INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

COMUNICAÇÃO TÉCNICA

Nº 178649

Inspeções em esquadrias externas, caixilhos: como avaliar uma esquadria externa por meio de ensaios

Claudio Vicente Mitidiéri Filho

Palestra apresentada no CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕS E PERÍCIAS, 22., 2023, São Paulo. 27 slides

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **REPRODUÇÃO PROIBIDA**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br

INSPEÇÕES EM ESQUADRIAS EXTERNAS (CAIXILHOS)

Como AVALIAR uma esquadria EXTERNA por meio de ensaios

XXII COBREAP

EXCELÊNCIA TÉCNICA: INOVAÇÃO, NORMAS E CAPACITAÇÃO

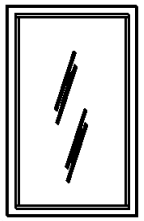
11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO

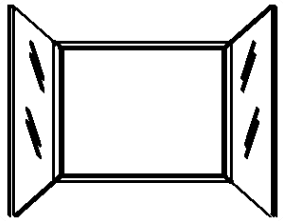
ibape SP
Qualidade em perícias e avaliações

IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia

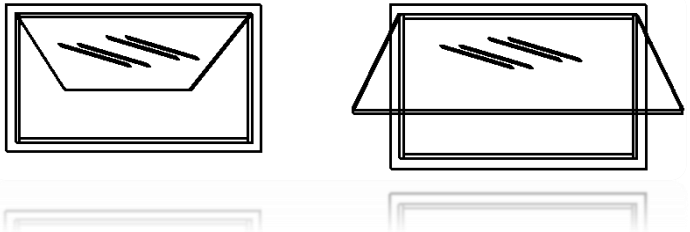
ESQUADRIAS – EXEMPLOS USUAIS



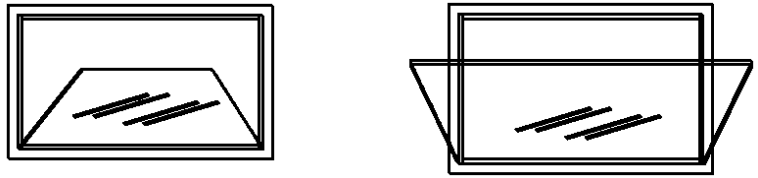
Esquadria de folha fixa



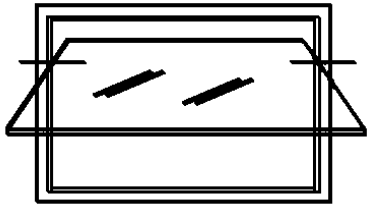
Esquadria de giro e pivotante



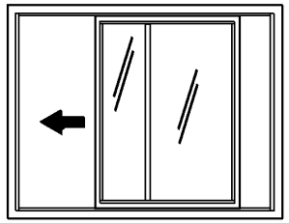
Esquadria projetante



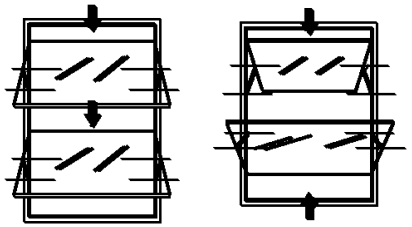
Esquadria de tombar



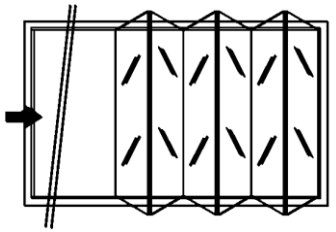
Esquadria basculante



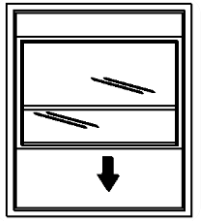
Esquadria de correr



Esquadria de projetante-deslizante (maxim-ar)



Esquadria sanfona (camarão)



Esquadria guilhotina

Entre outras...

INSPEÇÕES DE ESQUADRIAS

Pressões de Projeto

Localização da edificação

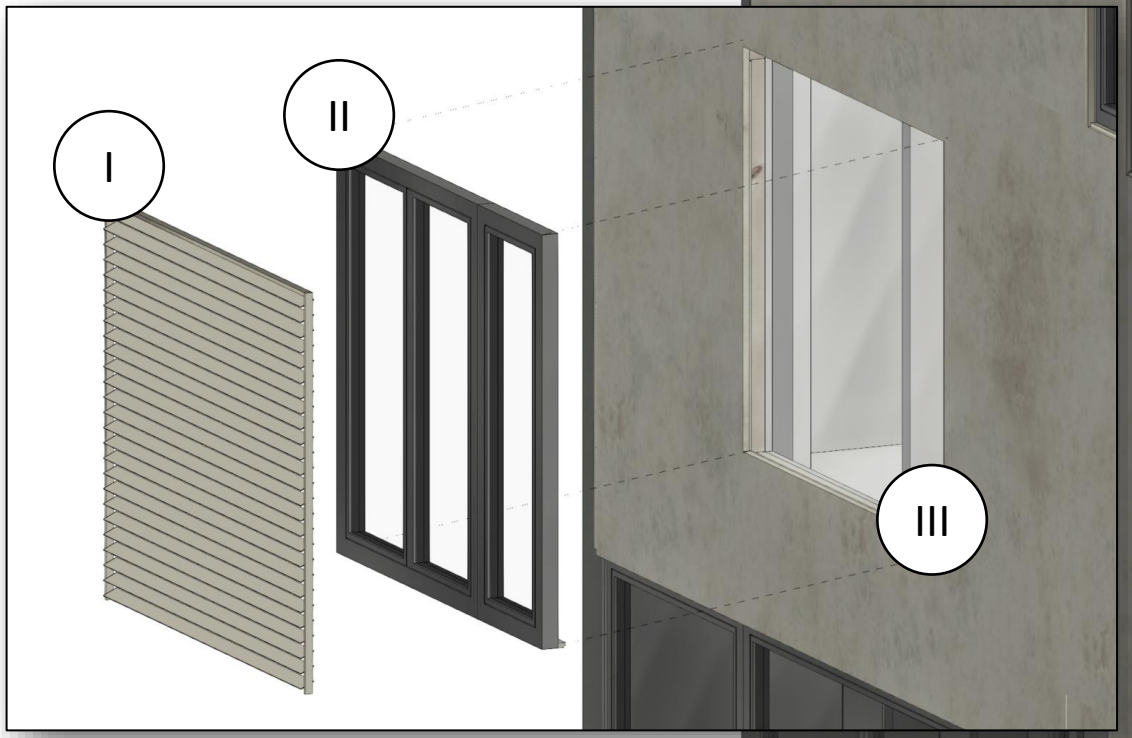
Altura da edificação

Direcionamento para os ensaios

I – Inspecionar e verificar as **venezianas/persianas das esquadrias**.

II – Inspecionar e verificar **os perfis, os vidros, guarnições e fechaduras embutidas**.

III – Inspecionar e verificar **as interfaces** da esquadria com a edificação – juntas e vedações.

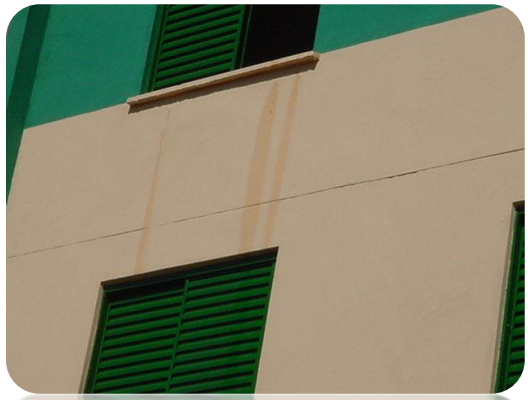


EXEMPLOS DE PROBLEMAS EM ESQUADRIAS

Deterioração generalizada

Oxidação (ferrugem vermelha) total e quebra parcial

EXEMPLOS DE PROBLEMAS EM ESQUADRIAS



Interface com pingadeiras

Mancha interna de umidade

Interface com paredes de fachadas

Interface com pingadeiras

EXEMPLOS DE PROBLEMAS EM ESQUADRIAS

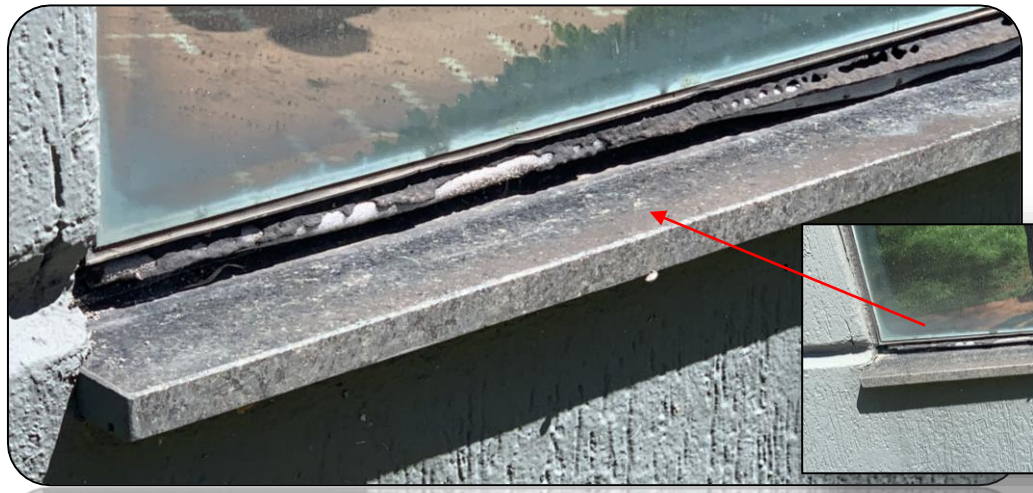
Acúmulo de sujidade no beiral interno

Falhas no selante (vedação)

Sinais de umidade (infiltração)

Inexistência (ausência) de pingadeira

EXEMPLOS DE PROBLEMAS EM ESQUADRIAS

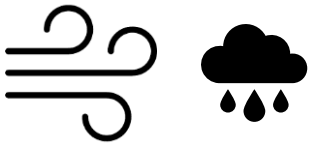


ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO CIVIL

Ensaio em Túnel de vento

Edificações

Obter **Pressões nas Esquadrias** (Pressão de projeto)



CLASSIFICAÇÃO (ABNT NBR 10821-2:2017)

Edifícios com desnível, considerar a diferença de cota em relação ao ponto mais baixo do terreno ao ponto mais alto da edificação com janela.

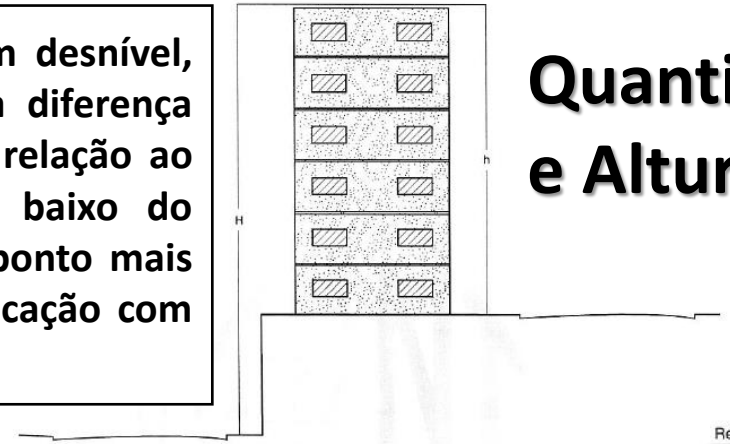


Figura 1 – Altura a ser considerada em relação ao ponto mais baixo do ter
mais alta da edificação

Quantidade de pavimentos e Altura da edificação (I)

Localização da edificação (II)

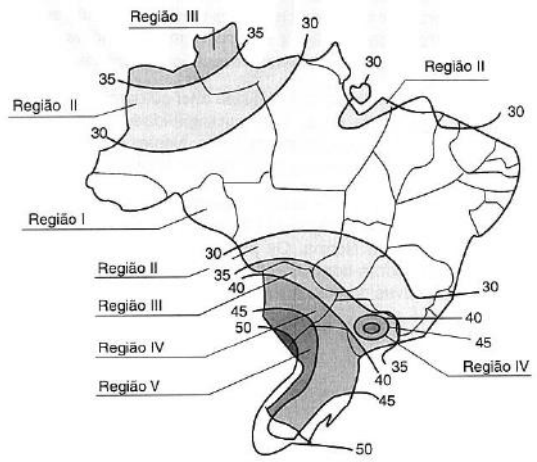


Figura 4 – Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento (V_0), em m/s, no Brasil, conforme a ABNT NBR 6123

(I) (I) (II)

Pressão em pascals

Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do país	Pressão de ensaio (P_e) positiva e negativa $P_e = P_p \times 1,2$	Pressão de segurança (P_s) positiva e negativa $P_s = P_e \times 1,5$	Pressão de água (P_a) $P_a = P_P \times 0,20$
02	6 m	I	350	520	60
		II	470	700	80
		III	610	920	100
		IV	770	1 160	130
		V	950	1 430	160
05	15 m	I	420	640	70
		II	580	860	100
		III	750	1 130	130
		IV	950	1 430	160
		V	1 180	1 760	200
10	30 m	I	500	750	80
		II	680	1 030	110
		III	890	1 340	150
		IV	1 130	1 700	190
		V	1 400	2 090	230
20	60 m	I	600	900	100
		II	815	1 220	140
		III	1 060	1 600	180
		IV	1 350	2 020	220
		V	1 660	2 500	280
30	90 m	I	660	980	110
		II	890	1 340	150
		III	1 170	1 750	200
		IV	1 480	2 210	250
		V	1 820	2 730	300

EXEMPLO DE CLASSIFICAÇÃO

Pressão em pascals

Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do país	Pressão de ensaio (P_e) positiva e negativa $P_e = P_p \times 1,2$	Pressão de segurança (P_s) positiva e negativa $P_s = P_e \times 1,5$	Pressão de água (P_a) $P_a = P_p \times 0,20$
10	30 m	I	500	750	80
		II	680	1 030	110
		III	890	1 340	150
		IV	1 130	1 700	190
		V	1 400	2 090	230

- Quantidade de pavimentos = **10 pavimentos**
- Altura máxima = **30 metros**
- Região = **Cidade de São Paulo (III)**
- Pressão de ensaio = **890 Pa (1,2 x Pp) – ELS**
- Pressão de segurança = **1 340 Pa (1,5 x Pe) - ELU**
- Pressão de água = **150 Pa (0,2 x Pp)**

Pela ABNT NBR 6123:

Pressão dinâmica do vento - q (N/m²):

$$q = 0{,}613\, V_k{}^2$$

Velocidade básica do vento - V_k (m/s):

$$V_k = V_0\, S_1\, S_2\, S_3$$

S_1: Fator topográfico

S_2: Fator que considera a influência da rugosidade do terreno

S_3: Fator baseado em conceitos probabilísticos

05	15 m	III	750	1 130	130
		IV	950	1 430	160
		V	1 180	1 760	200
10	30 m	I	500	750	80
		II	680	1 030	110
		III	890	1 340	150
		IV	1 130	1 700	190
		V	1 400	2 090	230
20	60 m	I	600	900	100
		II	815	1 220	140
		III	1 060	1 600	180
		IV	1 350	2 020	220
		V	1 660	2 500	280
30	90 m	I	660	980	110
		II	890	1 340	150
		III	1 170	1 750	200
		IV	1 480	2 210	250
		V	1 820	2 730	300

ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações

PRESSÕES DE PROJETO - ENSAIOS

Pressão de Projeto (P_p)

- Estanqueidade à água

Pressão de água (P_a) (0,2 x Pp)

- Cargas Uniformemente distribuídas

Pressão de ensaio (P_e) (1,2 x Pp)

Pressão de segurança (P_s) (1,5 x Pe)

- Permeabilidade ao ar

Pressão (50 Pa)

Pressão em pascals

Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do país	Pressão de ensaio (P_e) positiva e negativa $P_e = P_p \times 1,2$	Pressão de segurança (P_s) positiva e negativa $P_s = P_e \times 1,5$	Pressão de água (P_a) $P_a = P_p \times 0,20$
10	30 m	I	500	750	80
		II	680	1 030	110
		III	890	1 340	150
		IV	1 130	1 700	190
		V	1 400	2 090	230

ENSAIOS NORMATIVOS

Ensaio de Permeabilidade ao ar

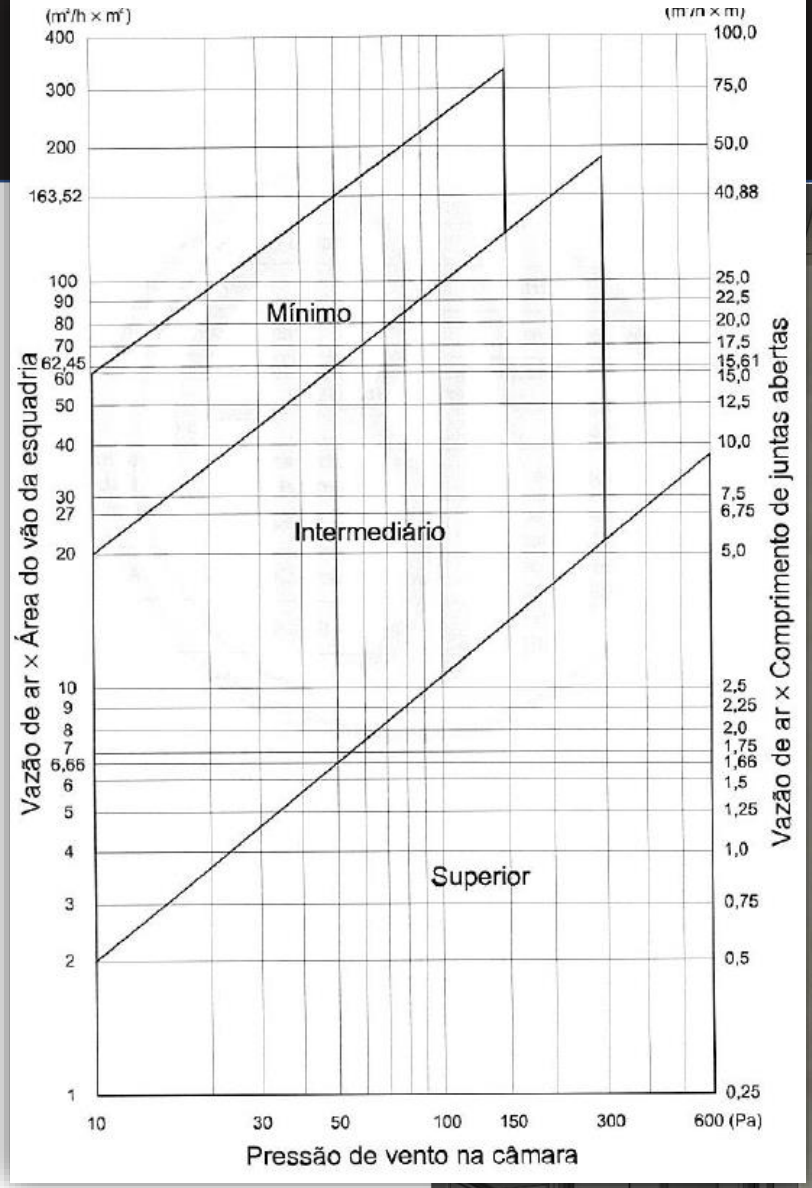
Determina-se a vazão de ar que passa pela esquadria, em metros cúbicos por hora. Mede-se a vazão de ar necessária para atingir 50 Pa. Quanto maior a vazão necessária, mais permeável é a esquadria, ou seja, possui frestas ou aberturas que permitem a passagem de ar.

Critérios (consultar gráfico do Anexo C da ABNT NBR 10821-2)

	Superior	Intermediário	Mínimo
Vazão por área $(\frac{m^3}{h}\ x\ m^2)$	< 6,65	6,66 a 62,44	62,45 a 163,52
Vazão por comprimento $(\frac{m^3}{h}\ x\ m)$	< 1,65	1,66 a 15,60	15,61 a 40,88

Ambiente climatizado, a janela não pode ter o seu desempenho, quanto à permeabilidade ao ar, acima de um nível de desempenho.

Gráfico do Anexo C da ABNT NBR 10821-2



ENSAIOS NORMATIVOS

Ensaio de Estanqueidade à água

A esquadria não pode apresentar vazamentos que provoquem o escorrimento de água pelas paredes ou componentes sobre os quais esteja fixada, quando submetida:

Vazão de água (Q_a) de (2 ± 0,2) $\frac{L}{min}$ por bico.

+

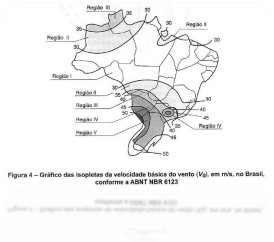


Figura 4 – Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento (V_0), em m/s, no Brasil, conforme a ABNT NBR 6123

Pressões de ensaio correspondentes às regiões de aplicação.

Critérios

Superior	Intermediário	Mínimo
Não é permitida a passagem de água em qualquer parte da esquadria, deve ser estanque.	**Permitido acúmulo de água** no perfil inferior do marco.	**Permitida passagem de água** entre os perfis da esquadria, **desde que não ultrapasse a face interna** da parede.

ENSAIOS NORMATIVOS

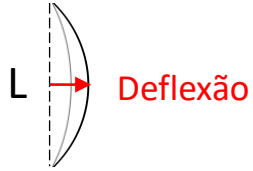
Ensaio de Resistência às Cargas Uniformemente Distribuídas

A esquadria é submetida, conforme a localização e altura à:

Pressão de ensaio e **não pode**:

apresentar ruptura, ou "colapso" total ou parcial de seus componentes (incluindo vidros)

Ter seu desempenho deteriorado em relação às operações de manuseio (abertura e fechamento)



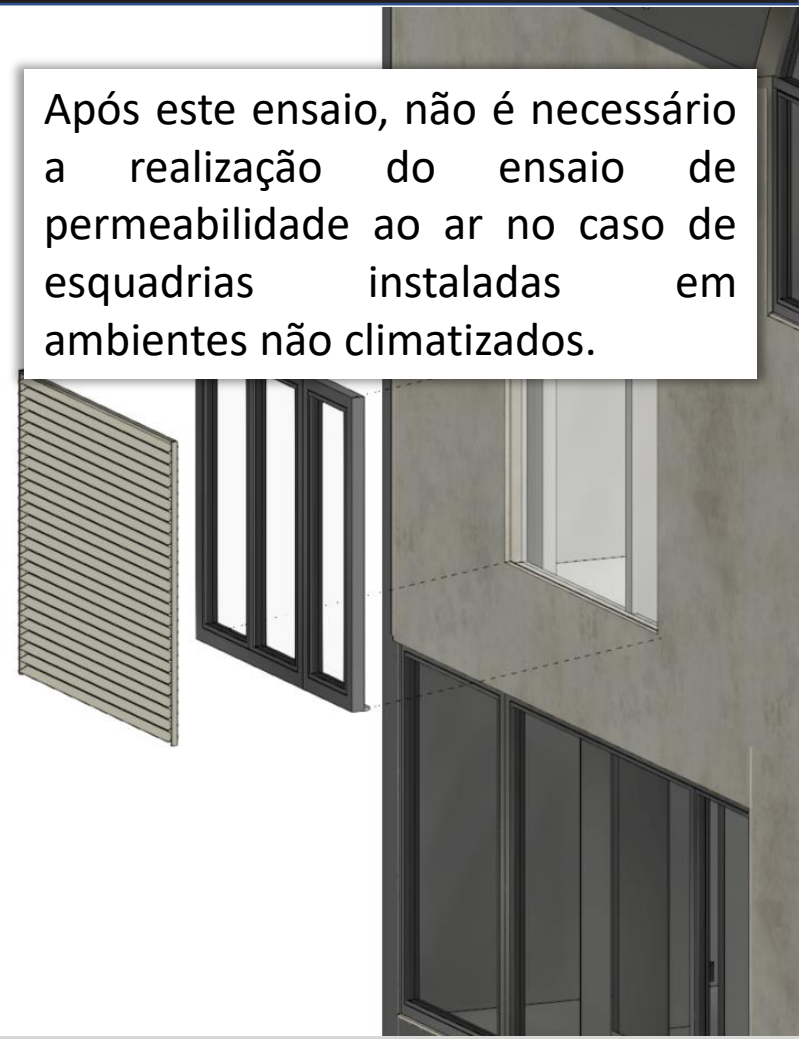
Apresentar deflexão máxima instantânea superior a L/175 do perfil (nenhum caso superior a 30 mm)

Apresentar deformação (deslocamento) residual superior a 0,4% do comprimento livre (L) do perfil

Pressão de segurança e **não pode**:

Ocorrer desprendimento total de nenhuma de suas partes, independentemente do dano causado à esquadria.

Após este ensaio, não é necessário a realização do ensaio de permeabilidade ao ar no caso de esquadrias instaladas em ambientes não climatizados.

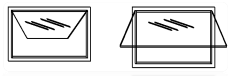
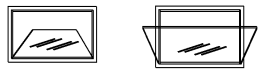
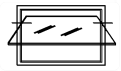
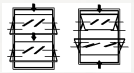
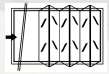


ENSAIOS NORMATIVOS

Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);
- **Ciclos de abertura e fechamento** (ABNT NBR 10821-3, Anexo D)

Esquadria de giro e pivotante	 Esquadria projetante	 Esquadria de tombar	 Esquadria basculante	Esquadria de correr	 Esquadria projetante-deslizante (maxim-ar)	 Esquadria sanfona (camarão)	Esquadria guilhotina
✓ 2	✓ 2	✓ 2	✓ 2		✓ 2		
✓ 3				✓ 2		✓ 2	✓ 2
✓ 5	✓ 3	✓ 3	✓ 3		✓ 3	✓ 3	
				✓ 3	✓ 4	✓ 4	✓ 3
							✓ 4
✓ 4							
✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1

Sequência "n" dos ensaios

- n • Operações de Manuseio
- n • Segurança nas Operações de Manuseio

ENSAIO CÍCLICO DE ABERTURA E FECHAMENTO

Ensaio de Resistência às Operações de Manuseio

- **Ciclos completos de abertura e fechamento**

A esquadria, qualquer que seja o tipo de movimentação, deverá suportar 10 000 ciclos completos de abertura e fechamento. Ao término:

Critérios

Esforço aplicado de abertura não pode ser maior que 100 N.

Esforço aplicado de fechamento não pode ser maior que 50 N.

Todas os tipos de esquadrias são ensaiadas.

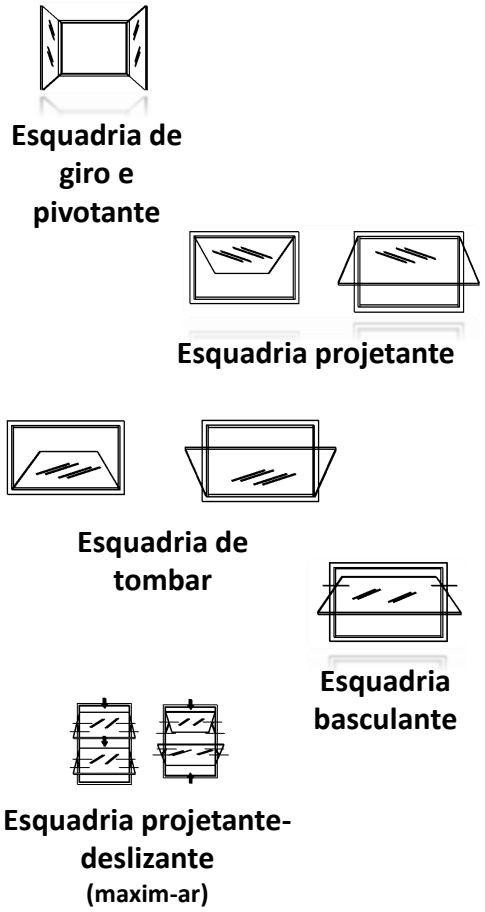
Se a esquadria tiver movimentos compostos, estes também deverão também ser ensaiados.

ENSAIO DE ESFORÇO TORSOR

Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);



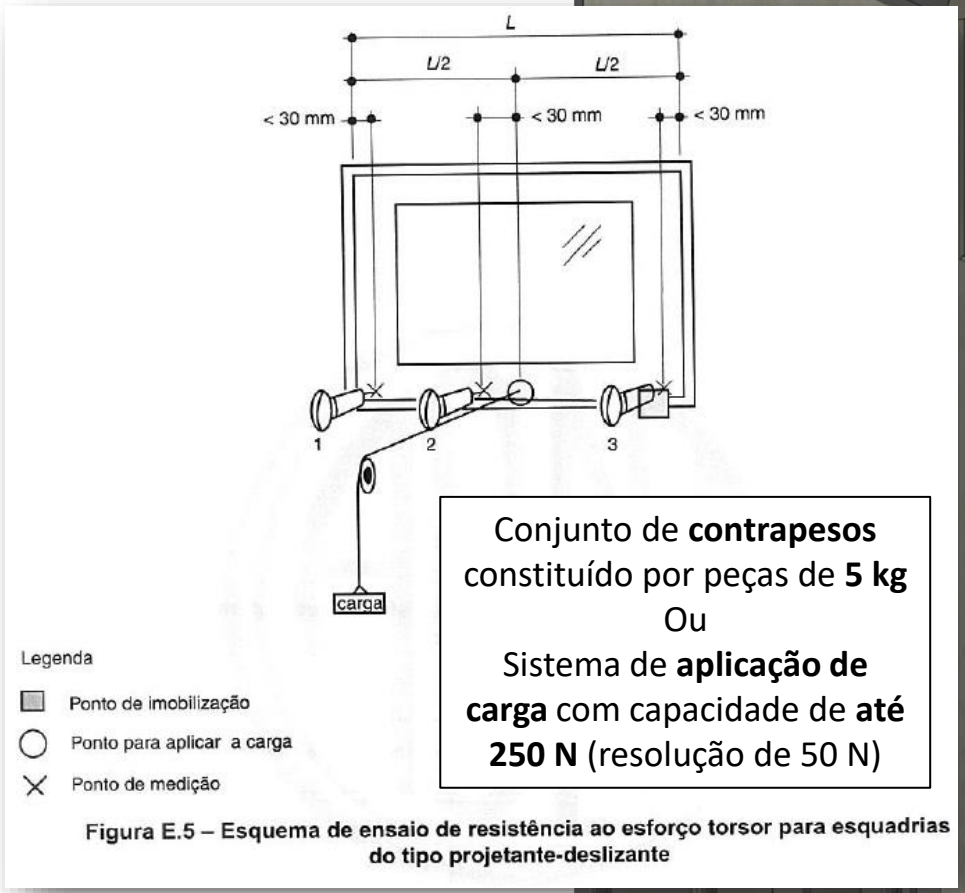


Figura E.5 – Esquema de ensaio de resistência ao esforço torsor para esquadrias do tipo projetante-deslizante

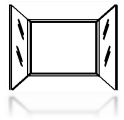
Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 250 N** (resolução de 50 N)

ENSAIO DE ESFORÇO VERTICAL (E HORIZONTAL)

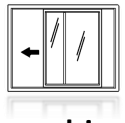
Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

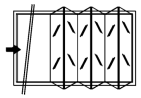
- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);



Esquadria de giro e pivotante



Esquadria de correr



Esquadria sanfona (camarão)

Esquadria guilhotina

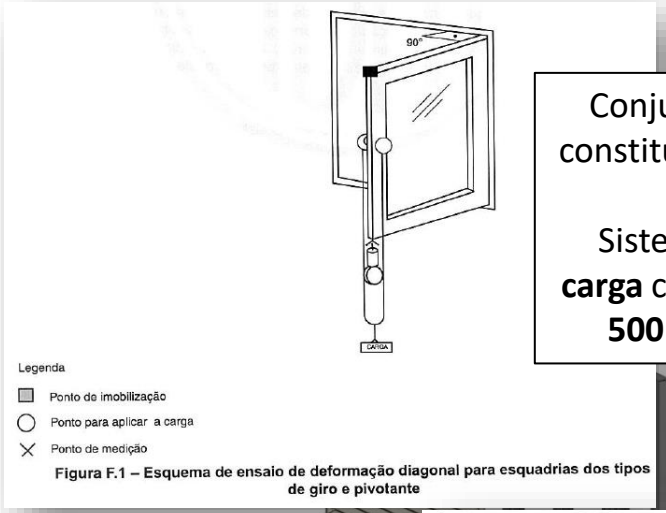


Figura F.1 – Esquema de ensaio de deformação diagonal para esquadrias dos tipos de giro e pivotante

Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 500 N** (resolução 50 N)

Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 400 N** (resolução 50 N)

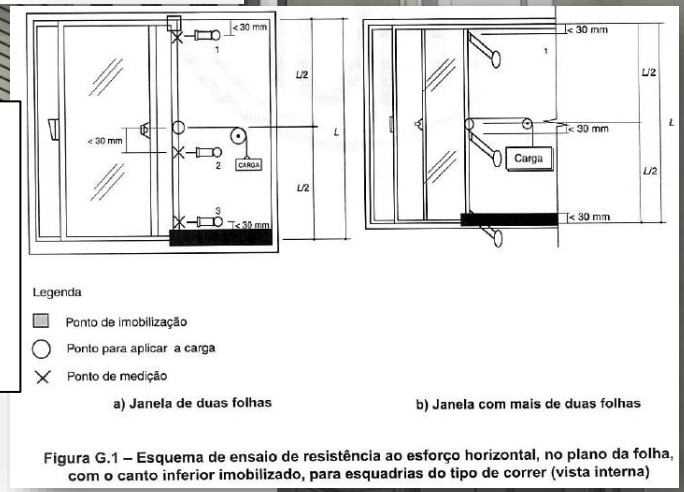


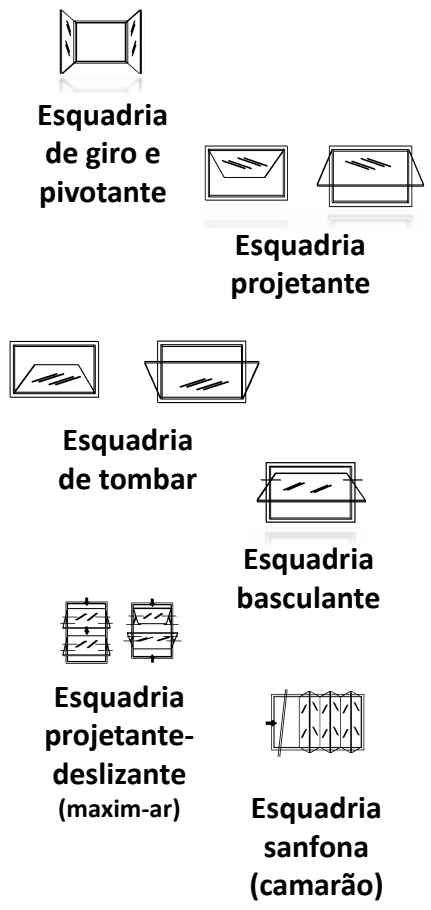
Figura G.1 – Esquema de ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com o canto inferior imobilizado, para esquadrias do tipo de correr (vista interna)

ENSAIO DE ARRANCAMENTO DAS ARTICULAÇÕES

Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);



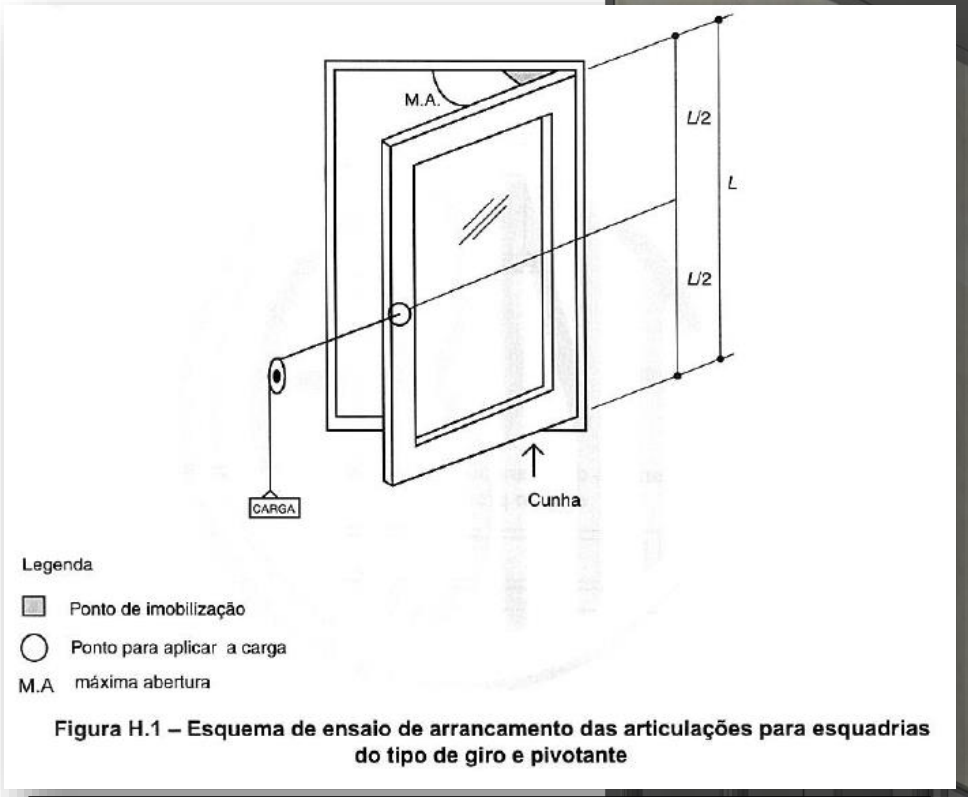


Figura H.1 – Esquema de ensaio de arrancamento das articulações para esquadrias do tipo de giro e pivotante

Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 200 N** (resolução 50 N)

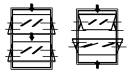
ENSAIO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);

Esquadria de correr



Esquadria projetante-deslizante (maxim-ar)

Esquadria sanfona (camarão)

Esquadria guilhotina

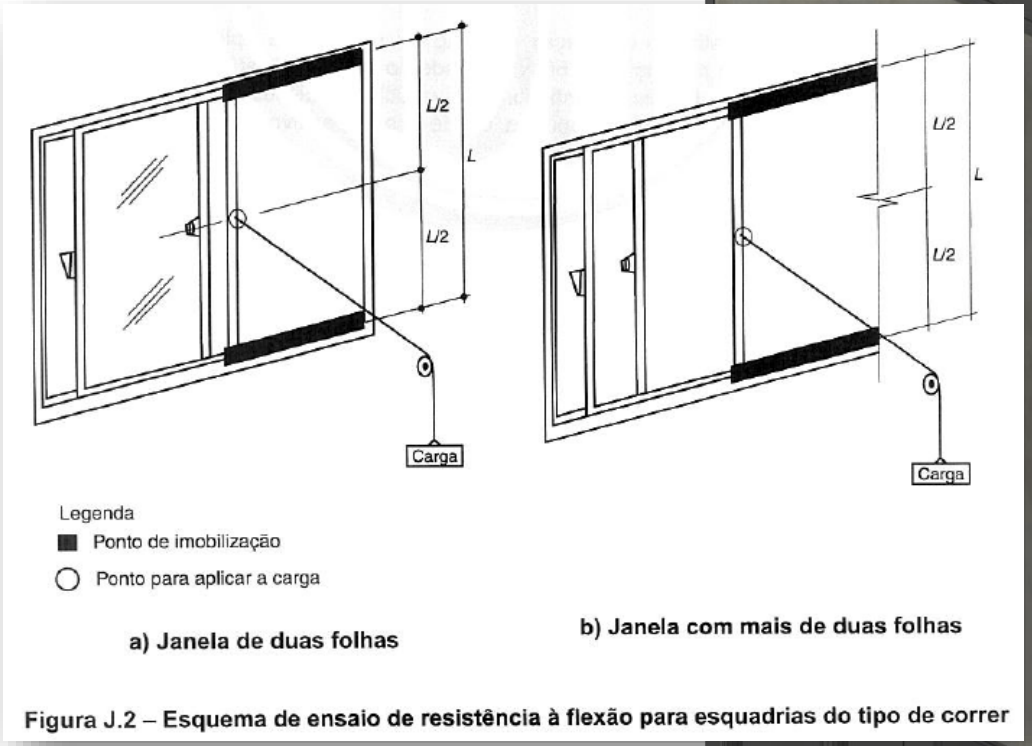


Figura J.2 – Esquema de ensaio de resistência à flexão para esquadrias do tipo de correr

Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 400 N** (resolução 50 N)

ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO TRAVAMENTO DA FOLHA

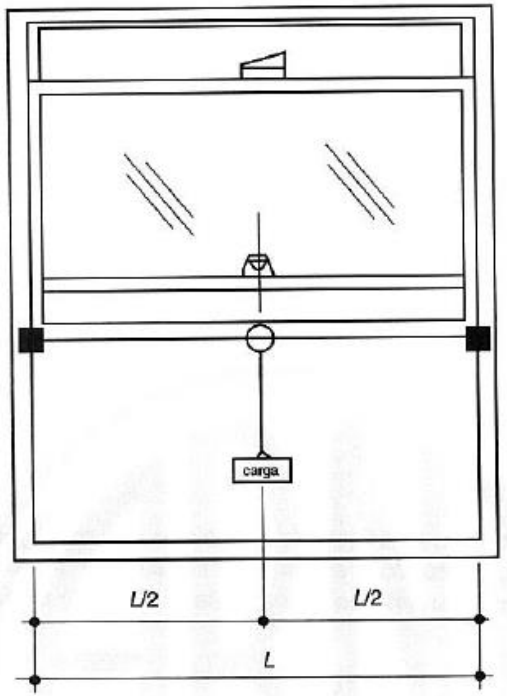
Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);

Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 400 N** (resolução 50 N)

Esquadria guilhotina



Legenda

○ Ponto para aplicar a carga

Figura K.1 – Esquema de ensaio de resistência do sistema de travamento da folha

ENSAIO DE FECHAMENTO BRUSCO

Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);

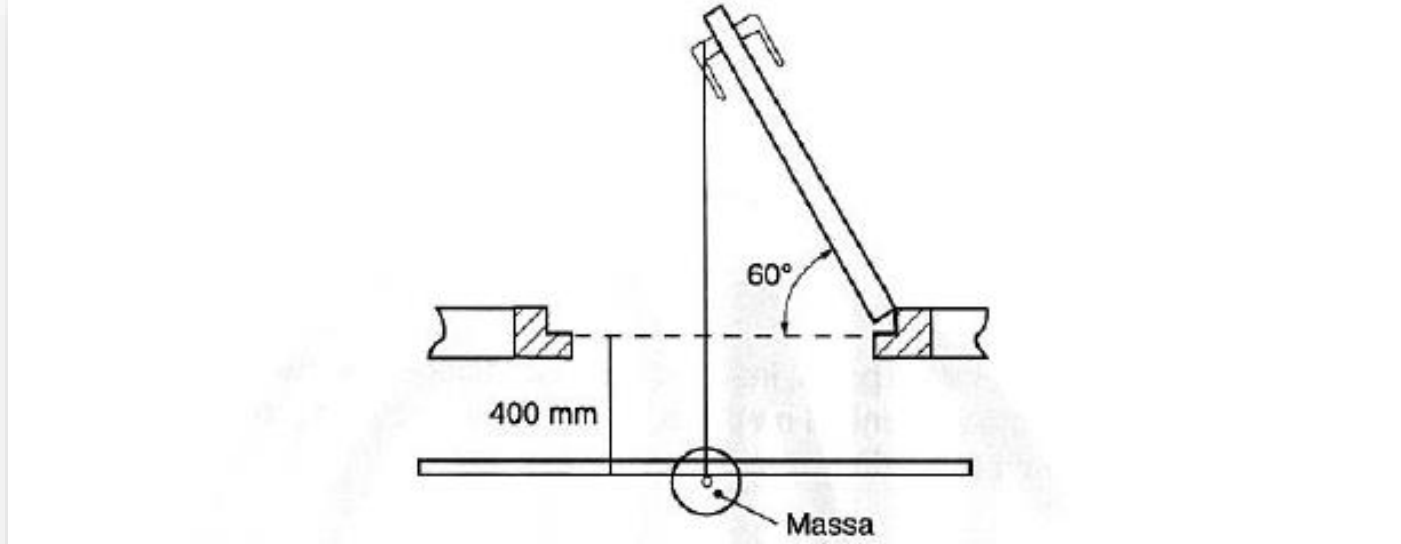


Figura M.1 – Esquema de montagem do ensaio de verificação da resistência ao fechamento brusco

Esquadria de giro e pivotante

Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 150 N** (resolução 50 N)

ENSAIO CÍCLICO ACELERADO DE CORROSÃO

Ensaio Cíclico Acelerado de Corrosão

Ri: Grau de enferrujamento
Ri0 = 0% de área enferrujada

d/t: Grau de empolamento
D0: isento de bolhas quanto à densidade de distribuição
t0: isento de bolhas quanto ao tamanho

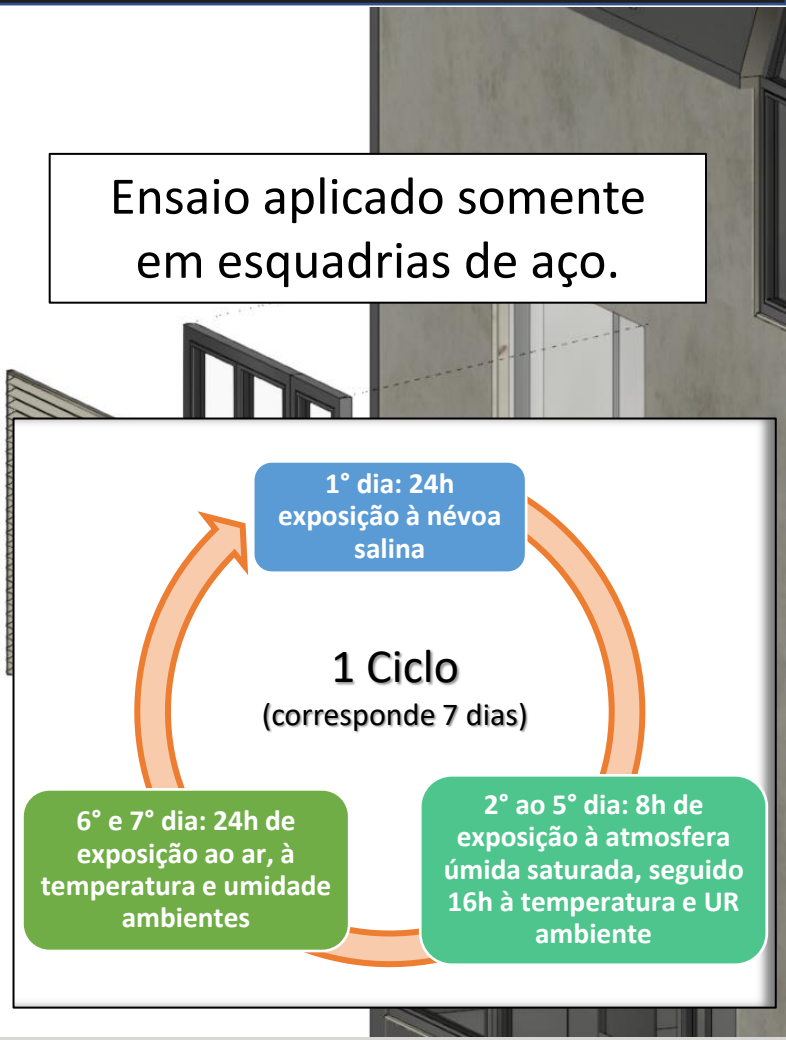
Todos os [illegible]resentar, grau de enferrujamento igual a Ri0 (isento de[illegible] ABNT NBR ISO 4628-3, e grau de empolamento igual a d0/t0, conforme ABNT NBR 5841.

Critérios (Tabela 4 da ABNT NBR 10821-2)

Corrosão Mínima	Corrosão Intermediária	Corrosão Superior
2 ciclos acelerados de corrosão	**4 ciclos acelerados de corrosão**	**6 ciclos acelerados de corrosão**

*Isento de ferrugem, isto é, isento de corrosão vermelha.

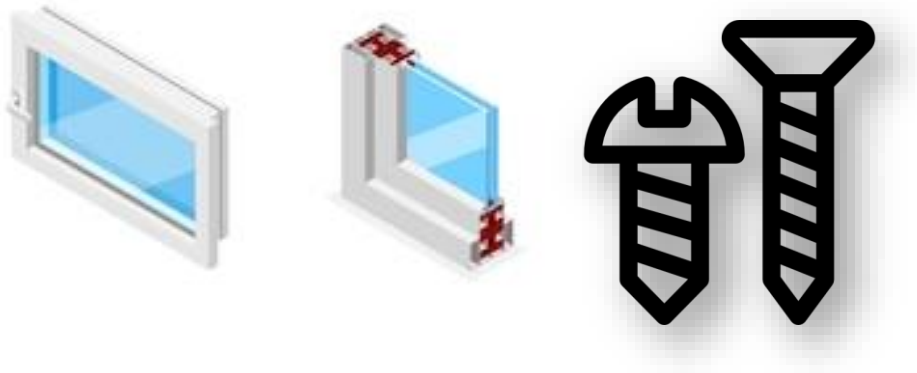
Ensaio aplicado somente em esquadrias de aço.



ENSAIO CÍCLICO ACELERADO DE CORROSÃO

Observação para esquadrias de alumínio

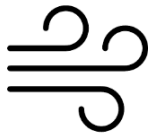
Perfis de alumínio devem ser protegidos por anodização ou pintura



- Parafusos de fixação dos perfis em aço inoxidável com estrutura austenítica;
- Parafusos de outros materiais, com ou sem revestimento, devem atender ao desempenho da classe 4, conforme BS EN 1670, quando submetida a 240h em câmara de névoa salina neutra, conforme ABNT NBR 8094.

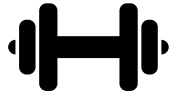
ENSAIOS NORMATIZADOS - SÍNTESE

Permeabilidade ao ar



Estanqueidade à água

Cargas uniformemente distribuídas



Operações de manuseio

- Esforço torsor;
- Esforço vertical (e horizontal);
- Arrancamento das articulações;
- Resistência à flexão;
- Resistência ao travamento da folha;
- Fechamento brusco.

Durabilidade

- Ciclos acelerados de corrosão;
- Ciclos de abertura e fechamento.

ENSAIOS NORMATIZADOS - SEQUÊNCIA

Ambiente não climatizado

1° Corpo de Prova

Permeabilidade ao ar → Estanqueidade à água → Resistência às cargas distribuídas:
- Pressão de ensaio
- Pressão de segurança

Ambiente climatizado

1° Corpo de Prova

Permeabilidade ao ar → Estanqueidade à água → Resistência às cargas distribuídas:
- Pressão de ensaio

→ Permeabilidade ao ar → Resistência às cargas distribuídas:
- Pressão de segurança

2° Corpo de Prova

Resistência às operações de manuseio, iniciando pelos ciclos de abertura e fechamento e esforços para o ELS → Manutenção da segurança durante os ensaios de resistência às operações de manuseio para o ELU

3° Corpo de Prova

Ciclos acelerados de corrosão, quando necessário para esquadrias de aço.

Corpos de prova: 2 ou 3 distintos.

Obrigado!

Claudio Vicente Mitidieri Filho
claumit@ipt.br

XXII COBREAP
EXCELÊNCIA TÉCNICA: INOVAÇÃO, NORMAS E CAPACITAÇÃO

linkedin.com/school/iptsp/

instagram.com/ipt_oficial/

youtube.com/@IPTbr/

www.ipt.br