

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
16015

Primeira edição
01.03.2012

Válida a partir de
01.04.2012

Vidro insulado — Características, requisitos e métodos de ensaio

Insulating glasses — Characteristics, requirements and test methods

ICS 81.040.20

ISBN 978-85-07-03267-0



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 16015:2012
52 páginas

© ABNT 2012

ABNT NBR 16015:2012

© ABNT 2012

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 3974-2346

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Sumário

Página

Prefácio	iv
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Características	4
4.1 Geral	4
4.2 Placas de vidro insulado	5
4.3 Câmara interna	5
4.3.3 Selantes das bordas	6
4.3.4 Conteúdo da câmara interna	6
4.3.5 Inserções dentro da câmara de ar	6
4.3.6 Dispositivo de equalização	7
4.4 Classificação do vidro insulado	7
5 Requisitos	8
5.1 Manchas ou falhas	8
5.2 Estanqueidade	8
5.3 Dimensões lineares para vidros insulados planos	8
5.3.1 Largura e comprimento	8
5.3.2 Espessura	8
5.4 Índice de penetração de umidade	9
5.5 Espaçador rígido e/ou flexível (orgânico)	9
5.5.1 Selante primário	9
5.5.2 Selante secundário	10
5.5.3 Dessecante	11
5.5.4 Perfil espaçador	12
6 Marcação	12
7 Métodos de ensaio	12
7.1 Dimensões lineares	12
7.1.1 Largura e comprimento	12
7.1.2 Espessura	13
7.2 Ensaio de penetração de umidade	13
7.2.1 Símbolos e unidades	13
7.2.2 Princípio	15
7.2.3 Condições ambientais do laboratório	15
7.2.4 Limite das condições ambientais controladas para produção das amostras	15
7.2.5 Amostras para ensaio e contraprovas – Número, descrição e seleção	15
7.2.6 Condições climáticas na câmara	16
7.2.7 Medição do índice de penetração de umidade	19
7.3 Características do selante	20
7.3.1 Selante primário	20
7.3.2 Selante secundário	20

Exemplar para uso exclusivo - Associação Acadêmica de Física, Universidade Federal de Pernambuco - 64.161.111-3, (Pedido 49.065.1mpressa: 3/10/09)

7.4	Avaliação da capacidade de adsorção do dessecante (valor Δf).....	27
7.5	Avaliação das características do perfil espaçador	28
7.5.1	Resistência da solda.....	28
7.5.2	Permeabilidade dos furos.....	28
7.6	Ensaio de estanqueidade	29
7.6.1	Aparelhagem.....	29
7.6.2	Amostra para ensaio.....	29
7.6.3	Procedimento	29
7.6.4	Relatório de ensaio	29
7.7	Ensaio de condensação	30
7.7.1	Aparelhagem.....	30
7.7.2	Amostra para ensaio.....	30
7.7.3	Procedimento	30
7.8	Ensaio de embaçamento (<i>fogging</i>).....	32
7.8.1	Objetivo	32
7.8.2	Amostras.....	32
7.8.3	Aparelhagem.....	33
	Bibliografia	52

Anexos

	Anexo A (normativo) Método de ensaio para a medição da temperatura de ponto de orvalho ..	37
A.1	Definição	37
A.2	Equipamentos e materiais.....	37
A.3	Procedimento	37
	Anexo B (normativo) Medição do conteúdo de umidade.....	39
B.1	Geral	39
B.2	Medição do conteúdo de umidade pelo método de secagem a 950 °C	39
B.2.1	Fundamento.....	39
B.2.2	Condições ambientais	39
B.2.3	Aparelhagem.....	39
B.2.4	Procedimento	40
B.2.5	Conteúdos inicial e final de umidade	40
B.3	Capacidade de adsorção de umidade de referência.....	42
	Anexo C (normativo) Método de Karl Fischer	44
C.1	Fundamento.....	44
C.2	Condições ambientais do laboratório	44
C.3	Aparelhagem.....	44
C.4	Procedimento	45
	Anexo D (informativo) Aplicação do vidro insulado na construção civil.....	50
D.1	Ancoragem adequada (caixilho).....	50
D.2	Condições de instalação para vidros insulados	50
D.3	Determinação da espessura do vidro insulado.....	50
D.4	Compatibilidade	50

Anexo E (informativo) Qualidade ótica e visual de um VI	51
E.1 Colorações de interferência (franjas de Brewster e anéis de Newton)	51
E.2 Deformações no vidro devido a variações de temperatura, de pressão atmosférica e de altitude	51
E.3 Condensação externa	51

Figuras

Figura 1 – Faces do vidro insulado	3
Figura 2 – Aplicação de selantes no vidro insulado	6
Figura 3 – Exemplo de aplicação do selante em cantoneiras	10
Figura 4 – Dimensões do vidro insulado relativas à posição do vidro instalado	13
Figura 5 – Tolerâncias (<i>t</i>) dimensionais das unidades retangulares de vidro insulado	13
Figura 6 – Descrição das condições climáticas da cabine	17
Figura 7 – Relação temperatura/tempo e umidade/tempo durante o ciclo	18
Figura 8 – Amostra vidro/vidro	23
Figura 9 – Amostra perfil/perfil	23
Figura 10 – Método de ensaio geral de aderência espaçador/selante	24
Figura 11 – Método de ensaio de aderência perfil/vidro	26
Figura 12 – Disposição das amostras para o ensaio de estanqueidade	30
Figura 13 – Câmara de ensaio	31
Figura 14 – Localização dos termopares	32
Figura 15 – Câmara para ensaio de embaçamento	34
Figura A.1 – Célula de resfriamento e termômetro para determinação do ponto de orvalho	38
Figura B.1 – Ilustração do recipiente com tampa	40
Figura C.1 – Exemplo de base	45
Figura C.2 – Exemplo de unidade de vidro insulado, mostrando os locais de onde extrair as amostras de material dessecante	45
Figura C.3 – Exemplo de como retirar as amostras de selante com dessecante incorporado ...	46
Figura C.4 – Exemplo de como obter a amostra do selante com o dessecante incorporado e barreira impermeável à penetração do vapor de água	47
Figura C.5 – Exemplo da amostra do dessecante colocada sobre uma base	48

Tabelas

Tabela 1 – Tolerâncias no comprimento e largura	8
Tabela 2 – Tolerâncias na espessura	9
Tabela 3 – Valores aceitáveis para a capacidade de adsorção de vapor de água U_C	11
Tabela 4 – Símbolos e unidades	14
Tabela 5 – Seleção e identificação das amostras	16
Tabela 6 – Temperatura das amostras na cabine de ensaio	19
Tabela 7 – Carga (F) aplicada	25

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 16015 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Vidros Planos (ABNT/CB-37), pela Comissão de Estudo de Vidros e suas Aplicações na Construção Civil (CE-37:000.03). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 09, de 29.09.2011 a 28.11.2011, com o número de Projeto 37:000.03-005.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard sets the features, requisites and methods of the tests of plan insulating glass, used at building and acoustic and thermic conditioning units.

Vidro insulado — Características, requisitos e métodos de ensaio

1 Escopo

Esta Norma estabelece as características, requisitos e métodos de ensaio de vidro insulado plano utilizado em construção civil e unidades de condicionamento térmico e/ou acústico.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 7199, *Projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil*

ABNT NBR 13866, *Vidros temperados para aparelhos domésticos da linha branca*

ABNT NBR 14697, *Vidro Laminado*

ABNT NBR 14698, *Vidro Temperado*

ABNT NBR 15737, *Perfis de alumínio e suas ligas com acabamento superficial — Colagem de vidros com selante estrutural*

ABNT NBR NM 293, *Terminologia de vidros planos e dos componentes acessórios a sua aplicação*

ABNT NBR NM 294, *Vidro Float*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições da ABNT NBR NM 293 e os seguintes.

3.1

adsorção

fenômeno pelo qual moléculas de uma substância se fixam na superfície de uma outra substância, sem a alteração das suas características

3.2

borda selada

borda finalizada de uma unidade de vidro insulado, desenhada para garantir que se reduza ao mínimo a transmissão de vapor de água entre a câmara interna e o exterior da unidade

3.3

câmara interna (ou câmara isolante)

espaço entre as placas de uma unidade de vidro insulado. Ambiente isolado limitado pelo vidro insulado e o espaçador de borda, também utilizado para determinar a distância entre os vidros da unidade de vidro insulado

ABNT NBR 16015:2012

3.4

cantoneira

componente utilizado para a conexão dos perfis espaçadores nos cantos, quando não se utilizam perfis contínuos dobrados

3.5

capacidade-padrão de adsorção de umidade

capacidade de um material dessecante de adsorver uma quantidade de umidade sob condições ambientais controladas

3.6

condensação

3.6.1

condensação externa

condensação que aparece sobre a face externa à câmara do vidro insulado (Figura 1)

3.6.2

condensação interna

condensação que aparece sobre as faces internas à câmara do vidro insulado

3.7

condições ambientais controladas

temperatura ambiente de 10 °C, com um ponto de orvalho de - 5 °C, obtendo uma taxa de umidade relativa do ar de 32,8 %

3.8

conectores

componente utilizado para juntar duas partes dos espaçadores do vidro insulado, podendo ser reto ou de canto

3.9

dessecante

material utilizado no espaçador com função de adsorção do vapor de umidade retido no vidro insulado, durante o processo de fabricação ou ao longo de sua vida útil

3.10

dispositivo de equalização

sistema que permite a compensação entre a pressão atmosférica externa e a pressão interna da câmara de vidro insulado

3.11

embaçamento (*fogging*)

depósitos visuais decorrentes do desprendimento de elementos voláteis, após realização do ensaio descrito em 7.8

3.12

espaçador

componente de material rígido ou flexível (orgânico), utilizado para separar as placas de vidro insulado e manter a espessura da câmara interna, limitando o selo de borda

3.13**espessura do vidro insulado**

soma das espessuras das placas de vidro que o compõe mais a espessura da câmara interna

3.14**estanqueidade**

qualidade da vedação do vidro insulado que impede a troca de umidade, vapores ou gases entre a câmara e o ambiente externo

3.15**face do vidro insulado**

cada face de um vidro componente, que corresponde a um número, sendo que a face externa (voltada para o lado exterior da instalação) é sempre a face 1. No vidro monolítico a seguinte é a número 2. Em vidros laminados, somam-se os números das faces de acordo com a quantidade dos vidros que compõem o insulado, conforme Figura 1

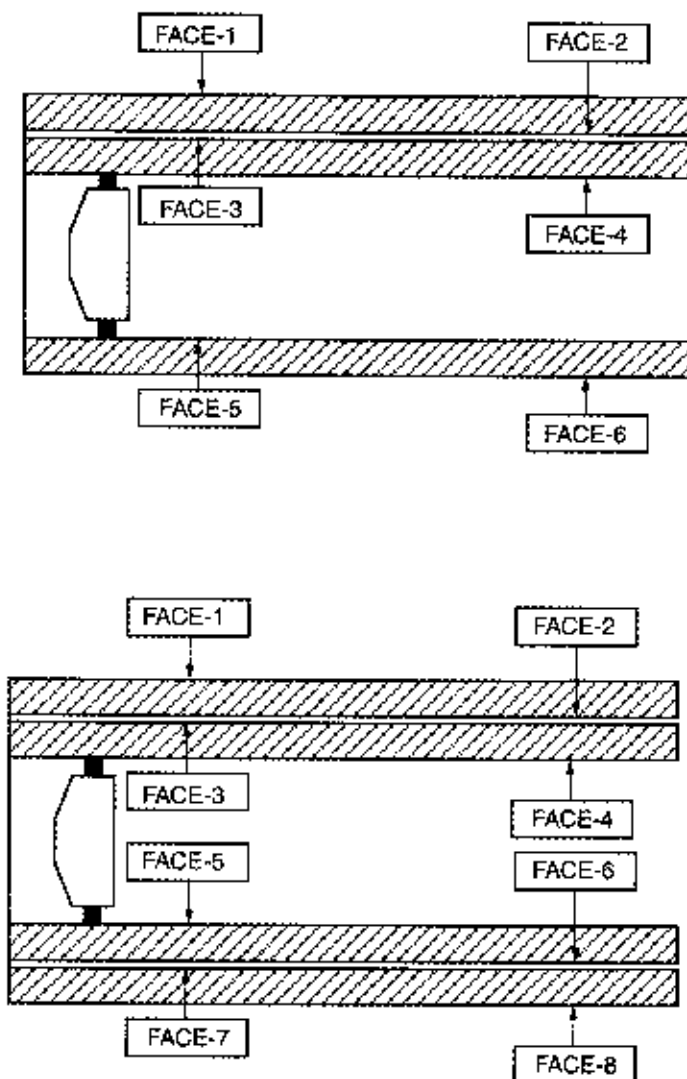


Figura 1 – Faces do vidro insulado

3.16

índice de penetração de umidade

capacidade de adsorção do material dessecante utilizado, depois de ser submetido às condições normais de envelhecimento

3.17

placa de vidro insulado

folha ou chapa de vidro cortada na medida de seu uso final

3.18

selante

material orgânico ou inorgânico que, uma vez aplicado, possui as propriedades físicas e químicas (resistência mecânica, resistência a intempéries, adesão, coesão, elasticidade e durabilidade) adequadas para ser utilizado na selagem das bordas

3.19

selante primário

selante que é aplicado primeiramente, com a função de atuar como barreira contra o vapor

3.20

selante secundário

selante aplicado no contorno exterior das unidades de vidro insulado, dando rigidez, estrutura e vedação a umidade, a todo o conjunto

3.21

vidro insulado (VI)

conjunto formado por duas ou mais placas de vidro paralelas, separadas por um espaçador, com as bordas hermeticamente seladas ao longo de todo o seu perímetro, formando em seu interior uma câmara estanque e desidratada. Em alguns casos a câmara pode conter gases inertes para melhorar o comportamento térmico e/ou acústico

4 Características

4.1 Geral

As placas de vidro insulado podem ter diferentes formas geométricas, planas ou curvas.

Considerando suas características como vidro isolante, os principais usos das unidades de vidro insulado são instalações em edifícios, como janelas, portas, peles de vidro, tetos, e em unidades de condicionamento térmico, como refrigeradores (domésticos e comerciais), laterais de gôndolas ou expositores comerciais.

Existe uma grande variedade de vidros insulados, constituídos de combinações de diferentes tipos de vidros e diferentes tipos de selagem das bordas. Nesta Norma, considera-se vidro insulado do mesmo tipo todos aqueles que possuem o mesmo tipo de selagem das bordas.

Os materiais e componentes utilizados na fabricação do vidro insulado devem ser compatíveis entre si, de modo a não afetar o desempenho esperado do produto, bem como sua vida útil. Recomenda-se consultar os fabricantes para evitar problemas.

Nesta Norma, os lotes de produção a serem ensaiados devem ser formados por vidro insulado do mesmo tipo, segundo a classificação de 4.4.

As unidades de vidro insulado podem variar nos materiais que a conformam, na largura, no comprimento, na espessura da câmara de ar, na espessura do vidro insulado e na quantidade de câmaras de ar.

No caso específico para a utilização em unidades de condicionamento térmico, as placas de vidro insulado interna e externa devem ser temperadas.

Para vidro insulado composto de múltiplas câmaras, o(s) vidro(s) insulado(s) intermediário(s) poderá(m) ou não ser temperados, mediante acordo entre o fabricante e o fornecedor.

Para aplicação tipo "pele de vidro" o selante secundário deve ser estrutural, de acordo com a ABNT NBR 15737.

4.2 Placas de vidro insulado

4.2.1 Os tipos de vidro que podem formar parte de um vidro insulado são:

- a) produtos de vidro insulado básico:
 - vidro insulado flotado;
 - vidro insulado aramado;
 - vidro insulado impresso;
- b) produtos de vidro insulado processado:
 - vidro insulado temperado;
 - vidro insulado laminado;
 - vidro insulado revestido (com camada absorvente refletora ou não);
 - vidro insulado com superfície tratada (jateado, acidado, serigrafado ou pintado).

4.2.2 Para composição da unidade de vidro insulado, os vidros devem atender aos requisitos das normas de aplicação, conforme a seguir:

- a) para construção civil, utilizar a ABNT NBR 7199;
- b) para refrigeração e linha branca, utilizar a ABNT NBR 13866;
- c) para outras aplicações, utilizar norma referente.

4.3 Câmara interna

4.3.1 A câmara de ar está delimitada em seu contorno pelo espaçador.

Existem dois tipos distintos de espaçadores utilizados habitualmente na indústria:

- a) espaçador rígido: perfil oco que contém o dessecante em seu interior, com orifícios que permitem que o dessecante entre em contato com o ar do interior da unidade de vidro insulado; ou
- b) espaçador orgânico: perfil flexível que contém o dessecante e selantes incorporados em sua massa.

ABNT NBR 16015:2012

4.3.2 A estanqueidade da câmara interna é conseguida mediante a selagem perimetral das bordas da unidade de vidro insulado. Existem duas maneiras de realizar essa selagem:

- selagem simples: utiliza-se somente um tipo de elemento selante com dupla função;
- dupla selagem: utilizam-se um selante primário e um selante secundário.

4.3.3 Selantes das bordas

Os diferentes selantes que podem ser utilizados nas unidades de vidro insulado (ver Figura 2) são:

- selante primário:
 - poliisobutileno ou selo butílico, mais conhecido como butil, para aplicações não estruturais;
- selante secundário:
 - polissulfuro ou polissulfeto;
 - "hot-melt" (adesivo que funde por calor e forma união ao esfriar-se), para aplicações não estruturais;
 - silicone neutro não estrutural para aplicações do vidro encaixilhado e silicone neutro estrutural sem necessidade do caixilho (pele de vidro).

Na utilização de produtos não citados acima, estes devem atender aos requisitos especificados nesta Norma.

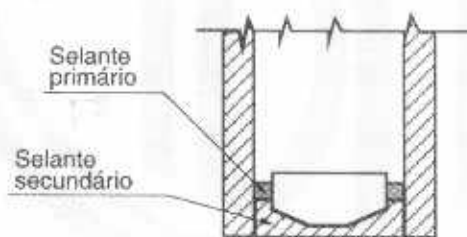


Figura 2 – Aplicação de selantes no vidro insulado

4.3.4 Conteúdo da câmara interna

A câmara entre as placas de vidro insulado pode conter ar ou outros gases, como, por exemplo, argônio, xenônio ou criptônio.

NOTA Esta Norma não estabelece requisitos especiais para as unidades de vidro insulado com gases diferentes ao ar. Para os efeitos desta Norma, não há diferença entre unidades de vidro insulado com ar ou com outro tipo de gás em seu interior.

4.3.5 Inserções dentro da câmara de ar

A câmara entre as folhas de vidro insulado pode conter inserções como perfis ou barras decorativas com propósitos estéticos ou com objetivos funcionais, como, por exemplo, persianas.

Os materiais a serem inseridos na câmara de ar devem ter um tratamento específico para garantir o desempenho e vida útil do conjunto do vidro insulado, portanto devem ser testados e aprovados de acordo com metodologia descrita em 7.8.

4.3.6 Dispositivo de equalização

Em situações onde houver uma variação de altitude entre o local de produção do vidro insulado e o seu ponto de instalação, incluindo os locais por onde será transportada, a unidade de vidro insulado deve conter um dispositivo que permita a equalização das pressões para evitar que o vidro se deforme e prejudique suas características e desempenho.

O limite mínimo de variação de altitude depende do uso final da unidade de vidro insulado, portanto, deve ser acordado entre o fornecedor e o cliente, de acordo com as informações sobre o local de instalação do vidro insulado e sua utilização.

Durante o processo de equalização escolhido, deve-se observar desde a fabricação até a instalação e os parâmetros que possam afetar ou comprometer a eficiência da unidade de vidro insulado, como a temperatura, altitude, horário, umidade externa etc. Também durante o processo, deve-se manter a unidade de vidro insulado com sua maior dimensão na posição vertical.

Quando da instalação da unidade de vidro insulado em seu local definitivo, deve-se assegurar que o dispositivo de equalização esteja devidamente vedado.

A avaliação do requisito é visual.

NOTA Recomenda-se, nesses casos, que a unidade de vidro insulado tenha uma informação sobre o dispositivo de equalização e o método correto de utilizá-lo.

4.4 Classificação do vidro insulado

Os diferentes tipos de vidro insulado se classificam segundo os vários materiais e tecnologias com que as bordas são seladas, da seguinte maneira:

- a) vidro insulado com dupla selagem com espaçador rígido, selo butílico e:
 - polissulfuro;
 - silicone neutro;
 - *hot melt*;
 - silicone estrutural;
- b) vidro insulado com dupla selagem com espaçador orgânico com dessecantes e selantes incorporados em sua massa e:
 - polissulfuro;
 - *hot melt*;
 - silicone neutro;
 - silicone estrutural;
- c) vidro insulado com selagem simples com espaçador orgânico com dessecantes e selantes incorporados em sua massa.

5 Requisitos

5.1 Manchas ou falhas

As placas de vidro que formam a unidade de vidro insulado devem obedecer aos critérios indicados na norma referente ao tipo de vidro utilizado.

Existem vários fenômenos óticos e visuais que não constituem falhas, pois são inerentes ao produto utilizado no vidro insulado e/ou devidos ao seu comportamento físico (ver Anexo F).

5.2 Estanqueidade

Não pode haver desprendimento de bolhas, quando for avaliado conforme 7.6.

5.3 Dimensões lineares para vidros insulados planos

5.3.1 Largura e comprimento

As tolerâncias no comprimento e largura segundo os valores nominais indicados pelo fabricante são estabelecidas na Tabela 1 e medidas conforme indicado em 7.1.1.

No caso de unidades de VI que incluam placas de vidro impresso, deve-se especificar a direção do desenho em relação a uma das dimensões.

Tabela 1 – Tolerâncias no comprimento e largura

Lado maior (L) do VI m	Tolerâncias mm
$L < 1$	± 2
$1 \leq L < 2$	+ 2 - 3
$L \geq 2$	± 3

5.3.2 Espessura

A espessura é medida em milímetros, entre as superfícies externas dos vidros que compõem a unidade de vidro insulado, em cada um dos cantos e também nos pontos centrais.

As espessuras não podem diferir da espessura nominal indicada na Tabela 2.

As tolerâncias na espessura segundo os valores nominais indicados pelo fabricante são estabelecidas na Tabela 2 e medidas conforme indicado em 7.1.2.

Tabela 2 – Tolerâncias na espessura

Espessura total do VI mm	Tolerâncias mm
$e < 17$	± 1
$17 \leq e < 22$	$\pm 2,0$
$e \geq 22$	$\pm 2,5$

5.4 Índice de penetração de umidade

Quando as amostras de VI forem ensaiadas segundo 7.2, devem ser atendidas as seguintes especificações:

- o índice de penetração médio I_p de cinco amostras de ensaio deve ser, no máximo de 20 %;
- nenhuma das unidades de amostra pode ter o índice de penetração (I) maior que 25 %.

5.5 Espaçador rígido e/ou flexível (orgânico)

5.5.1 Selante primário

5.5.1.1 Quando utilizado espaçador flexível, não é necessário utilizar selante primário, pois ele já está incorporado em sua massa.

5.5.1.2 Quando utilizado espaçador rígido, emprega-se como selante primário o selo butílico, e este é aplicado em ambos os lados do espaçador.

5.5.1.2.1 Quantidade

A quantidade mínima de selante primário deve ser de 1,5 g/m por cada face e a verificação deve ser feita conforme 7.3.1.1.

5.5.1.2.2 Largura

A largura da camada de selante deve ser de 3,0 mm com tolerância de $(0 + 2)$, e a verificação deve ser feita de acordo com 7.3.1.2.

5.5.1.2.3 Continuidade

A continuidade do selante primário não pode ser interrompida, e o selante, uma vez prensado, não pode superar a borda interior do perfil. A avaliação deve ser feita visualmente, de acordo com 7.3.1.3.

5.5.1.2.4 Uso de cantoneiras

Quando utilizados espaçadores rígidos não empregados em forma contínua, estes devem ser unidos por meio de cantoneiras. Deve-se garantir que a quantidade e distribuição do selante primário aplicado nas cantoneiras vedem os espaços que possam existir entre o espaçador e a cantoneira, para impedir o ingresso de ar através destes espaços, mas sem que impeça aplicação do selante secundário. A avaliação deve ser visual, conforme 7.3.1.4 e Figura 3.

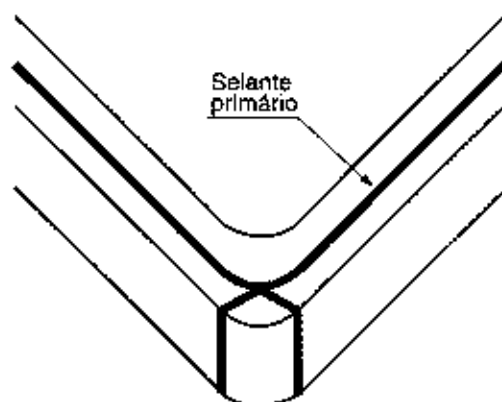


Figura 3 – Exemplo de aplicação do selante em cantoneiras

5.5.2 Selante secundário

5.5.2.1 Quando utilizado espaçador flexível (orgânico), pode ser necessário ou não utilizar selante secundário, portanto devem ser verificadas as especificações do produto e seguidas as orientações do fabricante.

5.5.2.2 Quando utilizado espaçador rígido, devem ser atendidos os requisitos de 5.5.2.2.1, 5.5.2.2.2 e 5.5.2.2.3.

5.5.2.2.1 Continuidade

A continuidade do selante secundário não pode ser interrompida em todo o perímetro da unidade, portanto não podem sobrar espaços vazios (espaços de ar) entre o espaçador e o selante secundário, ou dentro deste, nem podem existir bolhas, furos ou orifícios sobre a superfície do selante que se encontra exposta ao ar. A avaliação deve ser visual, de acordo com 7.3.2.1.

5.5.2.2.2 Qualidade da mistura (para selantes bicomponentes)

Na selagem de uma unidade de VI, deve-se assegurar uma perfeita homogeneidade da mescla dos dois componentes (geralmente chamados de componente-base e componente catalisador ou endurecedor). A avaliação deve ser feita de acordo com 7.3.2.2. Caso a mistura não atenda às especificações, não pode ser aplicada.

Não podem existir estrias (veias ou cortes) ou manchas de cores distintas. A cor do selante misturado deve ser semelhante em ambos os lados da superfície de ensaio. A avaliação deve ser feita de acordo com a ABNT NBR 15737:2009, Anexo D.

5.5.2.2.3 Dureza

O selante secundário, uma vez curado, deve suportar uma tensão de 35 Shore A no mínimo. A avaliação deve ser feita de acordo com 7.3.2.3.

5.5.2.3 Aderência vidro-selante e vidro-espaçador

A aderência vidro-selante e vidro-espaçador deve cumprir os seguintes requisitos:

- não é admitido rompimento da selagem; ensaiar de acordo com 7.3.2.4;
- não é admitida falha de aderência do selante sobre o vidro, ou no revestimento; ensaiar de acordo com 7.3.2.5.

5.5.2.4 Distância borda-espaçador

Para selantes não estruturais como polissulfeto ou *hot melt*, a distância mínima é de 3 mm ou, em casos específicos, o fabricante do selante deve ser consultado.

Para selantes estruturais como silicone estrutural, a distância desde a borda do vidro deve ser de no mínimo 6 mm, ou metade da largura usada no silicone de colagem do vidro em construção civil, o que for maior. O tamanho da distância deve ser calculado para cada projeto, em conjunto com o fabricante do silicone. Deve ser verificado de acordo com 7.3.2.6.

Para outros tipos de segunda selagem, a distância mínima do espaçador deve ser especificada em conjunto com o fabricante do selante.

5.5.3 Dessecante

5.5.3.1 Tipo

Para a adsorção de vapores de água retidos no vidro insulado durante o processo de fabricação ou aqueles que possam penetrar durante o tempo de vida útil do produto, deve ser utilizado dessecante tipo 3 A (tamanho da abertura do poro da peneira molecular é de 3 Angstrom).

Para a adsorção de outros tipos de vapores, o fabricante do dessecante deve ser consultado.

5.5.3.2 Quantidade

A quantidade mínima de dessecante a incorporar nos espaçadores metálicos com cantoneiras é a seguinte:

- para espaçadores de larguras menores ou iguais a 10 mm, devem-se preencher três lados no mínimo;
- para espaçadores de larguras maiores que 10 mm, devem-se preencher 50 % do perímetro da unidade no mínimo;
- para espaçadores contínuos, devem-se preencher dois lados.

5.5.3.3 Capacidade de adsorção do dessecante (valor " ΔF ")

O valor mínimo de aceitação é o recomendado pelo fabricante, sendo que este valor deve ser comprovado pelo fabricante por meio de ensaios realizados por laboratório independente.

Os valores aceitáveis, quanto à capacidade de adsorção de vapor de água, de acordo com o dessecante utilizado, estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores aceitáveis para a capacidade de adsorção de vapor de água U_c

Dessecante em massa	U_c %
Zeolita 3A	20
Zeolita 4A	20

Tabela 3 (continuação)

Dessecante em massa	Uc %
Zeolita 10A	20
Gel de silicone com microporos	25
Gel de silicone com macroporos	12

O dessecante desenvolve calor ao entrar em contato com a água, sendo que a diferença de temperatura desenvolvida (Δt) é um indicador da capacidade de adsorção do dessecante.

Como controle de qualidade na fabricação do vidro insulado, deve-se avaliar se as propriedades do dessecante estão mantidas, realizando o ensaio segundo o método de referência indicado em 7.4, através da determinação do Δt . Alternativamente e quando assim for acordado por convênio prévio entre as partes, pode ser aplicado o método indicado pelo fabricante do dessecante.

NOTA Recomenda-se que o quadro do vidro insulado, após a colocação do dessecante seja montado e selado em um prazo de até 4 h. Após este prazo, efetuar o ensaio de capacidade de adsorção do dessecante, Δt .

5.5.4 Perfil espaçador

5.5.4.1 Resistência da solda

Quando é ensaiado o perfil de acordo com 7.5.1, não são permitidas descontinuidades.

5.5.4.2 Permeabilidade dos furos

Quando é ensaiado o perfil de acordo com 7.5.2, os furos não podem estar tampados.

6 Marcação

As informações que devem ser impressas na etiqueta ou no vidro devem ser definidas entre o fabricante e o cliente.

7 Métodos de ensaio

7.1 Dimensões lineares

7.1.1 Largura e comprimento

Ao serem estabelecidas as medidas nominais das unidades de vidro insulado para peças retangulares, a primeira dimensão deve ser a largura (base) B e a segunda deve ser o comprimento (altura) H , tal como indicado na Figura 4. Deve-se estabelecer qual das dimensões corresponde à largura B e qual corresponde ao comprimento H , em relação à posição do vidro instalado.

Sendo fornecidas as dimensões nominais para largura B , e comprimento H , o vidro insulado não pode ser maior que um retângulo prescrito resultante das dimensões nominais aumentadas pela tolerância t , nem menor que um retângulo prescrito reduzido pela tolerância t . Estes retângulos devem ter seus lados paralelos e seus eixos de simetria devem ser coincidentes, como indicado na Figura 5.

As tolerâncias estão indicadas na Tabela 1 e os retângulos da Figura 5 determinam ao mesmo tempo os limites de esquadro da unidade de vidro insulado.

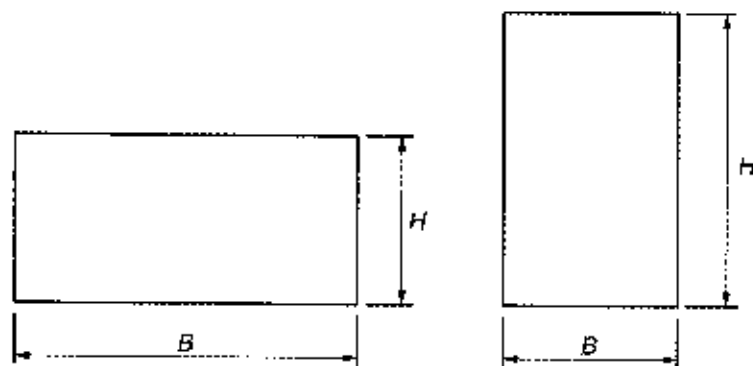


Figura 4 – Dimensões do vidro insulado relativas à posição do vidro instalado

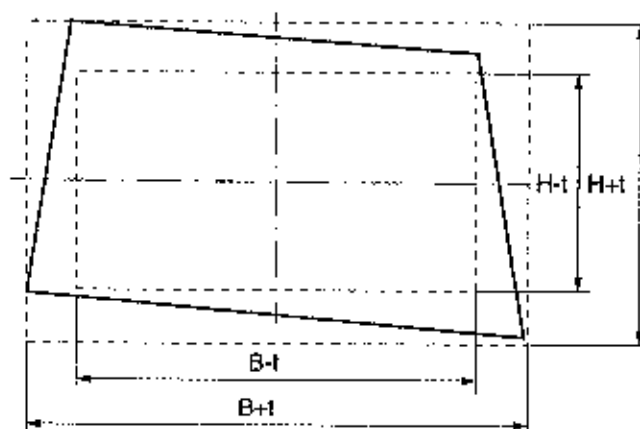


Figura 5 – Tolerâncias (t) dimensionais das unidades retangulares de vidro insulado

7.1.2 Espessura

A espessura é medida em milímetros, entre as superfícies externas dos vidros que compõem a unidade de vidro insulado, em cada um dos cantos e também nos pontos centrais.

As espessuras não podem diferir da espessura nominal indicada na Tabela 2, que indica também as tolerâncias admitidas.

7.2 Ensaio de penetração de umidade

7.2.1 Símbolos e unidades

Os símbolos e unidades do ensaio de penetração de umidade encontram-se descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Símbolos e unidades

I	Índice de penetração de umidade, em percentual
UR	Umidade relativa
I_p	Valor médio do índice de penetração de umidade (I), obtido sobre cinco medições, em percentual
m_0	Massa do pote vazio, limpo e seco, em gramas
m_i	Massa do recipiente com o dessecante mais a água inicialmente adsorvida, em gramas
m_c	Massa do recipiente, com o dessecante mais a água adsorvida até a saturação, cuja atmosfera contém 32 % de UR, em gramas
m_H	Massa do recipiente com o dessecante mais a água inicialmente adsorvida, mais a água adsorvida quando submetida às condições ambientais da câmara, em gramas
m_T	Massa do recipiente mais o dessecante seco a altas temperaturas, em gramas
M_m	Massa do dessecante misturado com o material não dessecante, em gramas
M_t	Massa total do dessecante quando, para objetivo do ensaio, em uma mistura com um material não dessecante, este material é substituído pelo mesmo volume de material dessecante, em gramas
R	Relação entre massas de dessecante M_m e M_t
U_c	Capacidade de adsorção de umidade-padrão do dessecante, em porcentagem
$U_{c,p}$	Capacidade-padrão média de adsorção do dessecante U_c obtida sobre duas medições, em porcentagem
U_i	Conteúdo de umidade inicial do dessecante, em porcentagem
U_f	Conteúdo final de umidade do dessecante, em porcentagem
$U_{i,u}$	Conteúdo de umidade inicial do dessecante sem corrigir, em porcentagem
$U_{f,u}$	Conteúdo final não corrigido de umidade do dessecante
U_{ip}	Conteúdo médio inicial de umidade do dessecante T_i , obtida ao longo de quatro medições
T	Temperatura das peças de ensaio no gabinete de ensaio
T_c	Temperatura da peça de ensaio central no gabinete de ensaio durante a fase de temperatura constante
T_h	Alta temperatura da peça de ensaio central no gabinete de ensaio durante a fase de ciclos de alta umidade/temperatura
T_l	Baixa temperatura da peça de ensaio central no gabinete de ensaio durante a fase de ciclos de alta umidade/temperatura
T_s	Temperatura da peça de ensaio central no gabinete de ensaio conforme o ciclo se alterna entre alta temperatura e baixa temperatura e vice-versa

7.2.2 Princípio

Conjuntos de unidades de vidro insulado são expostos a um ensaio climático. Os pontos de orvalho inicial e final e os conteúdos inicial e final de umidade, conforme aplicável, são medidos e é calculado o índice de penetração de umidade.

7.2.3 Condições ambientais do laboratório

A temperatura ambiente deve ser de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e a umidade relativa de $(50 \pm 5) \%$.

7.2.4 Limite das condições ambientais controladas para produção das amostras

O limite é fixado a uma temperatura ambiente de $10 ^\circ\text{C}$ e a uma temperatura de ponto de orvalho de $-5 ^\circ\text{C}$, resultando em uma umidade de $32,8 \%$.

7.2.5 Amostras para ensaio e contraprovas – Número, descrição e seleção

O conjunto de unidades de vidro insulado para ensaio deve ser de 15 unidades fabricadas em forma contínua (série), conforme o descrito neste norma. Cada amostra deve ser fabricada com dois painéis de vidro *float* incolor de espessura de 4 mm, com as dimensões de (502 ± 2) mm de comprimento e (352 ± 2) mm de largura.

O espaçamento da câmara deve ser de aproximadamente 12 mm, devendo estar preenchida com ar. Os detalhes de fabricação devem obedecer a esta Norma.

Quando o sistema é formado por uma mescla de um material dessecante com outro material dessecante, que sejam incapazes de resistir à temperatura de $1\ 000 ^\circ\text{C}$, deve-se utilizar o método de Karl Fischer, (ver 5.9.3) para determinar o conteúdo de umidade (depois de se verificar a aplicabilidade deste método) ou, em caso contrário, o material dessecante deve ser substituído por um volume equivalente de outro material dessecante.

Quando o sistema é formado por uma mescla de material dessecante com outro material não dessecante que seja incapaz de resistir a uma temperatura de $220 ^\circ\text{C}$, o material não dessecante deve ser substituído por um volume equivalente de material dessecante.

As 15 amostras devem ser armazenadas no laboratório por no mínimo duas semanas, conforme as condições de 5.2. As temperaturas iniciais dos pontos de orvalho das amostras de ensaio, medidas conforme Anexo A, devem estar dentro de variação de $10 ^\circ\text{C}$ em relação à máxima temperatura de ponto de orvalho. A amostra deve ser fornecida pelo fornecedor, junto com as especificações do produto. Quando a temperatura de ponto de orvalho for menor que $-60 ^\circ\text{C}$, deve-se estabelecer o valor em $-60 ^\circ\text{C}$.

O número designado de amostras de vidro insulado depende de seu valor de ponto de orvalho. Inicia-se identificando o maior valor de temperatura de ponto de orvalho como amostra número 1, finalizando com o número 15 para a amostra com o menor valor.

Para amostras com valor de orvalho de $-60 ^\circ\text{C}$, é estabelecida uma numeração aleatória.

As amostras de ensaio devem ser selecionadas e identificadas como indicado na Tabela 5.

Tabela 5 – Seleção e identificação das amostras

Amostra nº	Destinação da amostra
7, 8, 9 e 10	Medição do conteúdo inicial de umidade do dessecante (U_i)
4, 5, 6, 11 e 12	Ensaio climático e medição do conteúdo final de umidade do dessecante (U_f)
2, 3, 13 e 14	Unidades de reserva para substituir unidades quebradas para a medição do conteúdo final de umidade do dessecante (U_f) (após o ensaio climático)
1 e 15	Rejeição ou medição da capacidade-padrão de adsorção de umidade do dessecante (U_c), conforme requerido

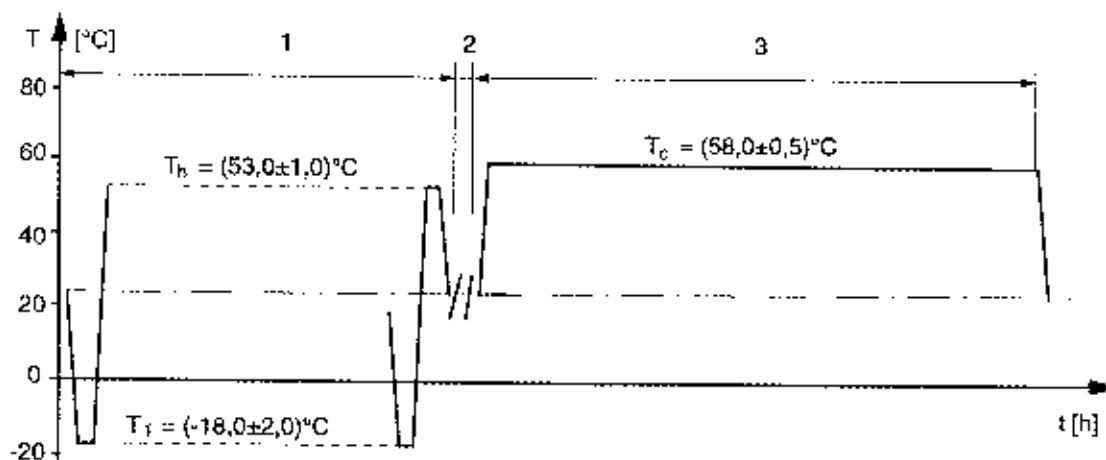
A quebra do vidro não constitui falha. Desta forma, a amostra quebrada deve ser substituída, pois o índice médio de penetração de umidade I_p deve ser calculado sobre cinco unidades.

7.2.6 Condições climáticas na câmara

O procedimento do ensaio de alta umidade e temperatura é composto por duas partes. A condição climática no gabinete é composta por uma primeira parte de 56 ciclos de temperatura de 12 h, variando entre -18 °C e $+53\text{ °C}$, com rampas de 14 °C/h , seguida por uma segunda parte composta de um ciclo de temperatura constante de $+58\text{ °C}$, por sete semanas. As especificações exatas de temperatura, umidade relativa do ar e de tempo, assim como as respectivas tolerâncias, são fornecidas nas Figuras 6 e 7.

NOTA As duas partes do processo podem ser executadas em um único gabinete ou em dois gabinetes separados. Se forem utilizados dois gabinetes, aguardar 2 h a 4 h para mover as peças de ensaio de um gabinete para o outro, para o segundo período.

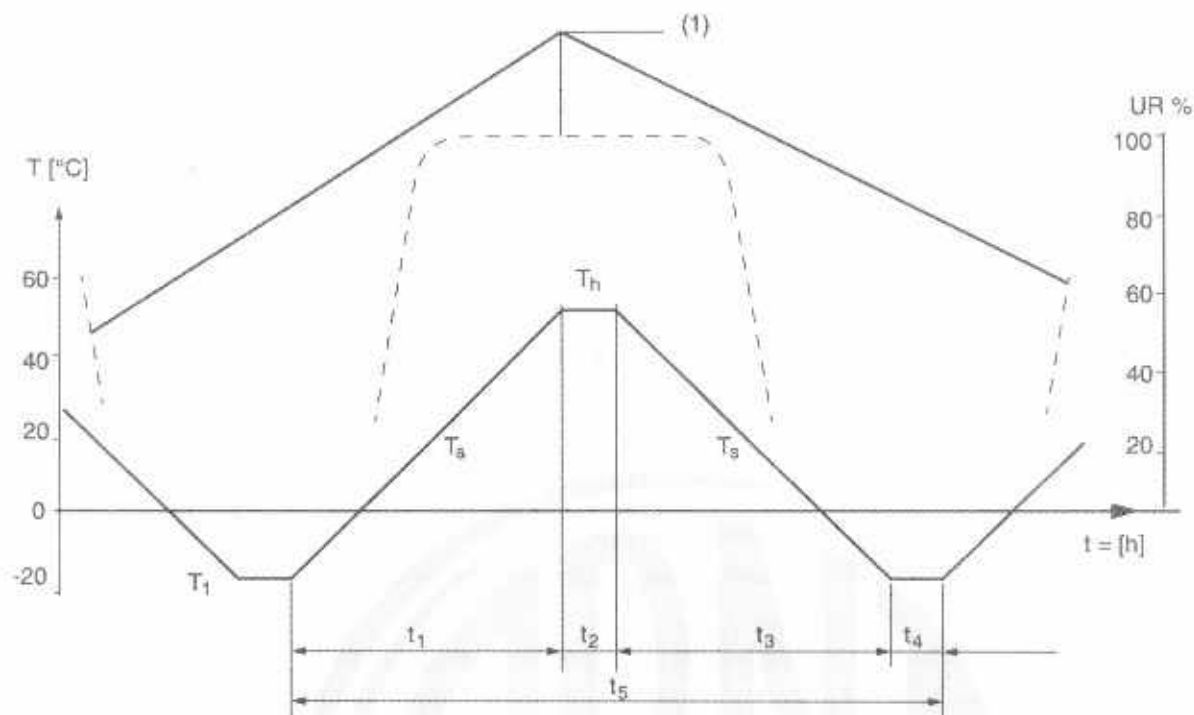
As especificações de temperatura, umidade e tempo, e suas tolerâncias estão indicadas nas Figuras 6 e 7.



Legenda

- 1 os 56 ciclos de temperatura de 12 h (quatro semanas);
 - 2 o intervalo de 2 h a 4 h para movimentar as unidades de ensaio de uma cabine para outra quando são utilizadas duas cabines;
 - 3 (1 176 ± 4) h (sete semanas), à temperatura constante, com umidade relativa ≥ 95 %;
- T_l ciclo de temperatura baixa;
- T_h ciclo de temperatura alta;
- T_c ciclo de temperatura constante.

Figura 6 – Descrição das condições climáticas da cabine



Os intervalos de tempo são:

$$t_1 = 5 \text{ h};$$

$$t_2 = 1 \text{ h};$$

$$t_3 = 5 \text{ h};$$

$$t_4 = 1 \text{ h}.$$

Com tolerância de 1 min, como máximo, sobre cada intervalo de tempo.

O tempo total do ciclo (t_5) é de 12 h.

As temperaturas localizadas no centro das amostras durante o ciclo são:

$$T_1 = (-18,0 \pm 2,0) \text{ }^\circ\text{C (temperatura baixa);}$$

$$T_h = (53,0 \pm 1,0) \text{ }^\circ\text{C (temperatura alta);}$$

$$T_s = (14,0 \pm 2,0) \text{ }^\circ\text{C/h (gradientes).}$$

Legenda

- (1) umidade relativa durante os ciclos de temperatura (correspondendo ao valor mínimo a 95 %). Durante a parte fria do ciclo a alta umidade é interrompida. Em cada finalização dos intervalos, deve-se permitir a condensação.

Figura 7 – Relação temperatura/tempo e umidade/tempo durante o ciclo

NOTA As duas etapas do processo podem ser executadas em uma ou duas cabines separadamente. Quando forem utilizadas duas cabines, as amostras devem ser armazenadas durante 4 h antes de transportar de uma cabine para a outra para completar o ensaio.

As temperaturas e suas tolerâncias, indicadas nas Figuras 6 e 7, são válidas para as unidades, quando estas estão instaladas na região central da cabine de ensaio. A temperatura na região central das amostras de ensaio deve ser registrada continuamente, como também a umidade e a temperatura do ar dentro da cabine.

Qualquer desvio da temperatura e da umidade deve ser registrado no relatório de ensaio.
As temperaturas das outras amostras de ensaio na cabine estão informadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Temperatura das amostras na cabine de ensaio

Ciclos	Baixa temperatura	$T = (T_l \pm 2,0) \text{ } ^\circ\text{C}$
	Alta temperatura	$T = (T_h \pm 1,0) \text{ } ^\circ\text{C}$
	Rampas	$T = (T_s \pm 2,0) \text{ } ^\circ\text{C/h}$
	Temperatura constante	$T = (T_c \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$

Para obter a máxima uniformidade das condições ambientais na(s) cabine(s) de ensaio, durante sua realização, deve-se manter uma distância mínima de 15 mm entre as amostras.

7.2.7 Medição do índice de penetração de umidade

Medir o conteúdo inicial de umidade (U_i) do dessecante das quatro amostras selecionadas (7, 8, 9 e 10), de acordo com a Tabela 4.

Armazenar as unidades durante duas semanas no mínimo, sob as condições ambientais do laboratório, segundo 7.2.3.

Submeter as cinco amostras selecionadas (4, 5, 6, 11 e 12) junto às amostras de reserva selecionadas, segundo a Tabela 4, ao ensaio de condições climáticas da câmara conforme 7.2.6.

NOTA Por motivos de economia de tempo e de custo do ensaio, o fabricante, ou seu representante, pode decidir a quantidade de unidades de reposição a serem entregues desde o início do ensaio, ou que irão ser entregues quando alguma das unidades se romper.

Medir o conteúdo final de umidade (U_f) do dessecante das cinco amostras selecionadas.

Determinar a capacidade de adsorção de umidade de referência U_c segundo o indicado no Anexo B.

Quando for necessário, medir a capacidade de adsorção de umidade de referência U_c sobre as unidades reservas (02, 03, 13 e 14), conforme Anexo B.

Calcular a média do conteúdo inicial de umidade do dessecante (U_{ip}), conforme a equação apresentada a seguir:

$$U_{ip} = \sum_{n=1}^4 \frac{U_{i,n}}{4}$$

Amostras 7, 8, 9 e 10

Calcular a média da capacidade de adsorção de referência (U_{cp}), conforme a equação seguinte:

$$U_{cp} = \sum_{n=1}^2 \frac{U_{c,n}}{2}$$

Amostras 1 e 2

ABNT NBR 16015:2012

Calcular o índice de penetração de cada uma das cinco amostras ensaiadas sob as condições ambientais descritas em 7.2.3, com a equação seguinte:

$$I = 100 \frac{U_t - U_{l,p}}{U_{c,p} - U_{l,p}}$$

Amostras 4, 5, 6, 11 e 12

Calcular a média do índice de penetração de unidade (I) de cada uma das cinco amostras ensaiadas sob as condições ambientais descritas em 7.2.3, com a equação seguinte:

$$I_p = \sum_{n=1}^5 \frac{I_n}{5}$$

A precisão do método de ensaio é de 99 %.

7.3 Características do selante**7.3.1 Selante primário****7.3.1.1 Procedimento para avaliação da quantidade**

Para o ensaio são necessários três quadros de 1 000 mm (± 1 mm) por 300 mm (± 1 mm), com perfis de espessuras mais utilizadas no processo de fabricação. Pesar os quadros, utilizando uma balança semianalítica, sem o selante primário, e registrar o peso. Aplicar o selante primário sobre os lados de 1 000 mm dos perfis que compõem o quadro. Pesar os quadros novamente com o selante e registrar os pesos, a fim de obter a diferença das massas. Calcular a massa do selante por metro linear de perfil.

Registrar os resultados.

7.3.1.2 Procedimento para medição da largura

Separar da produção uma unidade de vidro insulado com os perfis prensados mais utilizados no processo de produção. Medir a espessura do selante primário, uma vez prensado, utilizando paquímetro com a precisão de 0,1 mm, em pelo menos três pontos, e registrar os resultados.

7.3.1.3 Procedimento para avaliação de continuidade

Realizar a verificação visual do atendimento dos requisitos em todas as unidades do lote.

7.3.1.4 Procedimento para avaliação no uso de cantoneiras

Realizar a verificação visual do atendimento aos requisitos em todas as unidades do lote, incluindo o fechamento das suas frestas.

7.3.2 Selante secundário**7.3.2.1 Procedimento para avaliação da continuidade**

Realizar a verificação visual do atendimento dos requisitos em todas as unidades do lote.

7.3.2.2 Homogeneidade da mistura (para selantes bicomponentes)

7.3.2.2.1 As amostras devem ser ensaiadas ao iniciar cada turno de produção, da seguinte maneira:

- selecionar duas peças de vidro isentas de manchas, marcas de óleo, vestígios de digitais ou outra contaminação;
- colocar aproximadamente 10 g de selante recentemente misturado, no centro de uma das peças de vidro;

NOTA Quando for usada máquina misturadora (automática ou manual), o selante é aplicado diretamente da pistola.

- colocar uma segunda peça de vidro sobre o selante, formando um conjunto vidro/selante/vidro. Juntar e pressionar manualmente as duas partes de vidro até que a espessura do selante seja de 1 mm aproximadamente;
- observar ambos os lados e verificar o comprimento com o indicado em 5.5.2.2;
- registrar os resultados.

7.3.2.2.2 O relatório deve indicar a qualidade da mistura de acordo com o verificado neste ensaio, incluindo os dados seguintes:

- identificação da mistura;
- designação e número do lote do selante;
- data do ensaio;
- qualquer desvio do ensaio.

NOTA Há uma alternativa para o método do ensaio descrito acima, que consta na ABNT NBR 15737:2009, D.1.

7.3.2.3 Avaliação da dureza do selante secundário

A medição da dureza é realizada através do durômetro shore A.

7.3.2.3.1 Amostras para ensaio

As amostras são tomadas da seguinte maneira, segundo o tipo de selante:

- selantes de dois componentes: misturar durante 5 m com um misturador espiralado, a uma velocidade de 600 v/m (rpm) no máximo. A mistura deve ser realizada de acordo com a relação e o tempo de secagem (cura/endurecimento) indicado pelo fabricante;
- selantes de um componente: quando forem utilizadas máquinas com o selante pronto para sua utilização, deve-se extrair quantidade suficiente para preencher o molde. O tempo de secagem (cura/endurecimento) é o indicado pelo fabricante.

7.3.2.3.2 Procedimento

7.3.2.3.2.1 Realizar o ensaio da seguinte maneira:

- misturar o selante com misturador espiralado. Colocar a amostra sobre um molde de polietileno de diâmetro interno de 50 mm e a uma profundidade de no mínimo 6 mm;

ABNT NBR 16015:2012

- b) preencher o molde de polietileno, evitando a inclusão de ar no selante, alisando a parte livre com uma espátula;
- c) deixar curar (endurecer) e logo esfriar a amostra, seguindo as indicações do fabricante;
- d) colocar a amostra sobre uma base firme e plana;
- e) medir a dureza na superfície livre, ou alternativamente a superfície cortada, ou a que se adere ao molde de polietileno;
- f) calcular o resultado médio final de cinco pontos diferentes, situados a mais de 12 mm nas bordas e a mais de 15 mm entre as diferentes partes da medição.

O tempo transcorrido desde o momento em que o instrumento faz contato com a superfície livre até a leitura do instrumento deve ser de no máximo, 1 s.

7.3.2.3.2.2 O relatório deve indicar os dados seguintes:

- a) tipo de selante;
- b) número de lote;
- c) número inteiro da dureza indicada, em unidades Shore A;
- d) condições de cura (endurecimento): tempo e temperatura;
- e) máquina misturadora;
- f) superfície livre, em metros quadrados;
- g) qualquer desvio do ensaio.

7.3.2.4 Ensaio de aderência vidro/selante/vidro e perfil/selante/perfil

Este ensaio deve ser realizado nos vidros sem revestimento, com revestimento removido ou não removido, durante a sua produção.

7.3.2.4.1 Amostras

Em condições normais de produção, deve-se extrair uma amostra representativa dos tipos de materiais em uso, preparadas da seguinte maneira:

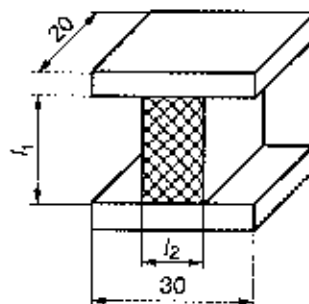
- a) vidro/vidro:

Colocar duas peças de vidro limpas, de 20 mm × 30 mm (ver Figura 8) sobre uma peça espaçadora fixada com fita biadesiva, cujo vão (espaço) deve ser preenchido com selante (o tempo de secagem, temperatura e umidade dependem dos dados proporcionados pelo fabricante do selante);

- b) perfil/perfil:

Colocar duas barras de perfil de 20 mm de comprimento (ver Figura 9), paralelas a uma distância de 11,5 mm entre si e cujo vão possa ser preenchido com selante, utilizando uma placa não aderente no lado oposto (o tempo de secagem, temperatura e umidade dependem dos dados proporcionados pelo fabricante do selante).

Dimensões em milímetros



sendo

 h_1 igual a 25 mm; l_2 igual a 11,5 mm.

Figura 8 – Amostra vidro/vidro

Dimensões em milímetros

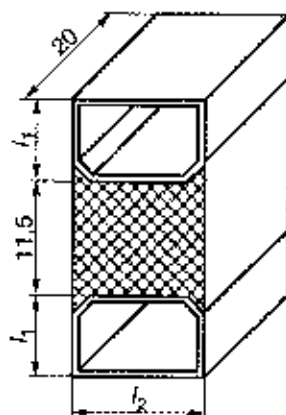
**Legenda:** h_1 altura l_2 espessura

Figura 9 – Amostra perfil/perfil

7.3.2.4.2 Procedimento de ensaio

As amostras devem ser ensaiadas ao início de cada turno de produção da seguinte maneira:

- submeter as amostras (vidro/vidro ou perfil/perfil) a uma pressão de 0,3 MPa durante 10 min;
- a carga a ser aplicada depende da largura dos perfis e das medidas da amostra, e são registrados os resultados;
- como método alternativo para aplicação da carga na amostra, pode ser utilizado o método descrito em 7.3.2.4.2.1.

7.3.2.4.2.1 Para amostras perfil/selante/perfil

A carga de tração (F) é aplicada no corpo de prova, pendurando os pesos sobre ele, conforme indicado na Figura 10. O valor em massa da carga a ser aplicada depende da largura do espaçador (para amostras perfil/perfil).

ABNT NBR 16015:2012

O dispositivo de ensaio, no qual são aplicadas as massas, deve ter o peso de 1,5 kg. Para a realização do ensaio devem ser considerados o peso do dispositivo e a carga de tração de 0,30 MPa. A fim de se obter a massa, adotar o seguinte cálculo:

Considerando que pressão é:

$$\text{Pressão (MPa)} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

E a área do corpo de prova é:

$$l_2 \times 20 \text{ mm} = \text{Área do corpo de prova (mm}^2\text{)}$$

Sendo l_2 a largura do espaçador.

Utilizando a carga de tração a ser aplicada de 0,3 MPa e a área do espaçador, é possível determinar a carga em quilogramas-força (kgf) a ser aplicada, conforme a seguir:

$$\text{MPa} = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$0,30 \text{ MPa} = \frac{\text{N}}{(l_2 \times 20) \text{ mm}^2}$$

$$\text{Carga a ser aplicada em kgf} = \frac{\text{N}}{9,81}$$

Com base nas considerações realizadas anteriormente, adotar a quantidade de peso informada na Tabela 7 mais o peso próprio do dispositivo como sendo a carga a ser aplicada no corpo de prova, dependendo da largura do espaçador (amostras perfil/perfil).

Considerar as seguintes anilhas para a composição do *kit* de cargas a ser utilizado no ensaio:

- cinco peças de 2 kg cada;
- uma peça de 1 kg; e
- uma peça de 0,5 kg.

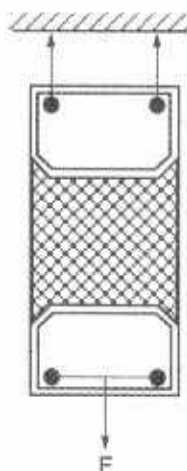


Figura 10 – Método de ensaio geral de aderência espaçador/selante

Tabela 7 – Carga (F) aplicada

Espessura do espaçador mm	Carga aplicada F
5,5	(2)
7,5	(2) + (1)
8,5	(2) + (2)
9,5	(2) + (2) + (0,5)
11,5	(2) + (2) + (1) + (0,5)
13,5	(2) + (2) + (2) + (1)
14,5	(2) + (2) + (2) + (1) + (0,5)
15,5	(2) + (2) + (2) + (2)
17,5	(2) + (2) + (2) + (2) + (1) + (0,5)
19,5	(2) + (2) + (2) + (2) + (2) + (0,5)

7.3.2.4.2.2 Para amostras vidro/selante/vidro

A carga de tração (F) é aplicada no corpo de prova pendurando pesos sobre este, conforme indicado na Figura 10. O valor em massa da carga a ser aplicada é baseado na largura t_2 (11,5mm) e no comprimento do vidro (20 mm).

O dispositivo de ensaio, no qual são aplicadas as massas, deve ter peso próprio de 1,5 kg. Para a realização do ensaio devem ser considerados o peso próprio do dispositivo e a carga de tração de 0,30 Mpa. Para se obter a massa adotar o seguinte cálculo:

Considerar que:

$$\text{Pressão (MPa)} = \frac{\text{Força} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{\text{Área}}$$

E a área do corpo de prova é:

$$11,5 \times 20 \text{ mm} = \text{Área do corpo de prova (mm}^2\text{)} = 230 \text{ mm}^2$$

Utilizando a carga de tração a ser aplicada de 0,3 MPa e a área do corpo de prova, é possível determinar a carga em quilogramas-força (kgf) a ser aplicada, conforme a seguir:

$$\text{Pressão (MPa)} = \frac{\text{Força} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{\text{Área}}$$

$$0,30 \text{ MPa} = \frac{\text{Força (N)}}{11,5 \times 20 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

$$\text{Carga a ser aplicada em kgf} = \frac{69}{9,81} = 7,0$$

ABNT NBR 16015:2012

Considerar o peso próprio do dispositivo (1,5 kgf) para a aplicação da carga de 7,0 kgf. É necessário utilizar duas anilhas de 2 kgf, uma anilha de 1 kgf e uma anilha de 0,5 kgf do *kit* de cargas.

O relatório deve indicar os seguintes dados:

- tipo de selante e lote;
- data do ensaio;
- qualquer desvio do ensaio;
- registro dos resultados do ensaio.

7.3.2.5 Procedimento de ensaio de aderência perfil/vidro

Este ensaio deve ser realizado nos vidros sem revestimento, com revestimento removido ou não removido, durante a sua produção.

Devido às altas tensões aplicadas, a falha na aderência entre o selante e o espaçador não pode ser considerada.

7.3.2.5.1 As amostras devem ser ensaiadas no início de cada turno de produção da seguinte maneira:

- utilizar vidros limpos adquiridos na linha de produção, sendo suas dimensões as mínimas aceitas pelas máquinas de lavagem e prensagem;
- preparar a unidade de vidro insulado como indicado na Figura 11;
- preencher com selante dois dos quatro lados da unidade de vidro insulado;
- colocar a unidade a no mínimo 23 °C, durante o tempo indicado pelo fornecedor do selante;
- cortar o vidro superior pelo meio (ver Figura 11) e levar as metades resultantes à posição B, durante o intervalo de 10 s, usando luvas de proteção;
- observar a existência de falhas na aderência entre o selante e o vidro, ou entre o selante e o revestimento, pois neste caso a amostra está reprovada.
- registrar os resultados.

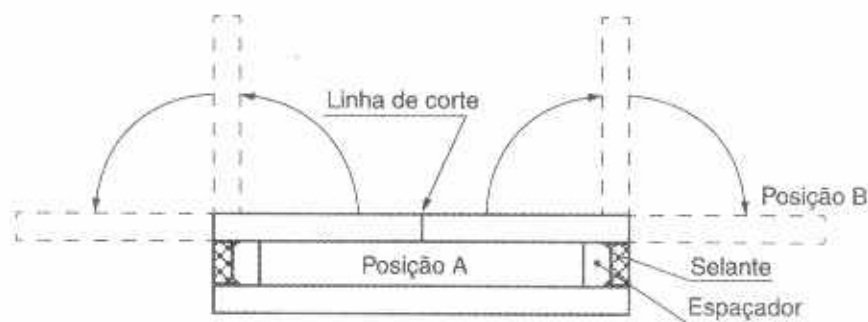


Figura 11 – Método de ensaio de aderência perfil/vidro

7.3.2.5.2 O relatório deve indicar os seguintes dados:

- a) tipo de selante e número de entrega;
- b) tipo de vidro utilizado;
- c) data do ensaio;
- d) qualquer desvio do ensaio.

7.3.2.6 Procedimento para medição da distância borda/espaçador

Realizar a medição com o calibre em três pontos do lado maior, uma no centro e duas nas extremidades, a 100 mm da borda do vidro insulado, com paquímetro de precisão de 0,1 mm. Registrar os resultados.

O relatório deve indicar os seguintes dados:

- a) distância entre a borda do vidro insulado e o espaçador;
- b) data do ensaio;
- c) qualquer desvio do ensaio.

7.4 Avaliação da capacidade de adsorção do dessecante (valor Δt)

As amostras devem ser ensaiadas a cada turno de produção, e/ou quando houver dúvidas sobre as condições do dessecante (por mau armazenamento, por haver transcorrido muitas horas, por manipulação incorreta etc.), da seguinte maneira:

- a) colocar 20 mL de água destilada em um copo plástico com bico desaguador, com capacidade de 50 mL;
- b) medir a temperatura da água, utilizando-se um termômetro com precisão de 0,1 °C, e registrar o resultado como T1;
- c) colocar a amostra com 20 g do dessecante, cuja temperatura deve ser igual à da água (± 2 °C), dentro de outro copo plástico, e pesar em balança com precisão de 0,5 g;
- d) colocar o dessecante dentro do copo com água e tampar com uma tampa de borracha com perfuração para colocar o termômetro;
- e) em seguida, medir a temperatura novamente, registrando o resultado como T2;
- f) com a expressão $\Delta t = T2 - T1$, determinar a diferença de temperatura = Δt . O valor mínimo de aceitação é o recomendado pelo fabricante do dessecante;
- g) registrar os resultados.

O relatório deve indicar os seguintes dados:

- a) designação do dessecante;
- b) capacidade de adsorção do dessecante (valor Δt);

ABNT NBR 16015:2012

- c) data do ensaio;
- d) qualquer desvio do ensaio.

NOTA Recomenda-se a realização do ensaio a cada início e término de turno.

7.5 Avaliação das características do perfil espaçador

7.5.1 Resistência da solda

7.5.1.1 Amostras para ensaio

Tomar uma amostra de cada tipo de espessura do perfil utilizado no dia e cortar 1 m linear.

7.5.1.2 Procedimento

Para controlar a qualidade da solda dos perfis espaçadores é necessário utilizar um *kit* de líquidos que mostram se há alguma falha na soldadura do perfil. Esse *kit* é composto por um líquido penetrante, um produto solvente e outro líquido revelador, para checagem de soldas em perfis metálicos.

Na amostra do perfil do vidro insulado, injetar internamente no perfil o líquido penetrante e aguardar 10 min para que o líquido penetre no perfil.

Após os 10 min, limpar o perfil com o removedor e em seguida aplicar o líquido revelador.

Se aparecerem pontos ou linhas contínuas de outra cor, os perfis devem ser reprovados.

O método pode variar de acordo com o *kit* escolhido, mas o método de avaliação é o mesmo.

Informar os resultados do ensaio em um relatório contendo o tipo de *kit* e os resultados dos perfis avaliados.

7.5.2 Permeabilidade dos furos

7.5.2.1 Amostras para ensaio

Tomar uma amostra de cada tipo de espessura do perfil utilizado no dia e cortar 1 m linear de cada um deles.

7.5.2.2 Procedimento

Tampar um extremo do perfil e insuflar ar pelo extremo oposto, verificando se os furos não se encontram obstruídos.

Registrar os resultados.

O relatório deve indicar os seguintes dados:

- a) designação e número de lote do perfil espaçador;
- b) resultado deste ensaio;
- c) data do ensaio;
- d) qualquer desvio do ensaio.

7.6 Ensaio de estanqueidade

7.6.1 Aparelhagem

- recipiente de medidas adequadas para conter o vidro insulado;
- suportes de 50 mm de altura de um material que seja isolante térmico e não se deteriore por ação da água;
- sistema de calefação de imersão, que permita o aquecimento e a manutenção da temperatura da água, durante a execução do ensaio;
- termopares blindados de cobre-constantan do tipo T (mínimo 4), com leitor de temperatura com precisão de 0,1 °C;
- agitador.

7.6.2 Amostra para ensaio

Painel de vidro insulado de 500 mm x 500 mm, retirado da produção normal, após o tempo de cura adequado dos seus componentes construtivos.

7.6.3 Procedimento

Colocar na base do recipiente os suportes indicados em 7.6.1 b).

Introduzir o vidro insulado no recipiente, apoiando uma de suas faces sobre o suporte, conforme Figura 12.

Adicionar água no recipiente até que seu nível ultrapasse aproximadamente 50 mm do vidro insulado, acionar o agitador e verificar se há desprendimento de bolhas de ar.

Mediante o sistema de calefação de 7.6.1 c), elevar a temperatura da água até $50\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, mantendo-a fixa 30 min, e continuar observando, durante esse intervalo de tempo, se há ou não o desprendimento de bolhas de ar, pois neste caso a amostra está reprovada.

Controlar as temperaturas dentro da água e das zonas próximas aos quatro vértices do painel de vidro insulado mediante o uso dos termopares de do item 7.6.1 d), durante todo o ensaio.

Registrar os resultados com relação ao desprendimento de bolhas de ar.

7.6.4 Relatório de ensaio

O relatório de ensaio deve conter:

- designação do lote de fabricação;
- data do ensaio;
- resultado do ensaio;
- qualquer desvio com relação ao ensaio.

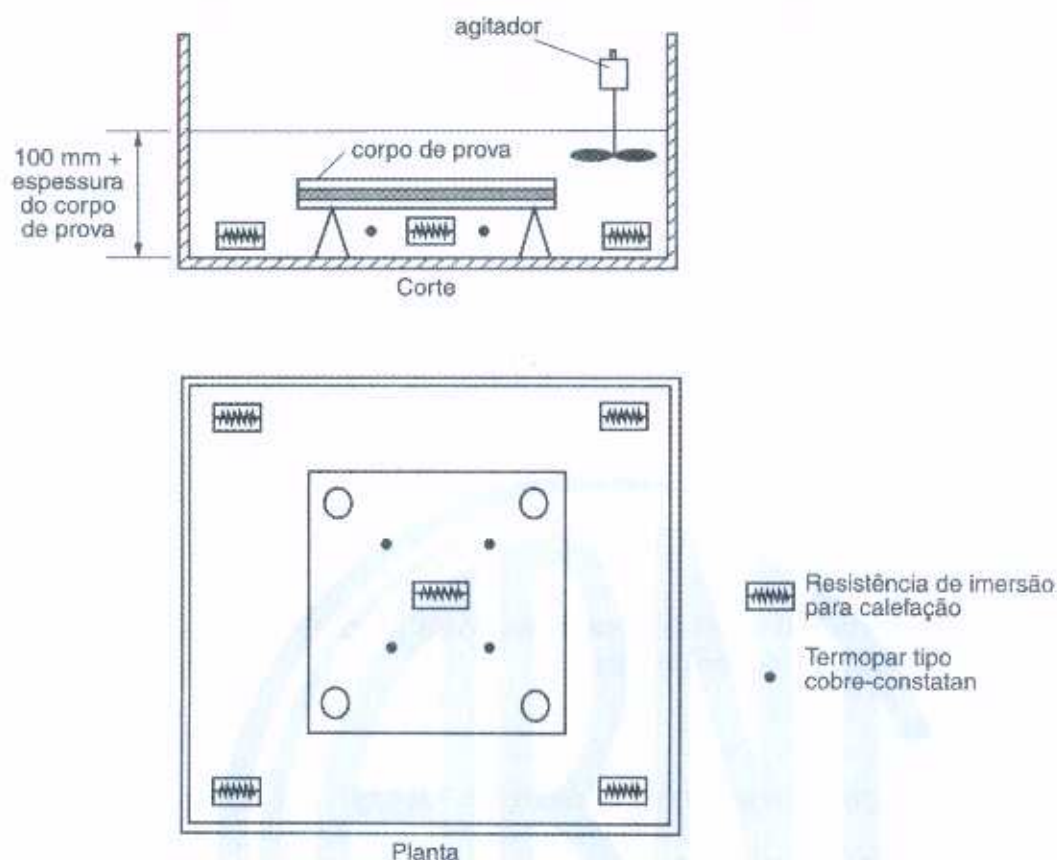


Figura 12 – Disposição das amostras para o ensaio de estanqueidade

7.7 Ensaio de condensação

7.7.1 Aparelhagem

- suporte;
- turbo calefator com tela difusora;
- equipamento de refrigeração com serpentina evaporadora cilíndrica;
- recipiente cilíndrico metálico de 100 mm de diâmetro, isolado, com líquido refrigerante;
- seis termopares tipo cobre-constantan do tipo T, com leitor de temperatura com precisão de 0,1 °C.

7.7.2 Amostra para ensaio

Painel de vidro insulado de 500 mm × 500 mm.

7.7.3 Procedimento

Colocar horizontalmente a unidade selada do vidro insulado sobre o suporte (Figura 13).

Aquecer a face inferior do vidro insulado de forma homogênea e gradual, sem provocar alterações bruscas na conformação do painel de vidro insulado. Para esse aquecimento utilizar o turbo calefator indicado em 7.7.1 b), direcionando o fluxo de calor para o corpo de prova, até alcançar a temperatura de ensaio de 60 °C.

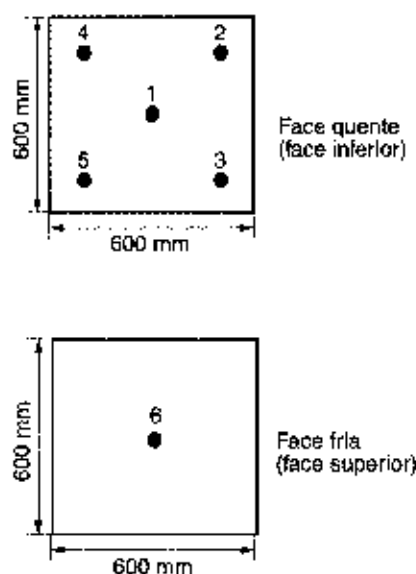


Figura 14 – Localização dos termopares

7.8 Ensaio de embaçamento (*fogging*)

7.8.1 Objetivo

Avaliar a resistência das unidades de vidro insulado ao embaçamento (*fogging*) causado por componentes inseridos na câmara interna do vidro insulado. Estes componentes internos incluem, mas não se limitam a filmes aplicados ou suspensos, componentes decorativos, travessas e revestimentos (*coating*, pintura). Portanto este método de ensaio é aplicável quando houver inclusão de materiais na câmara do vidro insulado.

A construção da unidade utilizada neste método de ensaio contém detalhes construtivos, que são componentes essenciais da amostra. Diferentes tipos de vidro, diferentes espessuras e diferentes tamanhos de câmaras podem afetar os resultados.

7.8.2 Amostras

Cada amostra de ensaio deve ser manufaturada de acordo com o método contido nesta Norma. Cada amostra deve ser fabricada com dois ou três painéis de vidro "float" incolor de espessura de no mínimo 3 mm e no máximo 6 mm, com dimensões de 502 ± 2 mm de comprimento e 352 ± 2 mm de largura. O espaçamento da câmara deve ser de no mínimo 6 mm, devendo estar preenchida com ar.

Para unidades de vidro duplo, pelo menos três amostras de materiais componentes e método de fabricação idênticos devem ser submetidas a ensaio.

Para unidades de vidro triplo, pelo menos cinco amostras de materiais componentes e método de fabricação idênticos devem ser submetidas a ensaio. Para estas unidades o fabricante deverá especificar a superfície exterior.

NOTA Algumas camadas refletivas podem interferir na visualização do embaçamento.

Durante todos os estágios de estocagem e manuseio, as unidades devem ser manipuladas na posição vertical, com igual apoio em todos os planos, sem peso de compressão.

As unidades devem ser aleatoriamente selecionadas para este ensaio e as demais reservadas para substituição, se necessário.

7.8.3 Aparelhagem

7.8.3.1 Câmara

A estrutura do equipamento deve manter a temperatura de 50 ± 3 °C. A fim de que se possa manter esta temperatura, um ventilador pode ser acoplado à caixa, funcionando continuamente (ver Figura 15).

A estrutura do aparelho deve ser de material rígido que minimize a fuga de luz ultravioleta para a área em volta. Um compensado de 1 cm ou 2 cm ou aço inoxidável é adequado para este fim.

A parte interna do aparelho deve possuir uma superfície refletiva. Caso seja utilizado compensado na construção, toda a superfície deve ser forrada com papel alumínio ou outro material refletivo.

Os suportes para o corpo de prova são localizados conforme mostrado na Figura 15.

As placas de refrigeração devem ser de material condutor como bronze ou cobre. Elas devem medir nominalmente 150 ± 5 mm de diâmetro e estar em contato direto com a superfície do vidro durante o ensaio. Alternativamente pode ser usada uma placa quadrada de 130 ± 25 mm \times 25 mm de lado.

A temperatura da água deve ser determinada imediatamente após sua saída de cada placa de refrigeração, como mostrado na Figura 15. A temperatura de refrigeração da água deve ser de (21 ± 2) °C.

7.8.3.2 Fonte de luz ultravioleta

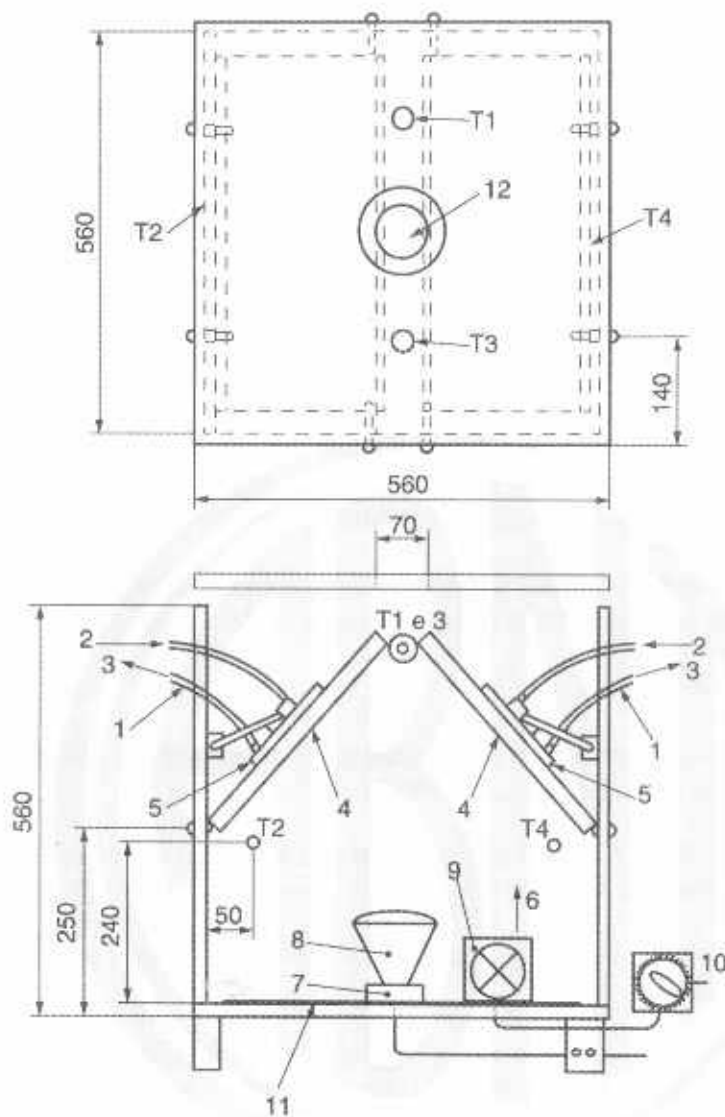
Utiliza-se uma lâmpada ou um conjunto de lâmpadas, com radiação ultravioleta de 40 W/m^2 no mínimo, medida sobre o plano onde está situada a unidade (ver Figura 15).

NOTA A radiação ultravioleta pode ser obtida através de lâmpadas de mercúrio de alta pressão com filamento de tungstênio, simulando a radiação solar (300 W a cerca de 300 mm de distância da unidade de VI).

A câmara deve ter termopares blindados contra a radiação para medir a temperatura da câmara nos locais indicados na Figura 15.

NOTA Cuidado: as fontes de luz ultravioleta utilizadas neste método de ensaio são nocivas ao corpo humano, em especial aos olhos. Medidas de proteção precisam ser observadas.

Dimensões em milímetros



Legenda

- 1 Local para determinação da temperatura da água de refrigeração
- 2 Entrada de água
- 3 Saída de água
- 4 Unidade de vidro insulado
- 5 Placa de refrigeração com 150 mm de diâmetro
- 6 Fluxo de ar
- 7 Soquete
- 8 Lâmpada
- 9 Ventilador
- 10 Transformador para ventilador
- 11 Caixa de compensado revestida de folha de alumínio ou outra superfície refletiva
- 12 Saída de ventilação

Figura 15 – Câmara para ensaio de embaçamento

7.8.3.3 Procedimento

7.8.3.3.1 Preparação da câmara

A placa de refrigeração deve estar limpa e em perfeito contato com a amostra.

Para unidades de vidro insulado com vidro baixo emissivo (*low-e*), a placa de contato deve ser posicionada no vidro com revestimento.

7.8.3.3.2 Procedimento de ensaio

Colocar as duas amostras selecionadas na câmara, conforme a Figura 15, e fechar a tampa antes de acender a lâmpada UV. Posteriormente acender a lâmpada UV.

Manter os termopares (mostrados na Figura 15 como T1, T2, T3 e T4) a uma temperatura de $(50 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

Os ventiladores podem ser utilizados para regular e manter esta temperatura. O diferencial de temperatura entre os termopares 1 e 2, e entre os termopares 3 e 4 não pode exceder $3 ^\circ\text{C}$.

Manter a temperatura da água a $(21 \pm 2) ^\circ\text{C}$. A medição desta temperatura deve ser realizada para cada placa de refrigeração, logo após a sua saída da câmara de ensaio. Como alternativa um resfriador pode ser utilizado para controlar e manter a temperatura indicada.

As amostras devem ser submetidas a estas condições durante um período de 168 h (7 dias).

Para unidades de vidro insulado, compostas de três vidros, as duas câmaras de ar devem ser ensaiadas.

Utilizar, portanto, quatro amostras de vidros insulados para a realização do ensaio, sendo que duas unidades devem ser ensaiadas com a face externa em contato com a placa de refrigeração e duas unidades ensaiadas com a face interna em contato com a placa de refrigeração. O fornecedor deve indicar nas amostras as faces externa e interna.

Após o período de 168 h, retirar as amostras da câmara de ensaio e examinar cuidadosamente se houve ocorrência de embaçamento. A amostra deve ser inspecionada visualmente a uma distância de 500 mm a 750 mm, com a incidência de luz atrás da amostra. Movimentar a amostra em qualquer ângulo, a fim de permitir a sua completa visualização.

Se não houver a ocorrência de embaçamento, o ensaio está concluído e a amostra aprovada. Registrar em documento próprio o resultado.

Se houver a ocorrência embaçamento, registrar a ocorrência em documento próprio com todas as suas características e manter a amostra por 24 h à temperatura ambiente. Após este período reexaminar a amostra; se o embaçamento não for mais visível, o ensaio está concluído e a amostra aprovada. Registrar o resultado em documento próprio.

Se o embaçamento ainda for visível, registrar a ocorrência em documento próprio e manter a amostra por um período adicional de 144 h (6 dias), nas mesmas condições. Após este período reexaminar a amostra; se o embaçamento persistir, reprovar a amostra e registrar os resultados em documento próprio.

ABNT NBR 16015:2012

7.8.3.3.3 Relatório do ensaio

O relatório do ensaio deve conter:

- a) descrição completa da amostra ensaiada:
 - dimensões: comprimento, largura completa do conjunto;
 - tipo e espessura dos vidros;
 - localização do revestimento (se aplicável);
 - espessura da câmara;
 - descrição do espaçador, tipo de espaçador, existência ou não de cantoneiras;
 - tipo e quantidade de dessecante;
 - características das inserções na câmara;
 - tipos de selantes e dimensão;
 - identificação do fabricante;
 - data de fabricação;
 - data do início do ensaio;
- b) duração do ensaio;
- c) temperatura e gradientes de temperatura do ensaio;
- d) presença de embaçamento em todos os períodos indicados pelo ensaio;
- e) quebra do vidro, se observada.

Anexo A (normativo)

Método de ensaio para a medição da temperatura de ponto de orvalho

A.1 Definição

Este método serve de referência para os laboratórios de ensaio. A comparação dos métodos é realizada tomando amostras como indicado em 7.2.5, colocando-as verticalmente sobre os lados menores.

A exatidão deste método prevê um desvio de no máximo 5 °C.

O ponto de orvalho é caracterizado pela aparição de depósitos de água (manchas) sobre a superfície do vidro. Durante a medição da temperatura do ponto de orvalho, a umidade condensa sobre a superfície do vidro usada para a observação. A umidade livre deve ser eliminada, o que leva a temperatura medida do ponto de orvalho a valores mais baixos. Quanto menor o tamanho da peça e mais baixo é o ponto de orvalho, menor é a quantidade de umidade e, em consequência, maior o desvio do ponto de orvalho medido em relação ao ponto de orvalho real.

Para amostras de dimensões normais e temperaturas de orvalho menores que ~ 60 °C, o desvio é grande, sendo o conteúdo de umidade pequeno, fato pelo qual todas as temperaturas de ponto de orvalho podem ser consideradas com o valor de ~ 60 °C.

A.2 Equipamentos e materiais

Utilizar os seguintes materiais e equipamentos:

- célula de resfriamento de acordo com a Figura A.1;
- etanol (para resfriar);
- dióxido de carbono sólido em pedaços (para resfriar);
- termômetro de álcool ou outro instrumento de características similares, com um intervalo de temperatura compreendido entre 30 °C e - 70 °C, com precisão de ± 1 °C.

A.3 Procedimento

A temperatura do laboratório deve ser de acordo com 7.2.3.

Posicionar a célula de resfriamento contra a superfície do vidro limpa, no centro da amostra com algumas gotas de etanol entre o vidro e a superfície espelhada, a fim de se obter uma melhor condutividade térmica.

Colocar o termômetro na célula de resfriamento. Completar a célula com etanol até uma altura de 30 mm a 35 mm.

ABNT NBR 16015:2012

Colocar gradualmente o dióxido de carbono sólido triturado no etanol. O decréscimo de temperatura deve ser de 20 °C sob a temperatura de ponto de orvalho e de 2 °C/min como mínimo.

Observar continuamente a superfície interna do vidro em frente ao espelho.

Tão logo se perceba condensação deve-se registrar a temperatura do líquido (etanol + dióxido de carbono) indicada pelo termômetro de álcool. Esta temperatura é a que se tornará a temperatura de ponto de orvalho.

Dimensões em milímetros

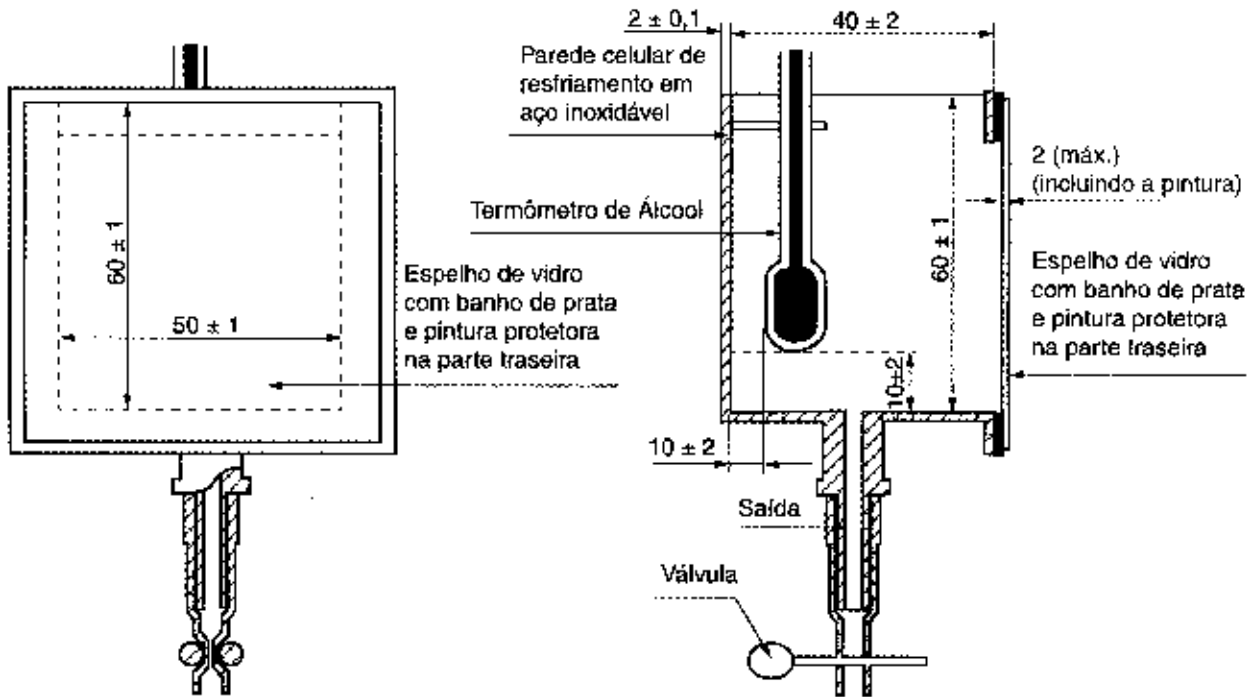


Figura A.1 – Célula de resfriamento e termômetro para determinação do ponto de orvalho

NOTA Pode ser empregado outro método sempre que os resultados forem idênticos aos obtidos conforme o método indicado em A.3.

Anexo B (normativo)

Medição do conteúdo de umidade

B.1 Geral

Existem dois métodos para medir o conteúdo de umidade (U_i , U_f e U_c):

- a) método de secagem a 950 °C, que é aplicável a dessecantes em massa, conforme descrito neste Anexo;
- b) método de Karl Fischer, que é aplicável a dessecantes incorporados em materiais selantes orgânicos, conforme descrito no Anexo C.

Apesar do resultado final do índice de penetração de umidade ser independente do método utilizado, estes não são os valores do conteúdo de umidade.

B.2 Medição do conteúdo de umidade pelo método de secagem a 950 °C

B.2.1 Fundamento

Este método é aplicável a dessecantes em massa.

B.2.2 Condições ambientais

As condições ambientais da sala de medição são indicadas em 7.2.3. Deve-se tomar precaução para evitar pó no ambiente. A sala deve estar fechada para evitar trânsito de pessoas.

B.2.3 Aparelhagem

- a) balança analítica;
- b) recipientes conforme as dimensões indicadas na Figura B.1;

NOTA Recomenda-se o uso de recipientes ou vasilhas com tampas de porcelana.

- c) mufia;
- d) secador.

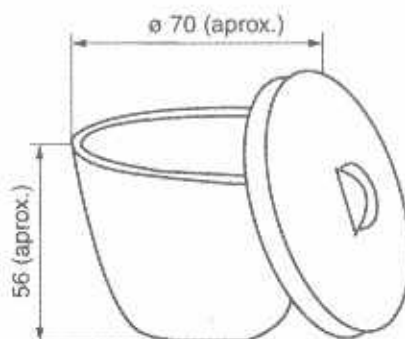


Figura B.1 – Ilustração do recipiente com tampa

B.2.4 Procedimento

Deve-se realizar o seguinte procedimento:

- limpar e secar o recipiente e sua tampa;
- lavar com água destilada e secar por aquecimento a 120 °C;
- resfriar a sala até a temperatura ambiente e pesar o recipiente sem a tampa.

Denominar o valor da massa obtida como m_0 . Repetir o procedimento com todos os recipientes no começo de todas as séries de pesagem.

B.2.5 Conteúdos inicial e final de umidade

Remover o dessecante segundo as alternativas A ou B da seguinte maneira:

- Alternativa A:
 - cortar o selante secundário utilizando um estilete ou faca afiada;
 - retirar um painel de vidro;
 - repetir a operação com o segundo painel de vidro;
 - retirar, quando possível, os espaçadores;
 - cortar o espaçador em sua parte central;
 - pelo corte do espaçador, esvaziar o seu conteúdo no recipiente;
 - quando possível, conservar de 20 g a 30 g da quantidade total, depois de mesclar, se necessário;
 - evitar fragmentos do espaçador ou objetos estranhos no recipiente;
 - colocar a tampa sobre o recipiente e levar ao local de pesagem;
 - 10) pesar o recipiente com o dessecante, sem a tampa (determinar m_i para U_i , e m_f para U_f).

As operações 1 a 3 devem ser realizadas em no máximo 5 min.

As operações 4 a 9 devem ser realizadas em no máximo 3 min.

b) Alternativa B:

- 1) remover o selante de uma superfície para poder colocar uma placa metálica a aproximadamente 60 mm do canto do vidro;
- 2) colocar a placa metálica, que deve conter um furo de 10 mm de diâmetro, sobre a borda do vidro;
- 3) colocar o limitador em um perfurador para evitar que ele transpasse ou penetre na câmara de ar;
- 4) fazer um furo com um diâmetro similar ao da placa metálica;
- 5) colocar o dessecante no recipiente, descartando os primeiros 3 g a 5 g de dessecante, a fim de evitar contaminação com outros materiais;
- 6) conservar de 20 g a 30 g da quantidade total, quando possível; depois misturar, se necessário;
- 7) evitar fragmentos do espaçador ou objetos estranhos no recipiente;
- 8) colocar a tampa sobre o recipiente e levar à sala de pesagem;
- 9) pesar o recipiente com o dessecante, sem a tampa (determinar m_i para U_i e m_f para U_f).

As operações 1 a 3 devem ser realizadas em no máximo 5 min.

As operações 4 a 8 devem ser realizadas em no máximo 3 min.

Colocar a tampa para assegurar que não haja penetração de pó e nem perda do dessecante, logo que o recipiente for levado à estufa.

Retirar a tampa do recipiente e colocá-lo na estufa, desde a temperatura da sala até 950 °C em (60 ± 20) min. Manter a estufa a (950 ± 50) °C durante (120 ± 5) min como mínimo.

NOTA A temperatura de 950 °C é aplicada a zeólita, gel de silício e misturas. A vantagem desta temperatura é que depois de seco o dessecante deixa de ser ativo, o que reduz a possibilidade de erro.

Tomar o recipiente com seu conteúdo, colocar a tampa e deixá-lo resfriar (natural ou em resfriador) até que se alcance a temperatura ambiente. Depois pesar o recipiente com o dessecante, sem a sua tampa (m_f).

Calcular o conteúdo de umidade com as seguintes fórmulas:

a) conteúdo inicial de umidade:

$$U_i = 100 \times \frac{m_i - m_f}{m_f - m_0} \quad (\text{B.1})$$

b) conteúdo final de umidade:

$$U_f = 100 \times \frac{m_f - m_f}{m_f - m_0} \quad (\text{B.2})$$

ABNT NBR 16015:2012

- c) quando em uma mistura de material dessecante com material não dessecante, o material não dessecante é substituído por material dessecante e é calculada a relação R com a seguinte fórmula:

$$R = \frac{M_m}{M_t} \quad (\text{B.3})$$

Neste caso os valores obtidos com as fórmulas (B.1) e (B.2) são denominados ($U_{i,u}$) e ($U_{f,u}$).

Calcular o valor real do conteúdo de umidade com as seguintes fórmulas:

$$U_i = R \times U_{i,u} \quad (\text{B.4})$$

$$U_f = R \times U_{f,u} \quad (\text{B.5})$$

B.3 Capacidade de adsorção de umidade de referência

Tomar o recipiente com seu conteúdo, colocar a tampa e deixá-lo resfriar (natural ou em resfriador) até que se alcance a temperatura ambiente. Depois pesar o recipiente com o dessecante, sem a sua tampa (m_r).

Tomar de 20 g a 30 g de dessecante das unidades selecionadas para este fim conforme B.2.5. Nesta etapa o recipiente não é pesado. Se o dessecante for retirado de um tambor, colocar em um recipiente preparado conforme B.2.4.

Preparar e manter a umidade relativa a 32 % em um secador (estufa, sala) da seguinte maneira:

- preparar uma solução saturada de sal de cloreto de cálcio hidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) a $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ até que os cristais não se dissolvam mais;
- controlar permanentemente durante todo o ensaio, para que haja pequenos cristais sem dissolvê-los (assegurando-se desta forma de que a solução seja saturada);
- colocar a solução saturada no fundo de um secador e fechá-lo, deixando-o secar por 24 h até que atinja o equilíbrio.

NOTA O ambiente criado com a solução de cloreto de cálcio simula as condições ambientais limites, conforme 7.2.3 e 7.2.4.

Umidificar o dessecante até o seu equilíbrio dentro das condições ambientais:

- colocar o recipiente que contém o dessecante, sem a tampa, sobre a solução a uma distância aproximada de 20 mm da solução, colocando-a de tal maneira que exista uma livre circulação de ar condicionado, sem contato entre ambas;
- fechar novamente o recipiente por um período de quatro semanas. Durante todo esse período devem ser feitas inspeções e controles para assegurar que haja pequenos cristais não dissolvidos, garantindo que a solução continue saturada;
- após quatro semanas, pesar o recipiente com o dessecante, em um tempo de no máximo 30 s. Após a pesagem, retornar o recipiente ao secador, deixando-o por mais uma semana;
- voltar a pesar o recipiente com o dessecante em um tempo máximo de 30 s. Se os dois valores sucessivos obtidos diferirem em mais de 0,005 g, deve-se colocar novamente o recipiente no secador, sobre a solução saturada de cloreto de cálcio, durante quantos períodos forem necessários, de maneira a se obter uma massa constante.

Denominar este valor de massa constante como m_c .

Colocar a tampa sobre o recipiente e levar à estufa. Deve-se assegurar que não haja penetração de pó, e também perda de dessecante do recipiente.

Remover a tampa e colocar o recipiente com o dessecante no forno. Aquecer desde a temperatura ambiente até a temperatura de 950 °C em (60 ± 20) min. Manter a temperatura a (950 ± 50) °C durante (120 ± 5) min no mínimo.

Retirar do forno o recipiente que contém o dessecante, colocar a tampa, e deixar o recipiente resfriar em um secador até atingir a temperatura ambiente. Pesá-lo com o dessecante sem a tampa (m_r).

Calcular a capacidade normalizada de adsorção de umidade, em forma decimal ou percentual.

$$U_c = 100 \times \frac{m_c - m_r}{m_r - m_o} \quad (\text{B.6})$$

Anexo C (normativo)

Método de Karl Fischer

C.1 Fundamento

Este método é aplicável a dessecantes incorporados no selante orgânico.

C.2 Condições ambientais do laboratório

As condições ambientais do laboratório estão indicadas em 7.2.3. Devem ser tomadas precauções para reduzir ao mínimo o pó no ambiente. A sala deve estar fechada para evitar o trânsito de pessoas.

C.3 Aparelhagem

C.3.1 Balança analítica.

C.3.2 O método de ensaio necessita dos seguintes elementos de Karl Fischer (KF):

- titulador KF;
- reativos KF;
- dissolventes KF;
- bureta KF;
- forno tubular KF;
- calculador KF;
- secador.

Adicionalmente, as seguintes reações:

- nitrogênio ($N_2 + Ar > 99,995 \%$, $H_2O < 5 \text{ ppm}$, $O_2 < 2 \text{ ppm volume}$);
- tartrato de sódio ($[CHOHCOONa]_2 \cdot 2H_2O$) ou citrato de potássio ($C_6H_5K_3O_7 \cdot H_2O$).

NOTA 1 O comprimento da conexão entre o forno KF e o titulador deve ser de no máximo 200 mm.

NOTA 2 Podem ser utilizadas as seguintes combinações de reagentes e solventes:

- reagente KF nº 34805 com solvente nº 34914;
- reagente KF nº 34801 com solvente nº 34800.

C.4 Procedimento

C.4.1 Antes de colocar a amostra no forno KF, realizar a seguinte preparação:

- aquecer o tubo do forno a $(200 \pm 5) ^\circ\text{C}$ e introduzir um fluxo de nitrogênio de (200 ± 20) mL/min durante (60 ± 1) min;
- verificar se não há vazamentos causados por conexões que não sejam herméticas;
- manter constante o fluxo de nitrogênio de (200 ± 20) mL/min e a temperatura do forno em $(200 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- registrar a curva de secagem, durante 10 min, com um intervalo de 1 min;
- colocar $(0,2 \pm 0,02)$ g de tartrato de sódio, e $(0,5 \pm 0,05)$ g de citrato de potássio na estufa, mantendo o fluxo de nitrogênio em (200 ± 20) mL/min, e a temperatura da estufa em $(150 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- registrar a curva de secagem durante 60 min, com intervalos de 5 min;
- calibrar sobre a base dos resultados obtidos em d) e f).

C.4.2 Medir os conteúdos inicial e final de umidade de acordo com o seguinte:

- preparar uma base de acordo com a Figura C.1;
- pesar a base;
- designar o valor de massa obtido como m_0 ;
- abrir a unidade de vidro insulado a partir do centro de cada uma das laterais, retirar aproximadamente 0,5 g de selante que contenha material dessecante incorporado, como indicado nas Figuras C.2 e C.3;

NOTA A quantidade necessária é obtida a partir da extração de um pedaço de aproximadamente $0,5 \text{ cm}^3$.

Dimensões em milímetros

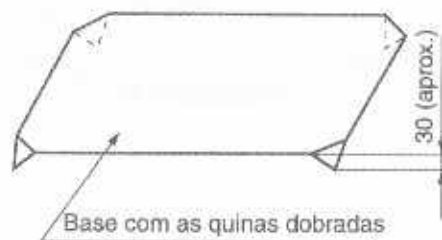


Figura C.1 – Exemplo de base

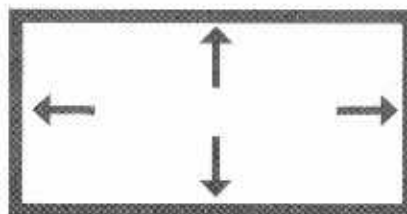


Figura C.2 – Exemplo de unidade de vidro insulado, mostrando os locais de onde extrair as amostras de material dessecante

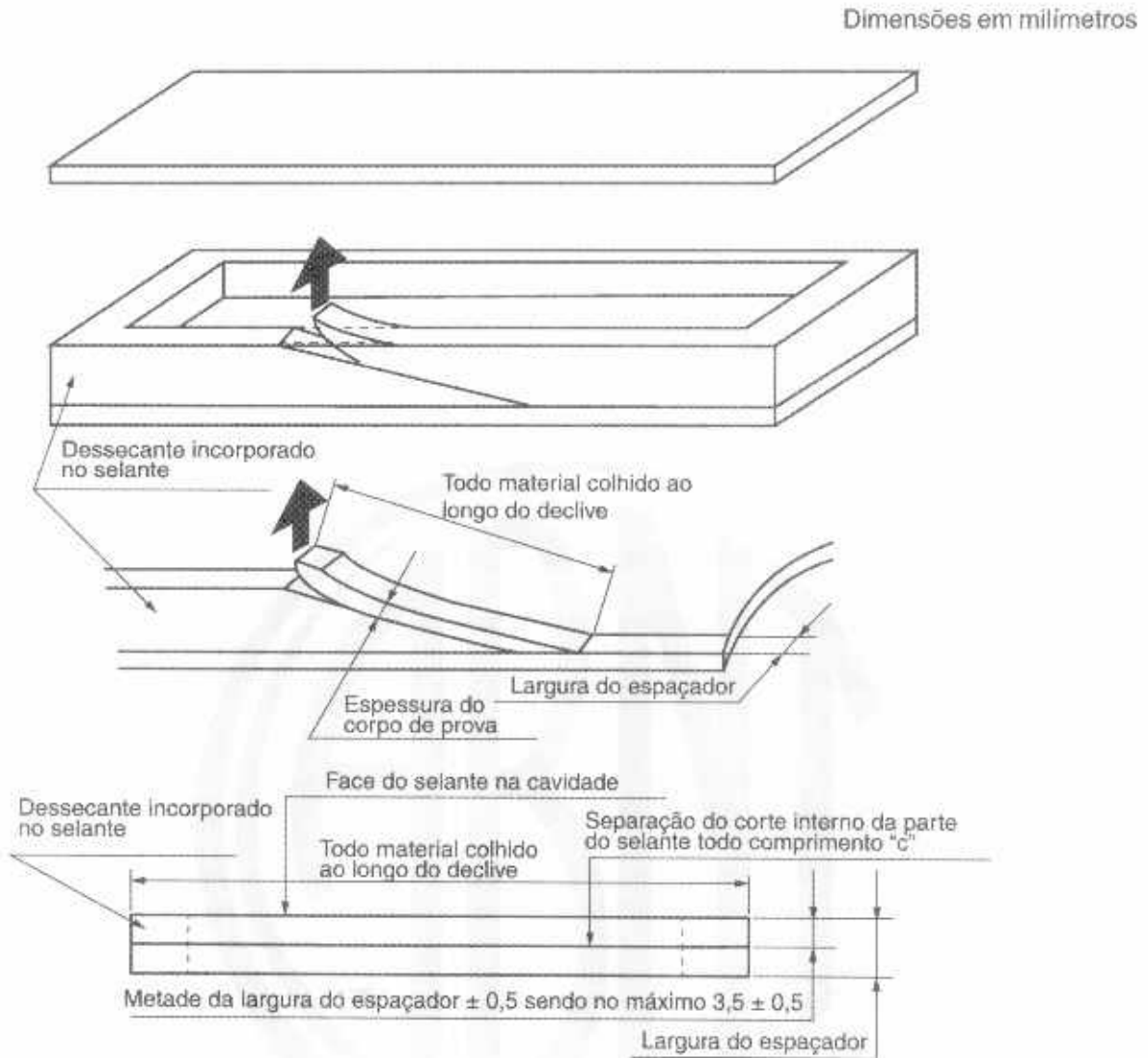


Figura C.3 – Exemplo de como retirar as amostras de selante com dessecante incorporado

NOTA Quando as unidades de vidro insulado em que o selante está incorporado ao material dessecante e que contiverem uma barreira impermeável à umidade, as amostras podem ser retiradas conforme as Figuras C.2 e C.4.

- a) evitar outros materiais que contenham dessecante;
- b) colocar todas as amostras sobre um suporte conforme a Figura C.5;
- c) pesar o suporte com as amostras;
- d) designar o valor obtido como sendo " m_1 ", quando medir o conteúdo de umidade inicial, e " m_f ", quando se medir o conteúdo final de umidade;
- e) colocar o suporte com a amostra sobre uma base de metal;
- f) colocar a base de metal dentro da estufa que deve estar estabilizada em $(200 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- g) a base com a amostra deve ser colocada no forno em um tempo máximo de 15 min;

- h) guardar, como reserva, uma amostra em reservatórios estanques e secos;
- i) manter constante o fluxo de nitrogênio de (200 ± 20) mL/min e a temperatura da estufa a $(200 \pm 5)^\circ\text{C}$ durante (150 ± 1) min;
- j) registrar a curva de secagem a intervalos de 15 min;
- k) introduzir os valores $(m_i - m_0)$ e $(m_f - m_0)$, no calculador KF;
- l) ler o conteúdo de umidade da amostra U_i e U_f no calculador KF.

Dimensões em milímetros

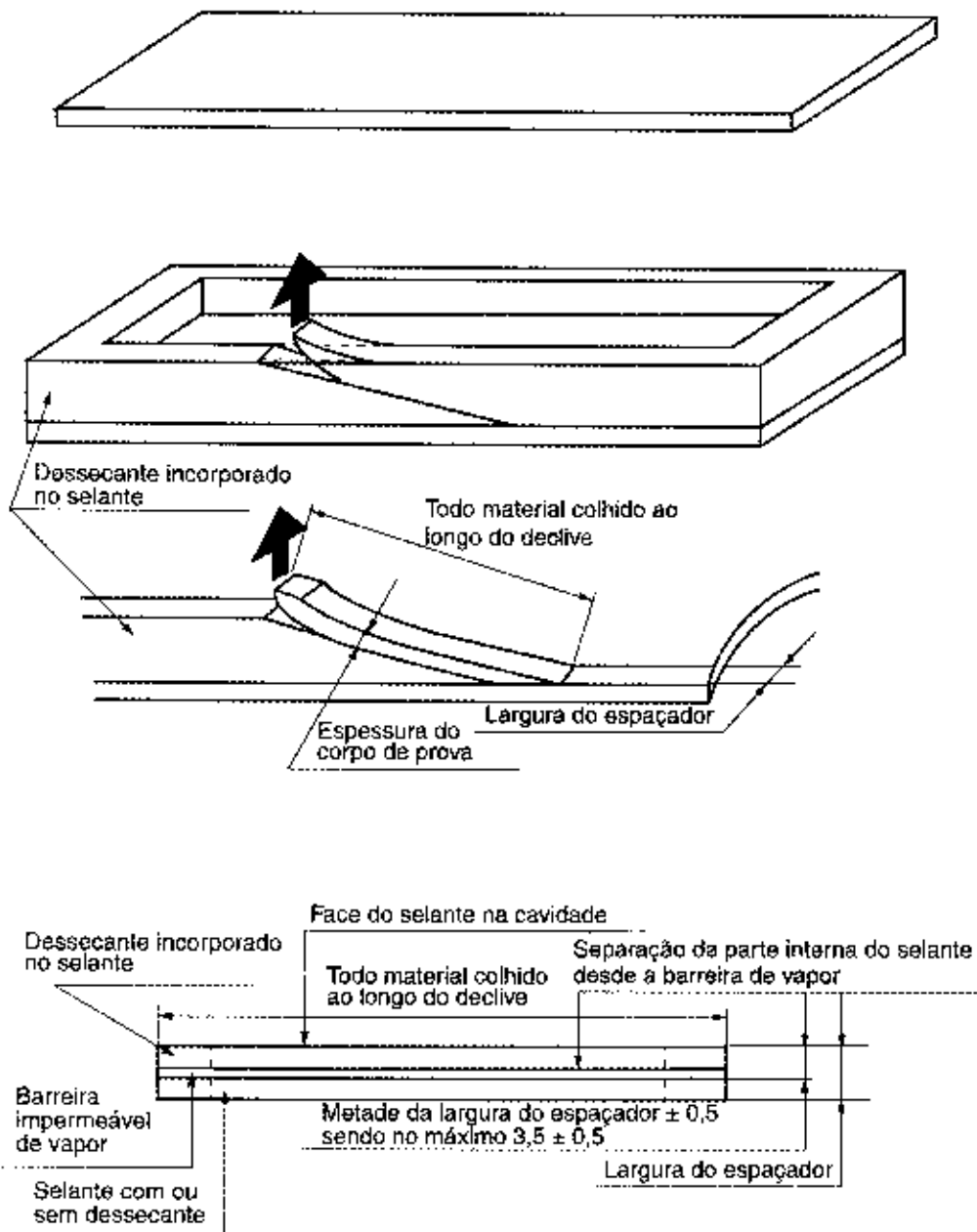


Figura C.4 – Exemplo de como obter a amostra do selante com o desseccante incorporado e barreira impermeável à penetração do vapor de água

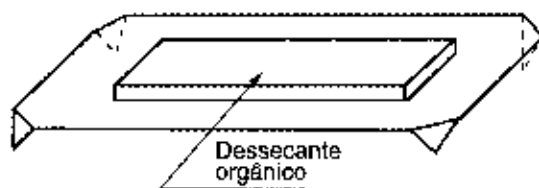


Figura C.5 – Exemplo da amostra do dessecante colocada sobre uma base

C.4.3 Medir a capacidade de adsorção de umidade de referência, de acordo com o seguinte:

- a) tomar uma quantidade de dessecante de um lote de provisão, ou remover da unidade de vidro insulado, como indicado em C.4.2 d);
- b) preparar quatro amostras de aproximadamente 2 g, e colocar sobre bases de massa ($m_{0,m}$);
- c) acondicionar o dessecante a uma UR de 31 % e a uma temperatura de $(55 \pm 1) ^\circ\text{C}$, como a seguir:
 - preparar uma solução saturada de cloreto de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) em água a $(55 \pm 1) ^\circ\text{C}$;
 - controlar permanentemente durante todo o ensaio que existam pequenos cristais sem dissolver (assegurando desta forma que a solução esteja saturada);
 - colocar o recipiente com a solução saturada no dessecador e fechar;
 - deixar atingir o equilíbrio durante 24 h no mínimo.

NOTA O ambiente criado com a solução de cloreto de magnésio simula as condições limites estabelecidas em 7.2.4.

C.4.4 Umidificar as amostras para encontrar a máxima proporção de referência, de acordo com o seguinte:

- a) colocar a base com as amostras submergidas, aproximadamente 20 mm na solução e suportada de tal forma que existam condições de fluxo livre;
- b) não permitir que exista contato entre a solução com a base e as amostras;
- c) manter a exposição durante 21 semanas;
- d) controlar permanentemente, durante todo o ensaio, a existência de pequenos cristais sem dissolver, assegurando desta forma que a solução esteja saturada;
- e) manter a temperatura da cabine em $(55 \pm 1) ^\circ\text{C}$;
- f) pesar as amostras com intervalos de três semanas durante 21 semanas;
- g) colocar em um gráfico as massas medidas em função do tempo de exposição;
- h) observar quando a curva alcança um ponto de equilíbrio;
- i) designar o valor da massa como $m_{c,m}$;
- j) se o equilíbrio não for alcançado dentro das 21 semanas de exposição, continuar com o procedimento repetindo a pesagem com um intervalo de três semanas, até que dois valores sucessivos sejam inferiores a 0,000 2 g.

Colocar a base com o material orgânico sobre os (trilhos/barras de metal), em 3 min no máximo, e introduzir dentro do forno, previamente estabilizado em $(200 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$;

Manter o fluxo de nitrogênio em $(200 \pm 20) \text{ mL/min}$ e a temperatura do forno a $(200 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ durante $(150 \pm 1) \text{ min}$;

Registrar a curva da secagem com intervalos de 15 min;

Introduzir os valores correspondentes $(m_{c,m} - m_{o,m})$ no calculador KF;

Ler o conteúdo de umidade da amostra $U_{c,m}$ no calculador KF.

Calcular o conteúdo de umidade, U_c , da unidade com a equação seguinte:

$$U_c = \sum_{m=1}^4 \frac{U_{c,m}}{4} \quad (\text{C.1})$$

Anexo D **(informativo)**

Aplicação do vidro insulado na construção civil

Para satisfazer os aspectos relativos à segurança, economia de energia e um melhor desempenho do produto durante sua vida útil, recomenda-se cumprir o descrito em D.1, D.2, D.3 e D.4.

D.1 Ancoragem adequada (caixilho)

Entende-se que a ancoragem adequada é aquela que:

- permite que toda a extremidade (borda) do vidro insulado fique protegida do contato com a atmosfera, salvo se for utilizado selante estrutural (ver 5.5.2.2);
- possui drenos que impeçam o estancamento de água e condensação em longo prazo, causando vapor de água que possa atacar a selagem do vidro insulado;
- possui um rebaixo para comportar a unidade de vidro insulado com altura suficiente para proteger a segunda selagem de raios UV, bem como para impedir que intempéries, forças e pressões de vento incidam sobre o vidro insulado, comprometendo o seu desempenho.

D.2 Condições de instalação para vidros insulados

As condições de instalação podem variar de acordo com os tipos de materiais e/ou acessórios utilizados para fabricação da ancoragem (caixilho) para fixação do VI. A borda da unidade de VI que suporta a carga do produto deve estar nivelada ao perfil, bem como deve estar protegida do contato com materiais de densidade e dureza que possam danificar o vidro e o selante secundário do VI.

Para a utilização de VI especiais, como vidro resistente ao fogo, vidros multilaminados ou outros, consultar o fabricante sobre as características do produto para estabelecer requisitos de instalação.

D.3 Determinação da espessura do vidro insulado

As espessuras dos vidros insulados devem ser dimensionadas primeiramente para atender às solicitações mecânicas a que estarão expostos como cargas de vento, cargas acidentais, manipulação etc. Devem ser considerados também no cálculo da espessura a região onde será instalado o vidro, os tipos de vidros que compõem a unidade de vidro insulado e a existência ou não de caixilho. No caso de utilização de vidros de grandes dimensões, a determinação das espessuras deve levar em conta as pressões internas e externas, pois estes são mais suscetíveis a essas pressões. Recomenda-se a utilização de vidros com variação não maior que 2 mm entre suas espessuras na composição do vidro insulado.

D.4 Compatibilidade

O material utilizado na instalação do vidro insulado (caixilho, gaxetas, selantes, acessórios) deve ter compatibilidade com o material de selamento de borda do vidro insulado e com o objetivo do projeto, para não afetar o uso e o desempenho esperados do produto, bem como sua vida útil.

Recomenda-se verificar a compatibilidade entre os materiais dos calços, espaçadores ou qualquer elemento que possa entrar em contato direto com o vidro e o selante secundário.

Anexo E (informativo)

Qualidade ótica e visual de um VI

E.1 Colorações de interferência (franjas de Brewster e anéis de Newton)

Quando as superfícies da placa de vidro estão aproximadamente paralelas e a qualidade da superfície é alta, o vidro insulado pode mostrar interferências de coloração. Estas são linhas que variam de cor como resultado da decomposição da luz. Quando o sol é a fonte de luz, as cores variam de vermelho a azul. Este fenômeno não implica uma falha, pois é inerente à construção da unidade de VI.

Alguns vidros processados também mostram uma coloração inerente ao produto, por exemplo, o vidro temperado.

E.2 Deformações no vidro devido a variações de temperatura, de pressão atmosférica e de altitude

As variações de temperatura, de pressão atmosférica e de altitude fazem contrair ou expandir o ar e/ou o gás no interior da câmara de ar, provocando, em consequência, desvios na placa de vidro, o que resulta em distorção nas imagens refletidas. Estes desvios, que não podem ser evitados, indicam variações nas condições do ambiente. Sua magnitude depende em alguma forma da rigidez e do tamanho das placas de vidro, como também da espessura da câmara de ar. O tamanho pequeno, os vidros grossos e/ou as câmaras de ar pequenas reduzem de maneira significativa estes desvios.

Portanto, quando um VI é transportado a lugares cuja diferença de pressão em relação ao lugar de origem deve-se utilizar um dispositivo de equalização para compensar as diferenças de pressão entre o interior da câmara e o meio ambiente.

E.3 Condensação externa

A condensação externa nas unidades de VI é produzida sobre as faces externas (ver 3.4).

Quando for produzida sobre a superfície interna, deve-se principalmente a um alto índice de umidade no interior da câmara, além da baixa temperatura no ambiente exterior, sendo as cozinhas, os banheiros e as outras áreas de alto nível de umidade particularmente suscetíveis.

Quando a condensação for produzida sobre a superfície externa, deve-se principalmente à perda de calor durante a noite da superfície externa do vidro, devido à radiação infravermelha de um céu aberto, além do alto índice de umidade, ainda que sem chuva, na atmosfera exterior.

Estes fenômenos não constituem falhas no vidro insulado, pois são devidas às condições atmosféricas.

Bibliografia

- [1] IRAM 12577:1995, *Doble vidriado hermético. Ensayo de condensación*
- [2] IRAM 12580:1995, *Doble vidriado hermético. Ensayo de estanquidad*
- [3] IRAM 12598-1:2005, *Doble vidriado hermético – Parte 1: Características y requisitos*
- [4] IRAM 12598-2:2005, *Doble vidriado hermético – Parte 2: Métodos de ensayo*
- [5] UNE-EN 1279-1:2006, *Vidrio para la edificación. Unidades de vidrio aislante – Parte 1: Generalidades, tolerancias dimensionales y reglas para la descripción del sistema*
- [6] UNE-EN 1279-2:2003, *Vidrio para la edificación. Unidades de vidrio aislante – Parte 2: Método de ensayo a largo plazo y requisitos en materia de penetración de humedad*
- [7] UNE-EN 1279-3:2003, *Vidrio para la edificación. Unidades de vidrio aislante – Parte 3: Método de ensayo a largo plazo y requisitos en materia de tasa de fuga de gas y de tolerancia de concentración de gas*
- [8] UNE-EN 1279-4:2002, *Vidrio para la edificación. Unidades de vidrio aislante – Parte 4: Métodos de ensayo para las propiedades físicas de los sellados perimetrales*
- [9] ASTM E 2189-02, *Standard Test Method for testing resistance to fogging in insulating glass units*