

# CAIXILHARIA DE ALUMÍNIO

Eng<sup>a</sup> Sara Verdelho

## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo pretende-se fazer uma caracterização das caixilharias metálicas, com especial atenção para as de alumínio, por serem as mais correntemente usadas no nosso país. Pretende-se descrever o processo de obtenção do alumínio e seus perfis, as principais características dos mesmos e a sua capacidade de resposta às exigências funcionais que se lhe impõe. Pretendem-se listar as principais disposições a cumprir na sua montagem e colocação em obra e as medidas a tomar para a sua limpeza e manutenção.

## 2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS PERFIS DE ALUMÍNIO

### 2.1. O Alumínio – Características

O Alumínio é um metal não ferroso abundante no planeta estando, a seguir ao ferro, entre os metais de maior consumo no mundo. Por ser um metal muito leve, dúctil e resistente, apresenta vantagens nas suas aplicações justificando a expectativa do aumento da sua produção devido à variedade de usos a que se presta e aos bons resultados da sua utilização. As suas principais aplicações são nas áreas da indústria eléctrica, mecânica, metalúrgica e construção civil, entre outras.

O mineral de alumínio mais utilizado é a bauxite natural, que contém cerca de 50 a 60% de alumina que se encontra misturada com o óxido férrico e por vezes com a sílica. O alumínio obtém-se, assim, a partir da bauxite, após a fusão e por processo de electrólise.

As principais características do alumínio são:

- densidade no estado sólido 2.7 g/cm<sup>3</sup>;
- fraca resistência eléctrica;
- elevada condutibilidade térmica;
- elevado coeficiente de dilatação térmica ( $23.8 \times 10^{-6}$  mm/°C);
- baixo módulo de elasticidade (69000 Mpa);
- temperatura de fusão = 658 °C;
- reduzida massa volúmica;
- boa resistência à corrosão atmosférica;
- elevado poder reflector.

Para melhorar certas propriedades do alumínio, ele é misturado com outros metais criando ligas metálicas que fornecem amplas combinações de resistência mecânica, ductilidade, condutividade eléctrica e resistência à corrosão. Como é óbvio, em cada uma das ligas metálicas não se podem combinar as propriedades óptimas para cada aplicação sendo portanto necessário conhecer as vantagens e limitações de cada liga para poder fazer a melhor selecção.

## 2.2. Processo de Obtenção do Alumínio

O processo de obtenção do alumínio consiste basicamente na extracção da alumina a partir da bauxite a qual é posteriormente transformada em alumínio por processo de redução.

Durante este processo ocorrem uma série de reacções químicas. A própria bauxite – minério do qual se extrai a alumina e o alumínio – é formada por reacção química natural, causada pela infiltração de água em rochas alcalinas que entram assim em decomposição e adquirem uma nova constituição química. A bauxite encontra-se próxima da superfície, numa camada de espessura média de 4,5 metros, o que possibilita a sua extracção a céu aberto com a utilização de retro escavadoras. Depois de extraída, a bauxite é transportada para a fábrica, onde chega no seu estado natural, com impurezas que precisam ser eliminadas. A bauxite é moída e misturada em solução de soda cáustica que se transforma em pasta. Aquecida sobre pressão e após receber nova adição de soda cáustica, esta pasta dissolve-se formando uma solução que passa, em seguida, por processos de sedimentação e filtragem que eliminam todas as impurezas. A alumina contida na solução precipita-se através do processo chamado de "cristalização por semente".

Esse material cristalizado necessita apenas ser lavado e seco através de aquecimento para que tenhamos o primeiro produto do processo de produção de alumínio: a alumina, um pó branco e refinado de consistência semelhante ao açúcar.

Em seguida é necessário retirar toda a água que faz parte da composição da alumina. O alumínio é, em seguida, obtido através da alumina por redução do oxigénio fazendo passar pela alumina corrente eléctrica, operação que decorre em grandes fornos chamados cubas. À passagem de corrente a alumina precipita para o fundo do forno sendo aspirada por sifões que transportam material líquido e quente para ser purificado e tratado de acordo com a utilização prevista.

Ainda em estado líquido, o alumínio é colocado em moldes e sujeito a arrefecimento até solidificar sobre a forma de billetes. Estes tomam a forma necessária para a produção de diferentes objectos, de acordo com as possíveis aplicações do material.

### 2.3. Processo de Obtenção dos Perfis

Os billetes de alumínio são encaminhados para uma prensa onde lhes é aplicada uma força muito elevada. São então aquecidos até aproximadamente 450°C tornando-se assim maleáveis. Em seguida, são empurrados contra um bloco furado de aço, a **matriz**, até à passagem do material para o outro lado, processo que recebe o nome de **extrusão**. É nesta fase que decorre o processo denominado por têmpera ao ar consolidando-se a massa assim obtida, o **perfil**. Após a obtenção dos perfis eles passam por outras fases de tratamento sendo as mais importantes o **esticamento** e o **endurecimento**.

O **esticamento** é um processo a frio e permite um aumento de comprimento de cerca de 2% no qual se efectuam eventuais correcções nos casos em que os perfis tenham ficado torcidos na fase de extrusão.

O **endurecimento** é levado a cabo em forno aquecido à temperatura de 180°C durante um período de tempo de cerca de 4 horas, num processo de envelhecimento acelerado e controlado.

### 2.4. Tratamentos de Superfície

Uma das mais importantes fases no processo de fabrico de perfis de alumínio destinados à produção de caixilharias é a do tratamento da superfície, uma vez que permite obter uma gama de produtos diferentes dentro dos caixilhos de alumínio e garantir ao material uma camada protectora face aos agentes de degradação a que estará exposto ao longo da sua vida útil. Tendo o alumínio consideráveis vantagens sobre quase todos os outros metais é necessário um bom tratamento superficial para poder usufruir desses benefícios.

Os procedimentos habituais para melhorar a resistência à corrosão do alumínio e mesmo a sua aparência são semelhantes aos aplicáveis aos outros metais, e são eles tratamentos mecânicos, como o polimento, tratamentos químicos para limpar a superfície, aplicações de pintura, e tratamentos electroquímicos, que produzem um aumento artificial da espessura da capa de óxido, conhecidos normalmente como **anodização**.

#### 2.4.1. Tratamento Térmico

O tratamento térmico aplicado em ligas de alumínio é um tratamento em solução destinado a aumentar a resistência térmica e endurecer as ligas. Este procedimento engloba as fases de aquecimento, estabilização, eliminação de tensões e homogeneização.

O tratamento térmico em solução consiste assim em aquecer o metal o mais rapidamente possível a uma determinada temperatura, mantendo-o a essa temperatura por um tempo especificado, processando-se depois o arrefecimento de forma rápida. O tempo a que o material é mantido à temperatura para o tratamento térmico calcula-se a partir do primeiro

instante em que a parte mais fria da carga adquire o limite inferior da temperatura permitida. Para secções delgadas, tubos e lâminas, esse tempo corresponde ao tempo que o forno requer para recuperar a temperatura. Para secções grossas, o tempo deve determinar-se mediante experimentação usando pirómetros colocados no centro das placas de alumínio com a mesma espessura que a secção mais grossa. O arrefecimento mais adequado é por imersão total num tanque de água limpa a uma temperatura recomendada.

#### **2.4.2. Anodização**

A anodização é um processo científico de oxidação. Baseia-se no tratamento electroquímico dos perfis com o objectivo de criar artificialmente uma capa de alumina (óxido de alumínio), homogénea e de espessura variável (entre 10 e 25  $\mu\text{m}$ ). Esta capa de dureza apreciável, depois de tratada, torna-se impenetrável à maior parte dos agentes químicos, ao ar e à água.

Numa primeira fase os perfis passam por um banho de desengorduramento da superfície ao qual se segue o tratamento de anodização propriamente dito por passagem em banho de ácido sulfúrico. A camada criada pela anodização tem uma estrutura bastante porosa através da qual é possível colorar o alumínio anodizado, através de corantes inorgânicos (sais metálicos).

Na coloração inorgânica electrolítica, o sal metálico é atraído para o fundo dos poros, oferecendo maior solidez à luz e resistência à abrasão. Esta técnica confere ao alumínio cores estáveis, mesmo quando empregado em situações onde os agentes de oxidação externos são rigorosos, como nos casos de cidades no litoral, ambientes industriais ou quando submetido a agressivas intempéries. As cores variam de acordo com a quantidade de sal empregado.

Em seguida os perfis são emersos numa tina com água a ferver onde durante um período de tempo sensivelmente igual ao da anodização é feita a selagem dos poros, numa operação denominada por *colmatagem*. A selagem dos poros ocorre pela hidratação da alumina, que impede a penetração da corrosão atmosférica uma vez que se obtém uma camada com espessura na faixa de 10 a 15  $\mu\text{m}$ .

Relativamente a texturas e acabamentos podemos modificar a superfície metálica através dos processos de acetinagem (aspecto mate), escovamento (aspecto riscado) ou polimento (aspecto brilhante). Deste modo obtêm-se diferentes graus de rugosidade da superfície e diferentes efeitos de acabamentos visuais.

A norma NF P24 – 351 indica valores para a espessura da anodização de acordo com a atmosfera a que o caixilho está exposto. Assim, para as atmosferas urbanas, industriais ou mistas, deve reter-se uma espessura média de 15  $\mu\text{m}$ , enquanto que para atmosferas mistas, deve reter-se uma espessura média de 20  $\mu\text{m}$ .

### **2.4.3. Lacagem**

O processo de tratamento da superfície mais recente, a *lacagem*, consiste na aplicação em estufa de uma tinta em pó (polímero à base de poliéster) que pode ser termoplástica ou termoendurecível. A aplicação da tinta é feita por projecção electrostática seguindo depois os perfis para a estufa de polimerização onde o pó vai fluir até fazer um filme contínuo e uniforme. A *Lacagem* permite um leque alargado de cores e texturas e as opções de acabamento usadas permitem obter lacados do tipo brilhante, metalizado, texturado com efeito madeira entre outros.

A pintura a pó apresenta boa resistência à luz solar e é recomendada sempre que se exija maior protecção contra raios ultravioleta. As tintas a pó são aplicadas ao alumínio pelo sistema electrolítico. O processo inicia-se com uma sequência de pré-tratamento em banho de imersão, seguido de secagem e aplicação do pó em cabines por pistolas automáticas, sendo o alumínio transportado até a estufa (tipo magazine) com tempo e temperatura pré-determinados. Neste processo obtêm-se espessuras na faixa de 45 a 110 µm.

### **2.5. Tratamentos de Superfície para Janelas em Aço**

No caso das janelas em aço a protecção consiste em, sobre a superfície do aço, dispor zinco fundido, depois de a superfície ter sido submetida a diversas operações como a projecção de limalha, projecção de areia, decapagem química entre outros.

Os perfis podem ser utilizados com ou sem pintura de acabamento. Nos casos de pintura sem acabamentos existem procedimentos como a metalização à pistola ou a imersão em zinco fundido a quente. Nos casos em que o tratamento de superfície comporta uma pintura de acabamento aplicada em fábrica essa pintura pode ser de acabamento por termolacagem ou pintura líquida com secagem ao ar.

Para restabelecer revestimentos danificados o tratamento a aplicar deve ser a metalização à pistola ou a aplicação de uma pintura rica em zinco.

## **3. PROPRIEDADES DOS CAIXILHOS EM ALUMÍNIO**

O uso de caixilhos de alumínio na construção tem vindo a aumentar devido às vantagens na sua utilização. Apresenta um período de vida útil longo sem grandes necessidades de manutenção, a razão entre a sua resistência e o seu peso muito elevada minimizando as cargas introduzidas na estrutura do edifício e facilitando operações de transporte, manuseio e montagem. Por outro lado o material permite uma grande flexibilidade de design, quer porque o processo de extrusão permite obter uma vasta gama de perfis e formas diferente, quer porque os tratamentos de superfície permitem obter um vasto conjunto de acabamentos diferentes.

A principal limitação à sua aplicação reside no facto de o alumínio ser um bom condutor de calor, dificuldade que pode ser ultrapassada pelo uso de barreiras térmicas em materiais isolantes, permitindo assim seja usado para produzir caixilharias com elevado grau de isolamento térmico.

### 3.1. Exigências de Desempenho

As exigências de desempenho aplicáveis aos caixilhos de alumínio são as correntemente aplicáveis a janelas de qualquer outro material. Atendendo às características particulares do material, algumas destas exigências assumem particular relevância para este material como as exigências de desempenho térmico, exigências de estanquidade à água e exigências de durabilidade e manutenção. Em seguida analisar-se-á o desempenho deste material perante estas exigências bem como as disposições a cumprir para assegurar o satisfatório cumprimento das mesmas.

#### 3.1.1. Desempenho Térmico

Tal como a maioria dos metais e ligas metálicas, o alumínio é um bom condutor de calor, o que, em aplicações como caixilharias, é prejudicial. Isto levou ao aparecimento de um tipo especial de caixilhos, os caixilhos com vedação térmica. Os caixilhos de alumínio termicamente melhorados são constituídos por dois semi-perfis de alumínio, um interior e outro exterior, unidos continuamente por duas peças de baixa condutibilidade, designada peças de corte térmico. A ligação mecânica entre os perfis de alumínio e as peças de corte térmico é efectuada pelo processo mecânico do abocardamento. Os perfis do sistema podem ser anodizados ou termolacados, antes ou depois da operação de abocardamento.

Na extrusão das peças de corte térmico os sistemas certificados em Portugal utilizam usualmente um polímero com base em poliamida 6.6 reforçada com fibra de vidro.

O seguinte quadro reúne as exigências de resistência mecânica a cumprir pelos perfis de alumínio termicamente melhorados e respectivos métodos de ensaio.

Características	Unidade	Método de Ensaio	Exigências
Resistência à tracção	N/mm	Guide Technique pour l'agrément des fenêtres avec profilés métalliques à performances thermique améliorées	≥ 100
Resistência ao corte	N/mm		≥ 35
Constante de elasticidade	N/mm <sup>2</sup>		≥ 35

Também as peças de corte térmico devem cumprir alguns requisitos:

Características	Unidade	Método de Ensaio	Exigências
Temperatura do ponto de fusão	°C	ISSO 3146 Método C	250 ±5
Determinação do teor de fibra de vidro	%	NP2216	25 ±3
Curva termogravimétrica	-	Análise termogravimétrica	Curva correspondente à do polímero poliamida 6.6

### 3.1.2. Estanquidade à Água

Uma das características de desempenho mais difíceis de assegurar no caso das janelas de alumínio é a estanquidade à água, para isso é necessário que o método de vedação seja eficaz.

No caso de **janelas de abrir** é aconselhável a utilização de uma só linha de vedação no batente interior. Entre o perfil fixo e móvel existe um espaço que serve como câmara de descompressão e que onde a pressão deve ser igual à pressão exterior. Para se conseguir esta igualdade de pressões de forma que a água não seja empurrada para o interior por efeito da pressão, deve existir uma passagem franca de ar do exterior para a câmara de descompressão. Nos casos correntes aconselha-se que a distância desta abertura seja superior a 3mm. A distância entre perfis na zona de colocação do vedante é função do mesmo e deve ser tal que lhe permita manter a eficácia até à máxima pressão a que se pretenda que a janela seja estanque.

As seguintes figuras mostram diferentes situações de como pode ser realizada a concordância entre as peças fixa e móvel de uma janela de batente, de forma a assegurar a eficaz drenagem da água.

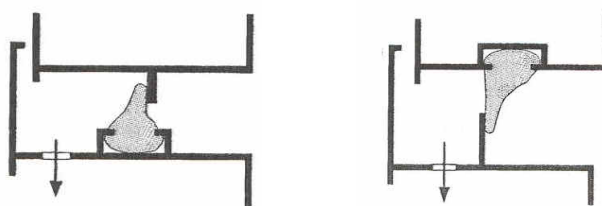


Fig. 1 – Tipos de concordâncias entre peças fixas e móveis de janelas de abrir

Relativamente aos perfis horizontais inferiores este tipo de vedação permite que a água se infiltre na chamada câmara de descompressão. O perfil horizontal recebe esta água e também a proveniente dos perfis verticais. Para evitar a entrada da água através da junta da face exterior utiliza-se um perfil complementar dito “pingadeira” que evita a penetração directa das

gotas e a infiltração por gravidade. A pingadeira deve cobrir a junta da forma mais eficaz possível e deve ter a forma indicada na figura, de modo a impedir que a água, impelida pelo vento, possa contornar a extremidade e deslocar-se em direção à junta pela face inferior da pingadeira.

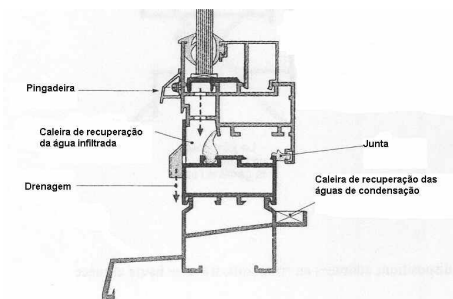


Fig. 2 – Corte de um perfil em zona de peitoril

Complementarmente a esta pingadeira o parapeito desempenha a função conduzir para o exterior as águas que até ele chegam. Ele pode ser saliente ou não, podendo tomar as formas a seguir descritas, devendo prever-se a existência de uma reentrância que permita afastar a água da superfície, fazendo-a pingar.

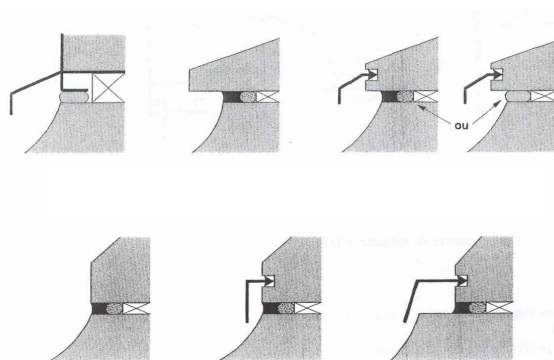


Fig. 3 – Exemplos de peitoris, salientes ou não

Para evitar que qualquer infiltração molhe o perfil de vedação a parte superior do peitoril deve formar uma calha de recolha. O perfil deve conter dois rasgos para escoamento vertical da água. Estes rasgos devem estar situados junto a cada canto da união com os montantes, de forma a dar saída imediata à água que caia dos elementos verticais. Os rasgos devem existir a toda a largura do parapeito e devem ter como base furos de diâmetro 8 mm. As infiltrações escoadas para o interior de perfil tubular do parapeito serão rejeitadas para o exterior através de rasgos existentes nas extremidades da base deste perfil. Deve ser excluída a possibilidade de a água contida no interior do perfil horizontal entrar em contacto com o reboco do enquadramento do vão, provocando infiltrações na alvenaria. Por isso, este perfil deve ser fechado nas extremidades por meio de tampas plásticas encaixadas à pressão e vedadas com mástique.



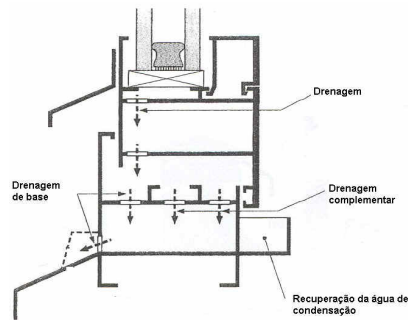


Fig. 4 – Exemplo de drenagem de perfil localizado em zona de peitoril

Por vezes no peitoril utiliza-se um perfil aberto e não tubular. Neste caso as infiltrações não poderão ser escoadas para baixo, uma vez que este caminho levaria a água ao contacto com as zonas do peitoril onde existem furos para fixação da janela o que implicaria possíveis infiltrações para o interior da alvenaria. Os rasgos serão neste caso abertos para a frente da janela e a, ou as nervuras da calha de recolha de água, a existirem, serão rasgadas de forma a permitir a comunicação de toda a largura da superfície do parapeito com os rasgos de escoamento.

Relativamente aos montantes, não é necessário cumprir quaisquer requisitos dimensionais específicos, devendo apresentar uma configuração semelhante à da figura.

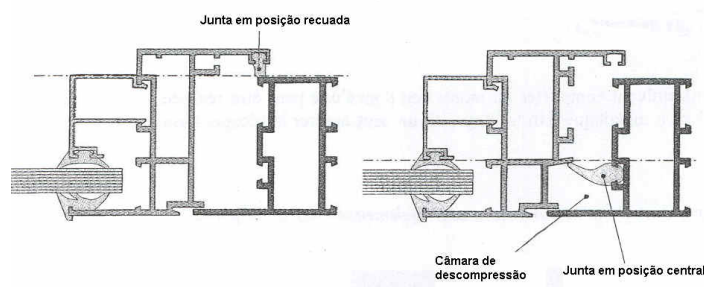


Fig. 5 – Cortes em perfis verticais

Estas disposições são igualmente aplicáveis aos perfis da zona do batente com a variação de se tratarem de dois perfis móveis. No caso particular de janelas de duas folhas existem necessariamente duas descontinuidades na vedação ao ar, nos remates superior e inferior da junta vertical central. É necessário que por estas juntas não se infiltre grande caudal de ar, caso contrário verificar-se-á infiltração de água nessas zonas. O perfil do peitoril deve assim possuir três rasgos para escoamento, com um rasgo central adicional para escoar a água infiltrada entre as duas folhas.

Para além das águas de infiltração é necessário assegurar também a recuperação das águas de condensação. As janelas devem, por esse motivo, comportar sobre toda a sua largura uma travessa de apoio de peitoril que para além de garantir a recuperação das águas permita a eficaz evacuação até ao exterior destas águas de infiltração, impedindo que elas possam caminhar em direcção ao interior, pelos dispositivos de fixação, por exemplo.

No caso das **janelas de correr** os vedantes correntemente utilizados são de pelúcia. Nas juntas horizontais superiores é relativamente fácil evitar a entrada da água uma vez que uma aba protege a junta da folha exterior enquanto a calha da folha exterior protege a junta da folha interior. A distância entre a dita aba e o perfil deve ser superior a 5 mm de forma a evitar um filme de água contínuo e a consequente penetração por pressão do vento.

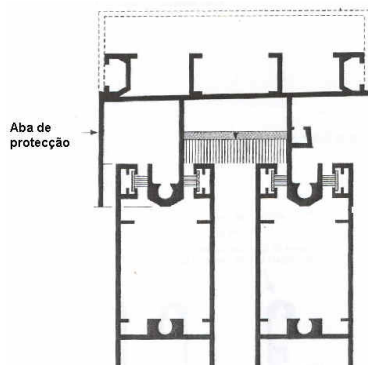


Fig. 6 – Corte de um perfil na zona da padieira

As juntas verticais entre cada folha e o aro vedam-se de maneira análoga às juntas horizontais superiores. O comprimento da aba de protecção deve ser razoável de forma a cobrir adequadamente a entrada da junta, e a abertura deve ser superior a 5 mm, de forma a evitar a formação de um filme contínuo de água e a consequente penetração por diferença de pressão. A junta vertical entre as duas folhas é a de mais difícil vedação. A junta deve incluir dois vedantes de pelúcia e um labirinto formado por extensões das couceiras das folhas. Todos os vedantes verticais em pelúcia têm tendência a cair sob acção do seu peso e das vibrações resultantes do movimento das folhas. Deve por isso ser previsto um sistema de imobilização que impeça o movimento vertical das pelúcias.

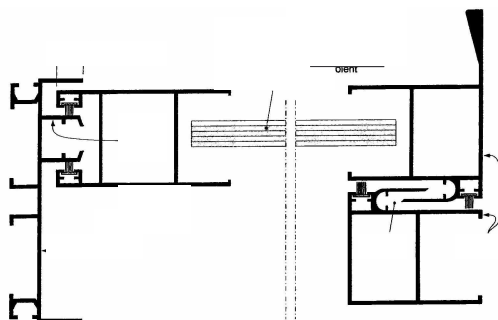


Fig. 7 – Corte de perfis verticais na zona de sobreposição

Finalmente quanto à junta entre as folhas e o perfil de peitoril esta fica relativamente bem protegida pela própria folha. Os mecanismos de rodagem devem ser em material plástico resistente, como nylon ou téflon, montados sobre suporte metálico. Estes são sempre colocados aos pares (simples ou duplos de acordo com o peso do caixilho), situados na direcção dos calços dos vidros se existirem, e devem ter um perfil que proporcione apoio total

de maneira a reduzir a pressão e assim o desgaste. As cargas admissíveis preconizadas pelo fabricante devem ser respeitadas com especial atenção para vidros isolantes que podem ter pesos significativos. Estes mecanismos devem ser desmontáveis sem que para isso seja necessário retirar o vidro, podendo ser fixos ou reguláveis.

Quanto à folha interior, neste caso a chuva incidente na superfície vai cair no espaço entre as duas calhas e tem que ser rapidamente escoada, o que acontece por intermédio de rasgos praticados na calha exterior. Esses rasgos devem ser três, um em cada extremo da zona da calha que recebe a água da chuva, e um terceiro no centro desta zona. Os rasgos devem ter 6 ou, de preferência, 8 mm de altura e pelo menos 25 mm de comprimento. A superfície do perfil deve ser inclinada para o exterior com uma inclinação de aproximadamente 1:20. Para garantir a estanquidade nas discontinuidades que ocorrem nas couceiras centrais das folhas deve recorrer-se a um calço relativamente baixo, provido de pelúcia alta contínua. A discontinuidade superior deve também ser coberta por um calço de vedação que simultaneamente impedirá o arrombamento por desmontagem das folhas. Apesar destes cuidados é necessário prever a ocorrência de eventuais infiltrações de água para o interior, as quais devem ser recolhidas no parapeito. A figura mostra um perfil de parapeito tubular com as calhas de rolamento das folhas e respectivo esquema de drenagem.

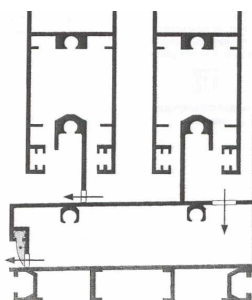


Fig. 8 – Corte de perfil localizado na zona do peitoril

### 3.1.3. Manutenção e Limpeza

A única manutenção recomendada para caixilharias de alumínio pintadas é a limpeza. Deve evitar-se a utilização de produtos abrasivos e utilizar sempre soluções de sabão neutro, aplicado com esponja macia, secando seguidamente com pano ou camurça. Para retirar poeiras mais aderentes, podem ser utilizados abrasivos macios, como massa abrasiva. O uso de sabão em pó não é aconselhável, por se tratar de um produto alcalino. Em zonas de agressividade alta, tais como marítima (cloro) e industrial (enxofre), a deterioração da camada anódica vai depender do nível de limpeza da superfície anodizada, uma vez que esta ocorre como resultado da deposição de partículas de material e subsequente ataque da humidade contaminada por compostos de enxofre ou cloro. Nestes casos a limpeza deverá ser feita mais frequentemente em intervalos de um a seis meses.

É igualmente aconselhável a aplicação, com regularidade, de óleo fino em dobradiças, fechaduras e outros elementos móveis. No caso de peças com pintura electrostáticas, é aconselhável por uma pequena quantidade de produto para dar lustro aos móveis na água com sabão neutro que será usado na limpeza uma vez que dá brilho e protege a pintura.

#### **4. EXIGÊNCIAS NORMATIVAS**

A normalização portuguesa nesta matéria é relativamente escassa sendo de mencionar apenas a norma NP 2336 – “Métodos de ensaios de janelas – ensaios mecânicos”.

Existe no entanto um vasto número de normas sobre este assunto, nomeadamente em França. Nelas se estabelecem quais as exigências aplicáveis aos materiais e acessórios, as suas condições de fabrico, dimensões e tolerâncias, a saber:

- NF P24–301 – «Spécifications techniques des fenêtres, portes-fenêtres et chassis fixes métalliques» ;

- NF P24–351 «Protection contre la corrosion et préservation des états de surface des fenêtres et portes-fenêtres métalliques» ;

Quanto às exigências de desempenho relativas à permeabilidade ao ar, estanquidade à água e às características mecânicas devem observar-se as normas:

- NF – P20 – 501 «Méthodes d’essais de fenêtres» ;

- NF – P20 – 302 «Caractéristiques des fenêtres» ;

Existem outras normas a cumprir tendo em conta o tipo de material que está a ser usado. A natureza do aço deve estar conforme a norma NF EN10-025, enquanto os perfis em aço inoxidável devem estar de acordo com a norma NF EN10-088-2. Caso se trate de perfis em ligas de alumínio, as ligas são geralmente da série 6000 e as suas características devem estar conforme a norma NF A50 – 411. Os perfis em ligas de alumínio podem receber tratamentos de superfície conforme a norma NF P24 – 351.

Para além destas normas as DTU 36.1/37.1 «Choix des fenêtres en fonction de leur exposition – Mémento pour les maîtres d’oeuvre» fornecem um conjunto de indicações de carácter prático que permitem guiar os responsáveis pela aplicação em obra deste tipo de janelas, tendo em conta a sua localização e exposição ao vento.

## **5. FABRICO DO CAIXILHO**

### **5.1. Perfis Flexíveis para Juntas de Estanquidade**

São perfis extrudidos colocados quer no caixilho, entre este e o vidro, quer em junta perfilada para garantir a estanquidade ao ar entre zona a zona móvel e a zona fixa.

As juntas entre o caixilho e o vidro devem ser obrigatoriamente à base de borracha, como EPDM e devem estar de acordo com as normas NF P85-301 e NF P24-301 e a DTU 39.

Quanto às juntas entre zona móvel e fixa e tendo em conta que ocupam posições protegidas elas podem ser realizadas em outros materiais para além da borracha, desde que o seu comportamento seja conhecido. Podemos citar o PVC, de acordo com a norma NF P85-411, e os novos elastómeros termoplásticos (TPE).

Relativamente à sua colocação em obra há que ter em conta que elas devem ser colocadas nas ranhuras porta juntas sem ser necessário proceder à sua colagem sobre o suporte metálico, evitando que sejam esticadas durante a colocação. Quanto à garantia da estanquidade do ângulo a junta deve ser realizada por vulcanização ou colagem ou por utilização de um perfil contínuo na mudança de direcção.

### **5.2. Acessórios**

Para garantir um perfeito funcionamento dos caixilhos de alumínio, ao longo do tempo, é fundamental a atenção posta na escolha dos acessórios para que a durabilidade do componente não seja comprometida por estes elementos.

Na ligação dos perfis, depois de cortados e maquinados, usam-se acessórios que formam conjuntos mais ou menos complexos. A escolha desses acessórios, bem como de outros como as ferragens, puxadores e dobradiças deverá ser coerente com o tipo de funcionamento pretendido. Todos os acessórios deverão ser alumínio, aço inoxidável ou outro material apropriado à função e que não entre em corrosão com o alumínio. Deverão ser da mesma marca e série das caixilharias onde vão ser aplicadas e no caso de serem visíveis deverão ter o mesmo acabamento superficial dos caixilhos.

Estes elementos devem ser testados através de ensaios mecânicos específicos, como os previstos na norma NF P20 – 501 e avaliados à partir dos critérios mecânicos específicos mencionados na norma NF P20 – 3.

### **5.3. Fixação dos Perfis**

Os perfis a utilizar são adaptáveis em função da espessura do vidro devendo garantir-se que estes não podem rodar. A sua colocação e arrancamento devem ser de fácil execução. A fixação pode fazer-se por encaixe contínuo, que é o sistema mais eficaz, por suporte pontual através de agrafe ou por aparafusamento.

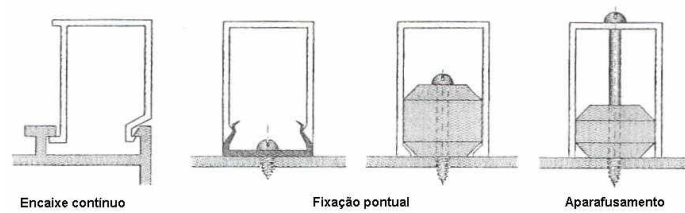


Fig. 9 – Tipos de fixação de perfis

Nos casos de fixação pontual o espaçamento entre os pontos de fixação deve ser da ordem dos 20 a 30 cm. É necessário ter em atenção a possibilidade de penetração de águas pelos elementos de aparafusamento, nomeadamente no caso de perfis tubulares em aço.

#### 5.4. – Colocação dos Vidros

A seguinte figura exemplifica como deve ser colocado o vidro no perfil inferior, considerando as situações de junta em U que cobre todo o perímetro ou de duas juntas com recurso a calço para o vidro.

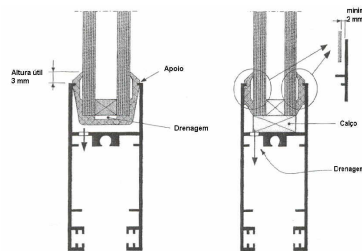


Fig. 10 – Esquema de apoio do vidro com junta em U ou com duas juntas

As juntas perfiladas em U não devem ser interrompidas nos ângulos e para isso a emenda deve fazer-se, em geral, ao centro da travessa superior.

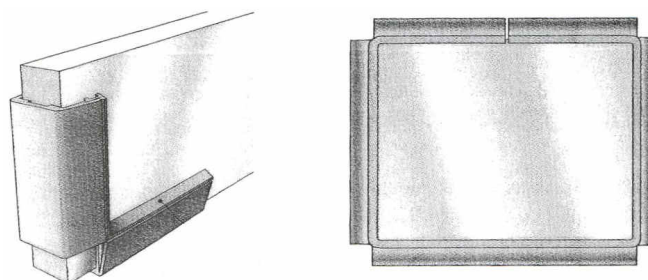


Fig. 11 – Exemplo de junta em U, nomeadamente na zona de descontinuidade

Nos casos em seja necessário recorrer a calços estes devem ser em PVC e devem localizar-se próximos dos cantos das folhas, distanciados destes aproximadamente de  $L/10$ , em que  $L$  é o comprimento da folha. Os calços devem ter largura suficiente para apoiar ambas as folhas de

vidro. No caso de janelas com corte térmico deve ainda assegurar-se que eles se apoiam apenas nos semiperfis de alumínio e nunca directamente nas peças de corte térmico. Nos casos em não se utilizem calços deve recorrer-se a suportes de junta como se vê nas figuras seguintes.



Fig. 12 – Junta impermeabilizante em ranhura (à esquerda) e junta impermeabilizante sobre saliência (à direita)

Na realização da junta perfilada em obra deve garantir-se que esta transborda do perfil e se une à face do vidro formando um enchimento. A altura deste enchimento não pode ser tida em conta para além de um limite de 3 mm, excepto sob a condição em que este se encontra apoiado por um tacão debaixo do perfil.

### 5.5. – Ligações entre Perfis

As ligações das janelas metálicas devem ser rígidas, estanques e bem niveladas, de acordo com a norma NF P24 – 301. Distinguem-se ligações com ângulos que asseguram juntas ortogonais entre perfis e as ligações rectas que asseguram uma junção linear entre perfis.

No que toca às ligações angulares elas podem ser soldadas, por esquadria, sem esquadro com corte recto ou em T ou cruz.

A ligação soldada é realizada essencialmente para janelas em aço. A soldagem assegura a estanquidade dos ângulos.

Este tipo de ligação quando aplicado a perfis de alumínio implica que estes tenham sido previamente protegidos contra a corrosão. A protecção necessita ser retomada em todas as faces em que possa ter sido alterada, após concluído o processo de soldadura.

A ligação por esquadria pratica-se com perfis da mesma secção, geralmente em alumínio mas por vezes em aço. Depois do corte a 45° uma asa de esquadria é introduzida nos dois perfis de forma a colocá-los unidos. Em seguida dispõe-se sobre as peças um produto de estanquidade do tipo mastique fluído. A ligação é posteriormente comprimida e depois fixada mecanicamente por encaixe ou por intermédio de parafusos ou cavilhas.

Caso se trate de perfis que materializam vão de grandes dimensões, o ângulo dos perfis pode ser reforçado por esquadrias de metal encaixada nas suas goelas.

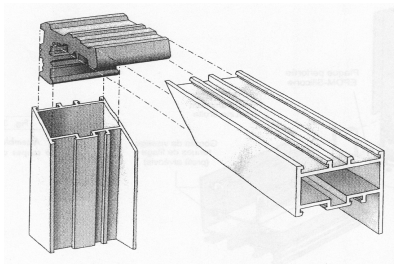


Fig. 13 – Ligeação em esquadria

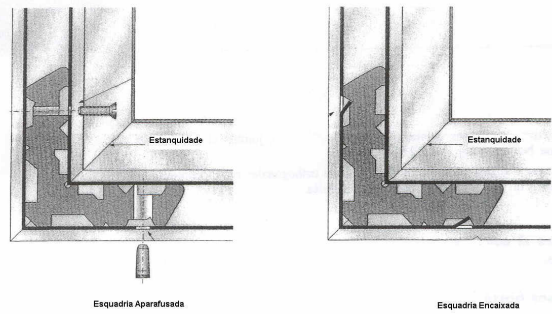


Fig. 14 – Ligeação em esquadria reforçada

Quanto as ligeações sem esquadro com corte recto, estas utilizam-se para unir perfis que não apresentam a mesma secção. A resistência é obtida por aparafusamento com interposição de uma placa destinada a garantir a estanquidade, conforme se evidencia na seguinte figura.

Finalmente a ligeação em T ou cruz é materializada por uma manga de ligeação que é fixada sobre um dos perfis. Depois de recoberta com um produto de estanquidade essa manga recebe o outro perfil. A fixação faz-se por aparafusamento ou por intermédio de uma cavilha.

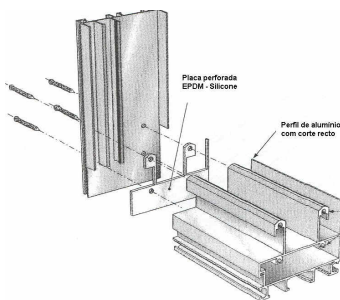


Fig. 15 – Ligeação em corte recto

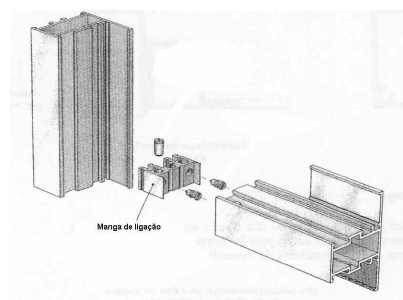


Fig. 16 – Ligeação em T ou cruz

No caso de se optar por uma ligeação linear os perfis são ligados linearmente através de uma fixação mecânica e de estanquidade contínua. Ligeaçes deste tipo podem ser feitas por soldadura, por aparafusamento, por encaixe ou por encastramento.

A ligeação por soldadura, mais uma vez, so é aconselhada para o caso dos perfis em aço. A soldadura pode ser contínua ou descontínua. No caso da soldadura descontínua, a estanquidade entre os perfis deve ser assegurada por uma guarnição de estanquidade contínua. Esta guarnição deve ser realizada em mástique.

Na ligeação por intermédio de parafusos ou rebites a estanquidade entre os perfis deve ser assegurada por uma guarnição de estanquidade contínua.

As ligeaçes por encaixe no so admissíveis para os perfis em aço, excepto para perfis interiores e para perfis em aço inoxidável. Este tipo de ligeação pode ser usada para perfis de alumínio sob a condição de dotar o sistema de dispositivos que garantam a estanquidade da ligeação. A junta de estanquidade deve ser efectuada em mástique até ao total preenchimento.



Em simultâneo com este tipo de ligação pode ser necessário um reforço pontual de fixação mecânica (por intermédio de um parafuso e rebite), de acordo com as solicitações esperadas. Finalmente no caso de ligação por encastramento é necessário garantir a estanquidade contínua impedindo toda a infiltração acidental por capilaridade entre os perfis. Neste caso é obrigatório recorrer a no mínimo um ponto de fixação mecânica, conforme assinalado na seguinte figura.

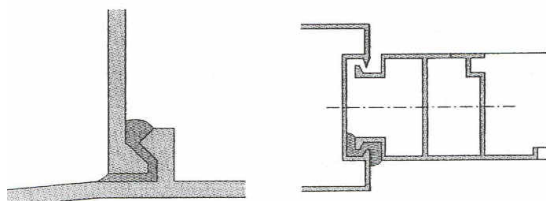


Fig. 17 – Ligação por encaixe

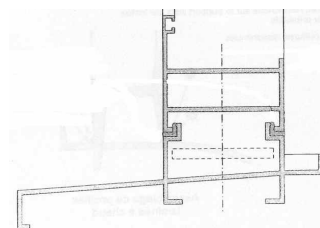


Fig. 18 – Ligação por encastramento

## 6. COLOCAÇÃO EM OBRA

Sendo a execução das janelas feita em fábrica, a montagem em obra resume-se à fixação do aro ao vão com obturação da respectiva junta e, eventualmente, à aplicação do elemento de preenchimento.

A solução de colocação das janelas deve ser escolhida cuidadosamente para cada obra tendo em conta os materiais presentes de modo a encontrar uma solução que cumpra as seguintes condições:

- o vão sobre o qual é aplicado o aro deve ser rígido;
- os elementos de enquadramento devem ser concebidos procurando evitar a existência de pontes térmicas;
- para garantir a estanquidade do vão a folga entre o aro e o vão deve estar compreendida entre 5 e 10mm;
- os parafusos a utilizar na fixação do caixilho devem ser de aço inoxidável;
- o número de pontos de fixação deve ser suficiente para assegurar a resistência mecânica da ligação do aro ao vão.

### 6.1. Fixação da Janela ao Suporte

Os elementos que constituem a fixação do aro exterior à estrutura e das janelas sobre o aro são solidarizados por soldadura ou aparafusamento ou outro processo desde que sem imprimir deformações no elemento fixo.

Na ligação entre o caixilho e a parede há que ter em conta que os materiais que constituem as janelas dilatam porque são submetidas à acção da temperatura.

Os coeficientes de dilatação linear são:

- Aço:  $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;

- Alumínio:  $23 \text{ a } 27 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;
- Cerâmica:  $9 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

Apesar das diferenças em termos de coeficientes de dilatação, especialmente entre o alumínio e a cerâmica, não é necessária qualquer disposição especial na fixação do caixilho a fim de assegurar a livre dilatação das janelas de dimensões correntes. No entanto, para dimensões mais importantes, disposições devem ser tomadas como a utilização de argolas de ligação com peças oblongas.

Dadas as diferenças de temperatura a que o perfil pode ser submetido no caso de janelas de alumínio a variação de comprimento deste perfil será da ordem de 1,5 a 2 mm por metro.

## **6.2. Repartição das Ligações e Fixações**

A repartição das fixações no parapeito e obreiras deve ser efectuada de forma a garantir um mínimo de 3 fixações por caixilho. Para janelas de correr, a fixação na direcção do ponto de fecho do vão deve ser realizada de modo a que o batente não seja submetido a deformações locais ou pontuais que possam provocar deterioração. Para janelas compostas pode ocorrer concentração de esforços devidos ao vento, devendo neste caso as fixações ser reforçadas.

Nas ombreiras com alturas inferiores a 0,65 m deve prever-se uma fixação situada a meio vão. Para alturas superiores a 0,65 m mas inferiores ou iguais a 1,45 m devem prever-se duas fixações à distância de 0,25 m das extremidades do perfil. Para alturas superiores a 1,45 m mas inferiores ou iguais a 2,45 m devem prever-se 3 fixações, duas delas a 0,25 m de cada extremidade do perfil e a outra a meio vão. Finalmente para alturas superiores a 2,45m, o espaçamento máximo das fixações será de 0,80 m, devendo a primeira e a última estarem colocadas a 0,25m do parapeito e a 0,25 da cabeceira respectivamente.

Para os perfis inferiores e para larguras inferiores a 0,90 m não é necessária a existência de qualquer ligação. Para comprimentos superiores a 0,90 m mas inferiores ou igual a 1,60 m deve prever-se uma fixação a localizar a meio vão. Para vãos superiores a 1,60 m mas inferiores a 2,40 m devem prever-se duas fixações de forma a dividir o vão em três parcelas de igual comprimento. Para vãos superiores a 2,40 m mas inferiores ou iguais a 3,20 m devem prever-se três ligações que dividam o vão em quatro parcelas iguais. Finalmente para vão superiores a 3,20 m deve garantir-se um espaçamento máximo das fixações de 0,80m.

## **6.3. Calafetação**

Deve ser realizada de modo que a estanquidade ao ar e a água entre a janela e a estrutura seja assegurada sobre todo o perímetro, tendo em conta as condições de exposição e os previsíveis movimentos diferenciais entre janelas e estrutura. Consiste em preencher as frinchas entre o caixilho e o suporte estrutural, garantindo assim a estanquidade. A calafetação pode ser realizada de diferentes modos consoante a localização, altura da fachada e existência de protecção à chuva, consoante o tipo de suporte em que for aplicada e também consoante a tolerância dimensional do mesmo. Existem 5 tipos de calafetação, a saber:

Modo A (Calafetação húmida) - A calafetação é executada por enchimento com argamassa;

Modo B (Calafetação húmida reforçada) - A calafetação húmida reforçada é semelhante à calafetação húmida reforçada por um cordão de estanquidade; Este modo de calafetação só é eficaz quando o caminho da água é de pelo menos 30mm, com espessura de enchimento de pelo menos 10mm. De notar que a calafetação húmida deve ser executado com argamassa de ligantes hidráulicos, à exceção do gesso e que o enchimento pode ser feito em uma ou duas vezes; No caso do calçamento húmido reforçado deve ser reservada na calafetação uma ranhura destinada a receber o cordão de estanquidade. As suas dimensões são função das características do cordão. Uma base de junta é colocada no fundo da ranhura.

A calafetação seca deve usar-se apenas para sistemas com guarnições de estanquidade uma vez que não utiliza argamassa. As guarnições de estanquidade devem ser compatíveis entre elas, quer sejam usadas em peitoris, cabeceiras ou ombreiras;

A calafetação seca deve ser executada para uma temperatura exterior superior ou igual a 5°C e sobre suportes isentos de humidade. Pode ser executada e colocados no sitio antes ou depois da colocação das janelas em função das suas características e da sua utilização.

Modo C (junta extrudida) - Este tipo de calafetação pressupõe a utilização obrigatória de uma base de junta. As juntas podem ser executas antes de colocar a janela apenas para apoio ou depois de colocada a janela sobre toda a periferia. As dimensões da junta em função do material escolhido estão patentes na seguinte tabela:

Dimensão da Junta	Elastómeros		Plásticos	
	1ª Categoria	2ª Categoria	1ª Categoria	2ª Categoria
Largura (l)	5 mm ≤ l ≤ 20 mm		10 mm ≤ l ≤ 20 mm	
Profundidade (o maior dos dois valores)	5mm		8mm	12mm
	0,5 l <sub>M</sub>		0,5 l <sub>M</sub>	1,3 l <sub>M</sub>

l<sub>M</sub> - Largura máxima da junta;

Modo D (Junta em mousse impregnada, comprimida ou não);

Modo E (Cordões de mástique pré-formados) - Existem algumas condições a cumprir para utilizar estes cordões. Assim, o esmagamento mínimo do cordão deve ser pelo menos de 4 mm. O esforço de compressão do produto, uma vez concluída a colocação em obra da janela, deve ser inferior a 10 daN/m para evitar a dobragem excessiva com o tempo da peça de apoio, a espessura mínima do cordão depois do esmagamento deve ser de pelo menos 5mm.

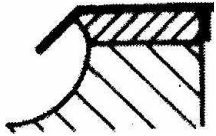
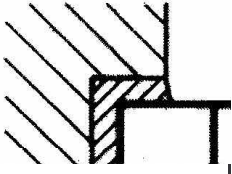
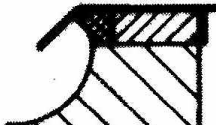
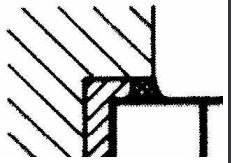
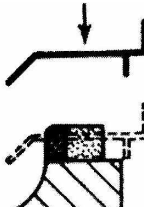
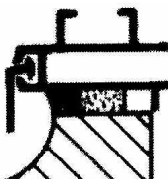
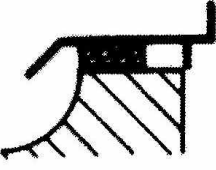
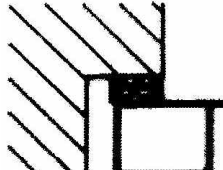
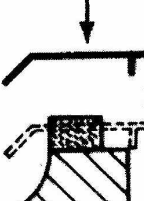
Só podem ser usados para peças de peitoril aquelas que dispuserem de mecanismos de expulsão de água e que devem ser colocadas antes das janelas. Os cordões devem ser comprimidos a pelo menos 30% das espessura inicial para serem estanques à água;

A opção por um determinado modo de calafetação deve ser feita recorrendo à seguinte tabela:

Altura	Fachadas Abrigadas	Fachadas Não Abrigadas		
	Situações a,b,c e d	Situações a e b	Situação c	Situação d e em zona costeira
< 6 m	A, B, C	A, B, C	A, B, C	B, C
6 a 18 m	A, B, C	A, B, C	B, C	B, C
18 a 28 m	A, B, C	B, C	B, C	C
28 a 50 m		C	C	C
> 50 m		C	C	C

As situações a,b,c e d são as definidas na DTU nº 36.1/37.1 “Choix des fenêtres en fonction de leur exposition” e que são : a – atmosferas exteriores directas; b – ambientes interiores; c – atmosferas exteriores protegidas; d – atmosferas exteriores ventiladas;

O seguinte quadro resume os diferentes tipos de calafetação, pormenorizando a sua aplicação em peitoris e padieiras.

Modo	Características da calafetação		Parapeito	Padieira
A	Argamassa hidráulica			
B	Argamassa hidráulica + Junta extrudida			
C	Junta extrudida sobre base de junta	C. antes da colocação da janela		Este modo de calafetação é desaconselhado
		C. depois da colocação da janela		
D	Mousse impregnada antes da colocação da janela			
E	Cordão de mastique pré-formado			Este modo de calafetação é desaconselhado

LEGENDA:



Cordão de mastique pré-formado



Base de Junta



Argamassa



Mousse Impregnada



Junta Extrudida

