Janelas”, LNEC, Lisboa, 1986.
- [6] João Carlos Viegas e A. J. Oliveira Braz, “Qualificação de Componentes de Edifícios, Selecção de Janelas em Função da Sua Exposição”, ICT 36, LNEC, Lisboa, 1994.
- [7] José Manuel Mimoso, “Estanqueidade à Chuva em Caixilharia de Alumínio”, LNEC, ITE 22, Lisboa, 1989.
- [8] “Concepção, Dimensionamento e Fabricação de Caixilharia de Alumínio”, Curso de Especialização, LNEC, Lisboa, 2003.
- [9] A. J. Oliveira Braz, “Tecnologia da Aplicação de Chapa de Vidro em Edifícios”, LNEC, Lisboa, 1980.
- [10] “Caixilharias - Construção Determina Material”, Arte & Construção, Fev. 1995.
- [11] “Caixilharias - Um Mercado Dinâmico”, Arte & Construção, Abr. 1996.
- [12] João Ferreira Gomes, “Controlo de Qualidade na Instalação de Caixilharia em PVC”, Monografia apresentada no 12º Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2003.
- [13] João Appleton, “Reabilitação de Edifícios Antigos. Patologias e Tecnologias de Intervenção”, Edições Orion, Lisboa, 2003
- [14] Vítor Sousa, Telmo Dias Pereira e Jorge de Brito, “Patologias Não Estruturais do Palácio Nacional de Sintra - Anomalias em Caixilharias de Madeira”, 3º Encore (Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios), LNEC, Lisboa, 2003.

- [15] Heinrich Schmitt e Andreas Heene, „Tratado de Construcción”, GG, Madrid, 1998.
- [16] “Manual Técnico de Caixilhos / Janelas: Aço / Alumínio / Madeira / PVC / Acessórios / Juntas e Materiais de Vedação”, ABCI, Editora Pini, São Paulo, 2001.
- [17] “Ensaio de Janelas sobre a Qualidade da Caixilharia de Alumínio Ensaída no LNEC”, LNEC, Lisboa, 1989.
- [18] “Estanqueidade à Chuva em Caixilharia de Correr - Janelas de Correr”, LNEC, Lisboa, 1988.
- [19] Armando Pinto, “Reabilitação de Caixilharia. Melhoria das Características de Comportamento Térmico”, 3º Encore (Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios), LNEC, Lisboa, 2003.
- [20] António Moret Rodrigues, “Elementos sobre janelas”, Texto de Apoio da disciplina de Edificações II no Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- [21] Vasco de Freitas e Marília Sousa, “Patologia da Construção. Um Catálogo”, 2<sup>nd</sup> International Symposium on Building Pathology, Durability and Rehabilitation, Lisboa, 2004.
- [22] Marson Toshiyo Iizuka, “Instalação de Esquadrias de Alumínio: Prática e Inovação”, São Paulo, 2001.
- [23] António Moret Rodrigues, “Reabilitação Térmica de Edifícios, Mestrado em Construção, IST, Lisboa, 2005.
- [24] João Carlos Viegas et al., “Anomalias Construtivas em Caixilharia Exterior: Aprendendo com as suas Causas”, LNEC, Lisboa.
- [25] Rui Calejo Rodrigues, Peter Westcot, “Sistema Pericial de Apoio ao Diagnóstico de Patologias em Edifícios”, Patorreb 2003, Porto, 2003.
- [26] Reis Cabrita, José Aguiar e João Appleton, “Manual de Apoio à Reabilitação dos Edifícios do Bairro Alto”, CML / LNEC, Lisboa, 1992.
- [27] Vítor Córias Silva, “Guia Prático para a Conservação de Imóveis”, Dom Quixote, Lisboa, 2004.
- [28] Gabriela de Barbosa Teixeira e Margarida da Cunha Belém, “Técnicas tradicionais de Construção”, CRAT - Centro Regional de Artes Tradicionais, Porto, 1998.
- [29] “Guide Technique UEAtc pour l’Agrément des Fenêtres avec Profils Métalliques à Performances thermiques Améliorées”, 1989.
- [30] “Directivas Comuns UEAtc para Homologação de Janelas”, 1976.