CARLOS YUITI YAMAMOTO

**DESEMPENHO DE CAIXILHOS – FORMULAÇÃO
DE PARÂMETROS NORMATIVOS DE
SEGURANÇA E HABITABILIDADE**

Dissertação apresentada à Escola da Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Engenharia

SÃO PAULO

2005

**CONSULTA
FD-4032
Ed.rev.**

CARLOS YUITI YAMAMOTO

**DESEMPENHO DE CAIXILHOS – FORMULAÇÃO DE PARÂMETROS
NORMATIVOS DE SEGURANÇA E HABITABILIDADE**

Dissertação apresentada à Escola da Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Engenharia

Área de concentração:
Engenharia de Construção Civil e Urbana

Orientador:
Prof. Dr. Titular
Orestes Marracini Gonçalves

SÃO PAULO

2005

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 25 de agosto de 2005.

Assinatura do autor

Assinatura do orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Yamamoto, Carlos Yuiti

Desempenho de caixilhos – formulação de parâmetros normativos de segurança e habitabilidade / C.Y. Yamamoto. -- ed.rev. -- São Paulo, 2005.
223 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Janelas 2.Esquadrias 3.Normas técnicas de desempenho
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

BC

Universidade de São Paulo
Biblioteca da Escola Politécnica

FD- 4032
Ed. rev.

À professional e amiga Eng^a. Dra. Vera Fernandes Hachich

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves pela orientação e apoio na realização deste trabalho.

A amiga Eng^a. Dra. Vera Fernandes Hachich pela paciência, confiança, incentivo, companheirismo e aprendizado profissional e ao amigo Eng. Fernando Landi pelo primeiro contato com o produto janela, aprendizado profissional e apoio na realização deste trabalho.

Aos amigos do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Eng. Fúlvio Berçot, Dr. Fúlvio Vittorino e Dr. Cláudio Mittidieri pela colaboração, incentivo e discussões de idéias.

Aos amigos da TESIS – Tecnologia de Sistemas de Engenharia e da DTC – Desenvolvimento Tecnológico de Componentes pela colaboração, incentivo e pela compreensão da empresa, permitindo a conclusão desta dissertação.

A minha amiga Janine de Sousa Leite pelo talento na elaboração das ilustrações cedidas para este trabalho e, principalmente, pelo incentivo e seu companheirismo.

Aos meus pais e minha irmã, Takeo Yamamoto, Yasuko Yamamoto e Marly Yamamoto pelos esforços para a minha formação.

RESUMO

O presente trabalho apresenta os atuais requisitos de desempenho para janelas, bem como os critérios de desempenho a serem atendidos, e que estão prescritos na norma NBR10821:2000 – “Caixilho para edificação – Janelas”.

Através dos Programas Setoriais da Qualidade de Esquadrias de Alumínio e de PVC foram possíveis as análises dos requisitos de desempenho, de seus respectivos resultados e critérios de aprovação, nas quais foram verificados problemas de interpretação do texto normativo, de capacitação laboratorial, nos métodos e nos procedimentos de ensaios que não permitiam adequada avaliação de conformidade do produto. A partir dessas análises, este trabalho propõe-se a dar subsídios para uma revisão da citada norma brasileira.

Desta forma, procura-se além de fornecer subsídios para a revisão da NBR 10821, contribuir para a orientação no desenvolvimento de produtos na área de componentes e no desenvolvimento de projetos.

ABSTRACT

This present work shows the current development requirements for windows, as well as the development criteria to be met and complied with standard “NBR 10821:2000 - Windows - Specification”.

The Aluminium and PVC frames Sectorial Quality Program made it possible to perform the development requirements analyses from its respective results and approval criteria, in which there were some problems of prescriptive text interpretation of laboratorial capacitation, in methods and procedures that didn't allow an adequate evaluation of the product conformity. From these analyses, this work has the purpose of subsidizing a review of the Brazilian standard previously mentioned.

Therefore, it is demanded not only to provide subsidies for the NBR 10821 review, but also to contribute for directions in product development in the components field and project development as well.

CARLOS YUITI YAMAMOTO

EPUSP / PCC

DISSERTAÇÃO (MESTRADO)

EDIÇÃO REVISADA

ERRATA

TÍTULO

ONDE SE LÊ:

“Desempenho de caixilhos – formulação de parâmetros normativos de segurança e habitabilidade”.

LEIA-SE:

“Desempenho de caixilhos – formulação de modelos para avaliação de parâmetros de segurança e habitabilidade”.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Aspectos gerais	1
1.2	Janela.....	5
1.3	A verificação da conformidade à Norma Técnica	9
1.4	Objetivos	11
1.5	Conteúdo da dissertação.....	12
2	NORMAS BRASILEIRAS DE JANELAS/ESQUADRIAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	13
2.1	Normas de Janelas e requisitos	15
2.2	Definição das pressões de ensaio.....	23
2.3	Primeiro diagnóstico de janelas do Programa Setorial da Qualidade de Esquadrias de Alumínio	24
2.3.1	Ensaio realizado.....	24
2.3.2	Laboratório.....	25
2.3.3	Universo amostral.....	26
2.3.4	Resultados de ensaios	28
3	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	32
3.1	Dados de entrada.....	32
3.2	Teoria x realidade	33
3.3	Dimensionamento – cálculo da deformação.....	35
4	EXPERIMENTOS E MÉTODOS.....	43
4.1	Dados gerais	43
4.2	Verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.....	45
4.2.1	Resultados de ensaios	46
4.2.2	Análise dos resultados e ocorrências verificadas	46
4.3	Resistência à flexão	47
4.3.1	Resultados de ensaios	48
4.3.2	Análise dos resultados e ocorrências verificadas	48
4.4	Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado	56
4.4.1	Resultados dos ensaios	57
4.4.2	Análise dos resultados e ocorrências verificadas	60
4.5	Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados.....	63
4.5.1	Resultados dos ensaios.....	63
4.5.2	Análise dos resultados e ocorrências verificadas	64
4.6	Permeabilidade ao ar	68
4.6.1	Resultados de ensaios	68
4.6.2	Análise dos resultados e ocorrências verificadas	69
4.7	Estanqueidade à água	72
4.7.1	Resultados de ensaios	72

4.7.2	Análise dos resultados e ocorrências verificadas.....	75
4.8	Resistência às cargas uniformemente distribuídas.....	80
4.8.1	Resultados de ensaios	80
4.8.2	Análise dos resultados e ocorrências verificadas.....	82
5	COMENTÁRIOS FINAIS.....	86
5.1	O produto janela	86
5.2	Dimensionamento estrutural.....	86
5.3	Normas brasileiras de janelas e experimentos realizados.....	87
5.3.1	Normas brasileiras	87
5.3.2	Experimentos realizados	89
5.4	Conclusões e sugestões para a continuidade dos trabalhos	93
	ANEXOS.....	95
	ANEXO A - Exemplo de dimensionamento de uma janela do tipo de correr	96
	ANEXO B - Planilhas de ensaios em protótipos para verificação do comportamento nas condições reais e aferição do modelo matemático adotado	101
	ANEXO C - Resultados obtidos no ensaio de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento em janelas de correr.....	107
	ANEXO D - Resultados obtidos no ensaio de resistência à flexão em janelas de correr	110
	ANEXO E - Resultados obtidos no ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados em janelas de correr.....	138
	ANEXO F - Proposta de texto base para a Norma NBR6485 - Caixilho para Edificação - Janela, Fachada-cortina e Porta externa - Verificação da Penetração de AR.....	144
	ANEXO G - Proposta de texto base para a Norma NBR6486 - Caixilho para Edificação - Janela, Fachada-cortina e Porta externa - Verificação da Estanqueidade à Água	150
	ANEXO H - Proposta de texto base para a Norma NBR6487 - Caixilho para Edificação - Janela, Fachada-cortina e Porta externa - Verificação do Comportamento, quando Submetido a Cargas Uniformemente Distribuídas.....	157
	ANEXO I - Proposta de texto base para a Norma NBR10821 - Caixilho para Edificação - Janelas.....	165
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	217

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1: Funções de uma janela	5
Figura 2: Esquema de uma janela e seus respectivos elementos (adaptado da NBR 10820, 1989)	6
Figura 3: Classificação da janela quanto à movimentação das folhas (adaptado da NBR 10820, 1989)	7
Figura 4: Gráfico das isopletras da velocidade básica do vento, “V ₀ ” em m/s, no Brasil – Regiões e Classes de utilização	21
Figura 5: Laboratório de Componentes e Sistemas do IPT - Pórtico utilizado para realização dos ensaios de operações de manuseio no primeiro diagnóstico do Programa Setorial da Qualidade	25
Figura 6: Laboratório de Componentes e Sistemas do IPT - Pórtico utilizado para realização dos ensaios de câmara no primeiro diagnóstico do Programa Setorial da Qualidade	25
Figura 7 Percentual de aprovação no primeiro diagnóstico – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio	26
Figura 8 – Ilustração da caracterização da “linha” de um perfil (medidas em mm)	27
Figura 9 – Percentual de aprovação no primeiro diagnóstico – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – por linha	28
Figura 10 – Percentual de aprovação no requisito de estanqueidade à água (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 16	29
Figura 11 – Percentual de aprovação no requisito de estanqueidade à água (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 20	29
Figura 12 – Percentual de aprovação no requisito de estanqueidade à água (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 25	29
Figura 13 – Percentual de aprovação no requisito resistência às cargas de vento (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 16	30
Figura 14 – Percentual de aprovação no requisito resistência às cargas de vento (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 20	30
Figura 15 – Percentual de aprovação no requisito resistência às cargas de vento (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 25	31
Figura 16: ilustração perfis apoiados (em vermelho) e perfil “livre” (em verde)	32
Figura 17: Exemplos de perfis com momentos de inércia diferentes	35

Figura 18: Representação esquemática de curvas tensão x deformação para alguns materiais componentes de janelas	36
Figura 19: Caixilho utilizado como modelo para verificação do comportamento estrutural dos montantes das folhas.....	37
Figura 20: Modelo em elementos finitos da folha	38
Figura 21: Configuração das deflexões da folha móvel – cargas distribuídas (vento) à esquerda e carga concentrada (flexão) à direita.	39
Figura 22: Ilustração da configuração dos perfis monitorados.....	42
Figura 23: Ilustração do ensaio de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento e pórtico para realização do referido requisito	45
Figura 24: Ilustração do ensaio de resistência à flexão e foto da realização do referido requisito	47
Figura 25: Percentual de ocorrência no requisito de resistência à flexão para janela do tipo de correr	49
Figura 26 – Sequência de ensaio: (a): início da aplicação da carga no ensaio de resistência à flexão e (b): continuidade na aplicação de carga no ensaio de resistência à flexão.....	49
Figura 27 – “Destacamento” da folha da janela quando aplicada a carga no requisito resistência á flexão	50
Figura 28 – Deformação residual do perfil de folha (montante) da janela após retirada da carga	51
Figura 29: Esquema proposto para o ensaio de resistência à flexão para janela do tipo de correr	51
Figura 30: Gráfico de percentual de ocorrências no comparativo de maiores deformações e deflexões do ensaio de resistência à flexão para janela do de correr	53
Figura 31: Ilustração com indicação dos perfis “preferenciais” para a realização (corte longitudinal da janela - vista superior) do ensaio de resistência à flexão para janela do de correr	54
Figura 32: Proposta de esquema do ensaio de resistência à flexão para portas do tipo de correr (com travessa).....	55
Figura 33: Ilustração do requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado e foto do referido ensaio	56
Figura 34: Ilustração da deformação do perfil	57
Figura 35: Esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado para janela do tipo de correr	60

Figura 36: Esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado para portas do tipo de correr (com travessa).....	61
Figura 37: Ilustração da deflexão do perfil.....	62
Figura 38: Ilustração do requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados	63
Figura 39: Percentual de ocorrência no requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados para janela do tipo de correr	64
Figura 40: Proposta de esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados, para portas do tipo de correr (com travessa)	65
Figura 41: Ocorrência verificada no requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados, quando ensaio é realizado na folha de vidro.....	67
Figura 42: Ilustração do requisito de Permeabilidade ao ar	68
Figura 43: Distribuição de ocorrências verificadas no requisito de Permeabilidade ao ar	69
Figura 44: Ilustração dos equipamentos de medição.....	70
Figura 45: Pontos verificados no requisito de permeabilidade ao ar	71
Figura 46: Proposta de pontos a serem verificados no requisito de permeabilidade ao ar	71
Figura 47: Ilustração do requisito de Estanqueidade à água e imagem da câmara de ensaios	72
Figura 48: Gráfico das isopletras da velocidade básica do vento, “V0” em m/s, no Brasil – Regiões e Classes de utilização.	73
Figura 49: Câmara de ensaios de estanqueidade à água	75
Figura 50: Ilustração do equilíbrio das pressões (interna e externa) na drenagem de janelas de correr.	76
Figura 51: Ilustração da seção de um perfil de janela.....	77
Figura 52: Ilustração do requisito e imagem da câmara de ensaio de Resistência às cargas uniformemente distribuídas	80
Figura 53: Posicionamento dos relógios comparadores para portas do tipo de correr com travessa	84
Figura 54: Proposta de posicionamento dos relógios comparadores para portas do tipo de correr com travessa	84

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1 – Requisitos e Critérios da Norma NBR10821/00.....	20
Tabela 2 – Classes de Utilização.....	22
Tabela 3 – Resultados obtidos no ensaio de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento em janelas de correr.....	46
Tabela 4 – Resultados obtidos no ensaio de resistência à flexão em janelas de correr ..	48
Tabela 5 – Comparativo das deflexões e deformações (folha veneziana e folha de vidro) no requisito de resistência à flexão em janelas de correr	52
Tabela 6 –Resultados de ensaios – - deflexão máxima (carga de 400N) da folha veneziana requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado	58
Tabela 7 –Resultados de ensaios - deformação residual (após 3 min da retirada da carga de 400N) da folha veneziana requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado	59
Tabela 8 – Resultados obtidos no ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados em janelas de correr	64
Tabela 9 – Exigência de permeabilidade ao ar	68
Tabela 10 – Pressão de ensaio de estanqueidade à água.....	73
Tabela 11 – Pressão de ensaio de cargas uniformemente distribuídas	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
CDC	- Código de Defesa do Consumidor
CEF	- Caixa Econômica Federal
PBQP-H	- Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
PSQ	- Programas Setoriais da Qualidade
QUALIHAB/CDHU	- Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo
N.A.	- Não atende ao requisito
A.	- Atende ao requisito
N.E.	- Ensaio não executado

1 INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos gerais

O conceito de uma norma técnica é: “processo de formulação e aplicação de regras para o tratamento ordenado de uma atividade específica – por exemplo: fornecimento de produtos ou serviços. Deve ser um processo de simplificação, baseado nos resultados já consolidados da ciência, da técnica e da experiência” (SANDERS, 1984).

Uma norma técnica é aplicável a produtos, processos, pessoal, sistemas de gestão, serviços, entre outros campos. Mas o que seria uma norma técnica? Norma técnica pode ser descrita como “um documento que estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para atividades ou para seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto” (homepage da CNI, acesso em abril de 2005).

Assim, as normas técnicas podem estabelecer requisitos de qualidade, de desempenho e de segurança, mas também podem estabelecer procedimentos, padronização de formas, de dimensões, de tipos, de usos, além de fixar classificações ou terminologias e glossários e definição dos métodos de ensaio. Ressalta-se que uma norma técnica deve determinar não somente as bases para o presente, mas também para o futuro e deve acompanhar o progresso, diminuindo a complexidade presente e prevenindo sofisticacões desnecessárias no futuro.

O processo de elaboração das normas técnicas deve ser desenvolvido em comissões de estudos da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), sendo essas comissões organizadas em função de uma base setorial ou por temas de normalização que interfiram em diversos setores.

O processo para se desenvolver uma norma começa na identificação da demanda (pedidos ou sugestões de pessoas físicas ou jurídicas), sendo posteriormente incluída no plano de normalização (inserção no plano vigente e balanço das prioridades) e a atribuição de uma comissão de estudos da ABNT (produtores, comerciantes, consumidores, órgãos técnicos e profissionais que tratam do assunto) responsável pelo desenvolvimento do texto-base do projeto de norma, cuja participação é aberta a qualquer interessado no assunto.

Após elaboração (por responsável credenciado), análise (discussão e busca de um consenso) e aprovação do texto-base pela comissão de estudos, este é encaminhado como projeto de norma para consulta pública por um período de 60 a 120 dias. Nesta etapa, qualquer interessado pode encaminhar à comissão de estudos: sugestões, comentários e recomendações para não aprovação (todos com justificativa técnica).

A análise dos votos é realizada e tudo deverá ser justificado tecnicamente pela comissão de estudos (com o aceite ou não das sugestões, na qual busca-se o consenso para eventuais votos discordantes) e, após aprovação do projeto de norma, esta será convertida em norma brasileira (NBR) e entrará em vigor depois de determinado período de sua publicação.

Toda empresa que deseja introduzir um produto no mercado deve verificar a existência de normas técnicas referentes ao produto em questão e adequá-lo a elas. O fornecimento de um produto que não atende às normas implicará em esforços adicionais para a introdução nesse mercado.

Segundo o estudo jurídico (Fundamentos Legais do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H) da Prof. Dra. Cristiane Derani (homepage do PBQP-H, acesso em abril de 2005), o fabricante responde civilmente, independente de suas razões, isto é, o fornecedor é o responsável independente de ter causado ou não o ilícito, pois será sempre de sua responsabilidade o produto fornecido em descumprimento do dever da qualidade.

O parecer jurídico da Prof. Dra. Derani (homepage do PBQP-H, acesso em abril de 2005) apresenta ainda a Teoria da Qualidade que consiste no dever de qualidade de produtos e serviços que o fornecedor presta, desta forma, o seu descumprimento acarretará em ônus de garantia do produto por vício ou obrigação do fornecedor de substituir o bem, com reparação dos danos causados pelo produto ou serviço defeituoso. No sistema do Código de Defesa do Consumidor (1990), esta teoria se bifurcaria na exigência da qualidade-adequação (inadequação às especificações normativas, portanto impróprio ao uso proposto) e qualidade-segurança (quando o produto fora das normas técnicas causa danos à saúde, meio-ambiente, entre outros).

Desta forma, conforme o artigo 12 do Código de Defesa do Consumidor (1990), sobre o fato do produto:

“O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação, acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.”

E o artigo 18 do mesmo CDC (1990), trata os vícios de qualidade da seguinte forma:

“Os fornecedores de produtos de consumo duráveis ou não duráveis respondem solidariamente pelos vícios de qualidade ou quantidade que os tornem impróprios ou inadequados ao consumo a que se destinam ou lhes diminuam o valor, assim como por aqueles decorrentes da disparidade, com as indicações constantes do recipiente, da embalagem da rotulagem ou mensagem publicitária, respeitadas as variações decorrentes de sua natureza, podendo o consumidor exigir a substituição das partes viciadas.”

Na qual conforme a Prof. Dra. Derani a desobediência de normas regulamentares de fabricação são enquadrados dentro desses vícios de qualidade.

Normas, responsabilidades e códigos de defesa definidos, uma outra etapa é a avaliação da conformidade. Essa avaliação tem como objetivo a verificação se um produto, processo, pessoa ou serviço atende aos requisitos técnicos especificados, nas quais serão utilizadas ferramentas como ensaios, inspeções e exames sistemáticos e independentes para verificação da conformidade com os requisitos especificados (auditoria).

Um ponto importante nessa avaliação é referente à segurança na competência técnica dos laboratórios que realizam os ensaios e testes de desempenho dos produtos, sendo de suma importância o atendimento de requisitos técnicos e administrativos por parte desses laboratórios. Do ponto de vista técnico, espera-se que as medições realizadas sejam exatas (mais próximo do valor verdadeiro) e que apresentem repetitividade (concordância entre os resultados sucessivos, sob mesmas condições de medição) e reprodutibilidade (concordância entre os resultados, quando medidos em condições variadas).

No entanto, outros pontos se destacam sob o aspecto da avaliação da conformidade, quais sejam:

- As dificuldades no processo de elaboração de uma norma técnica;
- Ausência de capacitação laboratorial e, conseqüentemente, incapacidade para a realização de inter-laboratoriais para obtenção de repetitividade e reprodutibilidade nas medições de ensaios;
- Dificuldades de compreensão ou diferentes interpretações de um mesmo documento técnico.

1.2 Janela

De acordo com as normas NBR 10820 (1989) e NBR 10821 (2000), a definição de janela é:

“Caixilho, geralmente envidraçado, destinado a preencher um vão, em fachadas ou não. Entre outras, sua finalidade é permitir a iluminação e/ou ventilação de um recinto para outro”.

Assim sendo, nota-se uma grande evolução no que representavam as janelas nas habitações primitivas, ou seja, “buracos nas paredes”, para o que hoje representam as esquadrias (elementos fundamentais) nas fachadas de um edifício. (Fernandes, 1991). A figura 1 ilustra as funções de uma janela, quais sejam:

- Proteção contra: a chuva; a poeira; o som; os insetos e roubos;
- Permitir a troca: de calor; de ar; de luz e de visão entre os ambientes externos e internos.

Figura 1: Funções de uma janela

Conforme a norma NBR 10820 (1989), uma janela é constituída basicamente pelos elementos apresentados na figura 2, nas quais: aço, alumínio, madeira, PVC ou combinação deles (FERNANDES, 1991) são os materiais atualmente empregados na fabricação das esquadrias. Já a classificação das janelas é relacionada ao tipo de movimentação de suas folhas, nas operações de abertura e fechamento (NBR 10820, 1989), conforme a figura 3 apresentada na seqüência.

A: Ombreira do marco	E: Folha	I: Pano
B: Verga do marco	F: Montantes da folha	J: Bandeira
C: Peitoril do marco	G: Travessa superior da folha	K: Pinázios
D: Travessa do marco	H: Travessa inferior da folha	L: Ferragens

Figura 2: Esquema de uma janela e seus respectivos elementos (adaptado da NBR 10820, 1989)

Quadro fixo

Janela de abrir

Janela projetante

Janela de tombar

Janela pivotante

Janela basculante

Janela de correr

Janela guilhotina

Figura 3: Classificação da janela quanto à movimentação das folhas (adaptado da NBR 10820, 1989)

Figura 3: classificação da janela quanto à movimentação das folhas (continuação - adaptado da NBR 10820, 1989)

O bom desempenho e a durabilidade são parâmetros básicos para o comportamento das janelas e devem ser garantidos por um sistemático controle da qualidade. Esse controle da qualidade inicia-se na fase de projeto, pela escolha do tipo e do material constituinte da janela em função do entorno e da utilização que ela terá. Também a correta instalação e manutenção favorecem o bom comportamento global da caixilharia, sendo fundamentais para que se atinja o nível de desempenho desejado.

Ainda hoje é verificado no mercado o desconhecimento de muitos fabricantes de janelas (e de outros produtos) dos requisitos exigidos nas respectivas normas técnicas. O desconhecimento da existência de uma norma técnica do produto lançado no mercado e, muitas vezes, até ausência de conhecimento técnico (modelagem matemática para dimensionamento do produto, por exemplo), gera nesse mercado a concorrência “desleal”, nas quais empresas preocupadas com o atendimento das expectativas do usuário competem com empresas que utilizam materiais inadequados, reduzem o peso dos produtos, entre outros fatores, para comercializarem produtos inadequados ao consumidor ou que não atendam às especificações.

1.3 A verificação da conformidade à Norma Técnica

Atualmente, há um crescente número mecanismos de avaliação e qualificação de produtos relacionados ao mercado da construção civil. Tais mecanismos são utilizados como qualificação dos fornecimentos de produtos e serviços na construção civil brasileira. As entidades a seguir são bons exemplos:

- **QUALIHAB / CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo** (homepage da CDHU – acesso em março de 2005)

Programa cujas próprias entidades representantes de cada setor e suas respectivas empresas associadas são as responsáveis pelas definições dos requisitos da qualidade a serem atingidos. E também de responsabilidade das entidades a distribuição destes requisitos em etapas gradualmente mais complexas e os prazos em que estas etapas deverão ser atingidas.

Assim, através do Programa QUALIHAB, a CDHU usa o seu poder de compra junto ao mercado da Construção Civil, induzindo os segmentos do meio produtivo a estabelecerem Acordos Setoriais que visam o desenvolvimento de programa da qualidade para cada um dos setores representados. A CDHU também procura estimular as empresas a participarem do PSQ através da exigência, nas suas licitações, de utilização de produtos de empresas qualificadas pelos Programas Setoriais, em suas obras.

- **GOVERNO FEDERAL – Ministério das Cidades – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-H** (homepage do Ministério das Cidades - PBQP-H – acesso em março de 2005)

O PBQP-Habitat é um Programa de adesão voluntária e se propõe a organizar o setor da construção civil em torno de duas questões principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. A busca pela melhoria da qualidade do habitat e pela modernização produtiva envolve um conjunto amplo de ações, quais sejam:

- qualificação de construtoras e de projetistas;
- melhoria da qualidade de materiais;
- formação e re-qualificação de mão de obra;
- normalização técnica;
- capacitação de laboratórios;
- aprovação técnica de tecnologias inovadoras;
- comunicação e troca de informações.

Assim, o governo incentiva a capacitação tecnológica das empresas que desejam produzir em conformidade com as normas técnicas e faz o combate a não-conformidade intencional através de várias ações mobilizadoras, como: a sensibilização dos Estados e Municípios, vinculação dos financiamentos públicos e privados à constatação prévia da qualificação, o combate à não conformidade intencional com a divulgação das empresas em não conformidade, entre outras. O PBQP-H objetiva a longo prazo criar um ambiente de isonomia competitiva que propicie soluções mais baratas e de melhor qualidade para a redução do déficit habitacional no país e, em especial, para o atendimento das famílias consideradas de menor renda.

- **Caixa Econômica Federal - CEF** (homepage da Caixa – acesso em março de 2005) e Bancos Privados (ABN-ANRO BANK, BRADESCO e ITAÚ)

A atuação dos bancos no PBQP-H se dá através de seu poder de compra. Ao conceder crédito apenas às empresas construtoras que trabalham dentro dos padrões aceitáveis de adequação de projetos, materiais, produtos e processos, os bancos agem como indutores da melhoria da qualidade e da produtividade.

O acompanhamento nos resultados das janelas nos PSQ - Programas Setoriais da Qualidade em relação às Normas Técnicas impulsionou a necessidade de correções e atualizações nas atuais normas de janelas (métodos e procedimentos que necessitam de ajustes para uma avaliação mais adequada da conformidade), em vigor desde 2000.

Além disso, os Programas Setoriais da Qualidade de Esquadrias mostraram a carência nacional de laboratórios capacitados para a realização de ensaios em janelas, bem como os problemas de interpretação de cada laboratório para os procedimentos e métodos de ensaios da norma NBR 10821:2000 – Caixilhos para edificação – Janelas e problemas nos próprios procedimentos e métodos da referida norma que, para alguns requisitos verificados nas janelas de correr, não permitem uma avaliação adequada da conformidade do produto.

Assim, no âmbito dos Programas Setoriais da Qualidade, procedimentos e métodos de ensaio da referida norma foram discutidos com fabricantes, técnicos dos laboratórios e aprimorados conforme proposta apresentada neste documento.

1.4 Objetivos

O principal objetivo da dissertação é o de dar subsídios para uma revisão normativa da NBR10821:2000 – Caixilho para edificação – Janelas. Outros objetivos que pretendem ser alcançados com este trabalho são:

- O aprimoramento dos métodos e procedimentos de ensaios das Normas citadas neste trabalho;
- Apresentar um modelo de dimensionamento de esquadrias.

1.5 Conteúdo da dissertação

A dissertação está organizada em nove capítulos com cinco anexos. O capítulo um apresentará um breve relato sobre as janelas (o que são, tipologias disponíveis, etc) e suas respectivas normas técnicas e sobre Programas Setoriais da Qualidade.

O capítulo dois apresentará as normas técnicas, as tipologias avaliadas e seus respectivos requisitos analisados. O terceiro capítulo descreverá um modelo matemático para o dimensionamento de janelas de correr, com comentários sobre as hipóteses e os principais pontos apresentados nos modelos utilizados.

O capítulo quatro indicará os experimentos, as análises dos resultados e as metodologias de ensaios propostas. O quinto capítulo apresentará as conclusões e possíveis atividades para a continuidade dos estudos na área pretendida.

Os anexos serão compostos por um exemplo de dimensionamento de janelas, planilhas de ensaio para validação dos modelos matemáticos adotados, tabelas com resultados de ensaios, conforme proposto no capítulo três deste documento e pelas propostas de texto-base para futura revisão normativa da:

- NBR6485/00 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação da penetração de ar;
- NBR6486/00 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação da estanqueidade à água;
- NBR6487/00 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas;
- NBR10821/00 – Caixilho para edificação – Janelas.

2 NORMAS BRASILEIRAS DE JANELAS/ESQUADRIAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nos tempos atuais, a economia de mercado se desenvolve notadamente pela concorrência. Neste contexto, todos os produtos (incluindo janelas) a serem lançados precisam ser diferenciados com relação aos dos concorrentes, devendo atender não só às expectativas do produtor, como por exemplo: aproveitamento de recursos disponíveis (matéria-prima, equipamentos, mão-de-obra), baixo custo de produção e boas perspectivas de venda, como também às expectativas dos usuários, como: desempenho adequado, facilidade de instalação, uso e manutenção e preço acessível, além das expectativas da comunidade, não produzindo poluição nas fases de produção e montagem.

As exigências dos usuários, traduzidas em exigências da qualidade (Union Européenne Pour L'Agrément Technique Dans La Construction, 1974 apud FERNANDES, 1991), podem ser assim descritas:

- ▣ Exigências de Segurança (comportamento mecânico e ao fogo);
- ▣ Exigências de Habitabilidade (estanqueidade, higrotermia, acústico, aspecto e manobras);
- ▣ Exigências de Durabilidade (conservação das propriedades e aspectos de reparos e manutenção);
- ▣ Exigências da Qualidade dos dispositivos complementares de estanqueidade e dos acessórios.

Já SOUZA (1983) apresentou uma tabela contendo 14 exigências do usuário, elaborada a partir da norma ISO 6241 (1984), na qual julgava aplicáveis às esquadrias, 12 das 14 citadas e que serviam de orientação para aplicação do conceito de desempenho. As exigências estão apresentadas na sequência:

- Exigências de segurança estrutural: elementos estruturais não devem atingir o estado de limite último (ruína) e o estado de limite de utilização (deformações não devem ultrapassar os limites aceitáveis para utilização);
- Exigências de segurança ao fogo: necessidade de limitação do risco de início de incêndio dentro do próprio edifício, limitação do risco de propagação do fogo e da fumaça e gases tóxicos gerados em caso de incêndio, garantia de alerta e fuga dos ocupantes do edifício em caso de incêndio e disponibilidade de sistemas de extinção de incêndio internos e externos ao edifício;
- Exigências de segurança à utilização: exigências relacionadas à segurança na circulação e movimentação no edifício, segurança contra o risco dos equipamentos e instalações de provocarem explosões, choques, etc e segurança contra intrusões de animais e homens;
- Exigências de estanqueidade: estanqueidade ao ar, à água e à poeiras e materiais sólidos;
- Exigências de conforto higrotérmico: limitação das sensações desagradáveis provocadas pela perda excessiva de calor pelo corpo;
- Exigências de pureza do ar: para garantir a pureza do ar no interior dos edifícios e controle de odores provenientes da edificação ou conduzidas pelos seus ocupantes;
- Exigências de conforto visual: usufruto de luz, níveis de iluminação mínimos e máximos, obscuridade para o sono;
- Exigências de conforto acústico: nível de som aceitável, ruídos de impactos, ruídos de equipamentos exteriores ao edifício, ruídos de tráfego terrestre e aéreo, sonoridade e intimidade;
- Exigências de conforto antropodinâmico: limitação de acelerações e vibrações, conforto nas operações de manobra dos vários componentes do edifício;
- Exigências de higiene: garantia de não prejudicar a saúde do usuário;
- Exigências de durabilidade: ao longo de sua vida útil, o edifício deve conservar o seu desempenho;
- Exigências de economia.

Assim, serão discutidas neste trabalho algumas das exigências de segurança e de habitabilidade citadas anteriormente e que constam nas Normas Técnicas Brasileiras de Esquadrias.

2.1 Normas de Janelas e requisitos

Algumas das exigências apresentadas no item anterior deste trabalho são regidas por normalização técnica no Brasil. Entretanto, as demais exigências que não possuem normalização brasileira são passíveis de estudos. No entanto, cabe observar que tal colocação não sugere, sob qualquer hipótese, uma reprodução da normalização existente no mercado externo e sim, que se faça uma análise dos produtos existentes, a identificação dos pontos convergentes e divergentes dos objetivos a serem alcançados pelo produto proposto e, posteriormente, uma adequação da norma técnica para as nossas condições.

No início da década de 80, havia uma única norma de desempenho de esquadrias no Brasil, a NBR 7202 – Desempenho de janelas de alumínio em edificação de uso residencial e comercial, de 1982. No ano seguinte o Prof. Dr. Roberto de Souza realizou, em parceria com o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, o primeiro diagnóstico no desempenho de esquadrias de alumínio, que resultou na sua dissertação de mestrado: “A Contribuição do Conceito de Desempenho para a Avaliação do Edifício e suas Partes: Aplicação às Janelas de Uso Habitacional”.

Conscientes da necessidade da garantia da qualidade das esquadrias, em função de inúmeros fatores, quais sejam: escolha de matéria-prima, extrusão, fabricação da esquadria, instalação, etc; fabricantes de esquadrias e fornecedores de matéria-prima (PVC, alumínio, aço e madeira) se associaram à Comissão de Estudos de Janelas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (CB-2 - Comitê Brasileiro da Construção Civil) para a elaboração de uma norma de desempenho de janelas.

No mesmo período, uma grande pesquisa envolvendo o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e a SICCT – Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo estaria sendo realizada. Essa pesquisa consistia em consultas literárias técnicas e normas (internacionais e nacionais), ensaios de desempenho e durabilidade sobre perfis de janelas de diversos materiais que visavam, principalmente, subsidiar tecnicamente a elaboração de uma norma técnica de janelas no Brasil.

Após um extenso estudo do comportamento dos ventos em todo o país, a partir de 1988 passou a vigorar a atual versão da norma NBR 6123 – Forças devido ao vento em edificações – Procedimento. No ano seguinte, em 1989, o esforço conjunto dos grupos de estudos (CB-2, IPT e SICCT) resultou na elaboração de 12 textos normativos de janelas, quais sejam:

- NBR10820/89 – Caixilho para edificação – Janela - Terminologia;
- NBR10821/89 – Caixilho para edificação – Janelas;
- NBR10822/89 – Caixilho para edificação – Janela dos tipos de abrir e pivotante – Verificação da resistência às operações de manuseio – Método de ensaio;
- NBR10823/89 – Caixilho para edificação – Janela do tipo de projetante – Verificação da resistência às operações de manuseio – Método de ensaio;
- NBR10824/89 – Caixilho para edificação – Janela do tipo de tombar – Verificação da resistência às operações de manuseio – Método de ensaio;
- NBR10825/89 – Caixilho para edificação – Janela do tipo de basculante – Verificação da resistência às operações de manuseio – Método de ensaio;
- NBR10826/89 – Caixilho para edificação – Janela do tipo de reversível – Verificação da resistência às operações de manuseio – Método de ensaio;
- NBR10827/89 – Caixilho para edificação – Janela do tipo de correr – Verificação da resistência às operações de manuseio – Método de ensaio;

- NBR10828/89 – Caixilho para edificação – Janela do tipo de guilhotina – Verificação da resistência às operações de manuseio – Método de ensaio;
- NBR10829/89 – Caixilho para edificação – Janela – Medição da atenuação acústica - Método de ensaio;
- NBR10830/89 – Caixilho para edificação – Acústica dos edifícios – Terminologia;
- NBR10831/89 – Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial – Janelas – Procedimento.

Nessa época, nascia o Programa de Garantia da Qualidade de Esquadrias de PVC, registrado sob o número 05.10 no Programa Brasileiro da Produtividade e Qualidade do Habitat do Governo Federal. Os primeiros trabalhos realizados no âmbito do Programa foram voltados à adequação das janelas às novas normas técnicas e, principalmente, nos controles necessários nos insumos, no processo produtivo e no produto final de forma a garantir a durabilidade do material.

Em 1997, um novo grupo de estudos foi criado para a elaboração de um texto base para a norma de vento e de coeficientes aerodinâmicos. Posteriormente, foi aberta a comissão de revisão da EB - 1968 – Caixilho para edificação – Janelas, que em agosto de 2000 se tornaria a versão vigente de janelas - NBR10821 – Caixilho para edificação – janelas, bem como outras três normas entrariam em vigor, quais sejam:

- NBR6485/00 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação da penetração de ar;
- NBR6486/00 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação da estanqueidade à água;
- NBR6485/00 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas.

As quatro normas técnicas apresentadas anteriormente, cancelaram e substituíram as versões de 1982 e de 1989, exceto as normas abaixo que continuam em vigor:

- NBR 10820/89 – Caixilho para edificação – Janela - Terminologia;
- NBR10829/89 – Caixilho para edificação – Janela – Medição da atenuação acústica - Método de ensaio;
- NBR10830/89 – Caixilho para edificação – Acústica dos edifícios – Terminologia;
- NBR10831/89 – Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial – Janelas – Procedimento.

Nesse mesmo período, nascia o Programa de Garantia da Qualidade de Esquadrias de Alumínio, registrado sob o número 05.19 no Programa Brasileiro da Produtividade e Qualidade do Habitat do Governo Federal. O primeiro produto analisado no âmbito do Programa foram as janelas venezianas de correr de três folhas; tipologia que representava maior volume de mercado na época e que apresentava o maior índice de reclamações dos usuários. Já no Programa de Garantia da Qualidade de Esquadrias de PVC, teria início a análise do desempenho das janelas de correr de duas folhas ou janelas venezianas de correr de três folhas.

Com a norma NBR10821:2000 em vigor, o diagnóstico realizado pela TESIS – Tecnologia de Sistemas em Engenharia em parceria com o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, no âmbito do PSQ de Esquadrias de Alumínio, no período de setembro a dezembro de 2001, notou-se o desconhecimento de muitos dos fabricantes participantes do Programa, do comportamento das janelas (da tipologia de correr), quando submetidas aos ensaios prescritos na referida norma, quais sejam:

- verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento (ciclos);

- resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado (1 canto);
- resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados (2 cantos);
- resistência à flexão (flexão);
- estanqueidade à água (água);
- resistência às cargas uniformemente distribuídas (vento);
- permeabilidade ao ar (ar).

A tabela 1 abaixo apresentada um resumo dos requisitos e dos critérios de aprovação dos requisitos citados anteriormente.

Tabela 1 – Requisitos e Critérios da Norma NBR10821/00

REQUISITO	ESPECIFICAÇÃO
Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com 01 e 02 cantos imobilizados	A janela não deve apresentar: a) deformação residual superior a 0,4% do vão (comprimento livre do perfil em análise); b) ruptura dos vidros; c) deterioração de qualquer componente.
Resistência à flexão	A janela não deve apresentar: a) deformação residual superior a 0,4% do vão (comprimento livre do perfil em análise); b) ruptura dos vidros; c) deterioração de qualquer componente.
Verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento	A janela não deve apresentar: a) deterioração de qualquer componente; b) resistir a 10.000 ciclos de abertura e fechamento; c) força de abertura da folha (medida a cada 1.000 ciclos) inferior a 100N; d) força de fechamento da folha (medida a cada 1.000 ciclos) inferior a 50N.

Tabela 2 – Requisitos e Critérios da Norma NBR10821/00 (continuação)

REQUISITO	ESPECIFICAÇÃO
	<p>Verifica-se na janela a resistência térmica mínima de $0,15 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$ e a vazão máxima de $5 \text{ m}^3 / \text{h}$ x metro linear de juntas abertas, sob uma pressão de 30Pa para as classes normal e melhorada de qualquer Estado do Brasil. Para as classes reforçada e excepcional, as janelas deverão ser submetidas a uma pressão de 50Pa e serão verificadas na janela a resistência térmica mínima de $0,15 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$ e a vazão máxima de $5 \text{ m}^3 / \text{h}$ x metro linear de juntas abertas.</p>
Permeabilidade ao ar	<p>Ambiente climatizado ou condicionado</p> <p>Verifica-se a velocidade do ar no interior dos recintos, na qual não deverá ultrapassar 0,5 m/s, quando medida a uma distância de 2cm da janela com pressão de 30Pa.</p> <p>Ambiente não climatizado ou não condicionado</p> <p>Quando atendida esta condição, as janelas poderão ser utilizadas em todas as regiões do país nas classes: normal e melhorada (para as classes reforçada e excepcional, as janelas deverão ser submetidas à pressão de 50Pa). Caso ocorram vazamentos com velocidades superiores ao prescrito na norma NBR10821, a janela ensaiada terá o seu uso limitado às regiões I e II das classes: normal e melhorada (não podendo ser utilizada nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul).</p>
Estanqueidade à água	<p>A janela não deve apresentar vazamentos que provoquem o escoamento de água pelas paredes ou componentes sobre as quais esteja fixada quando submetida a uma determinada vazão ($4 \text{ L} / \text{min} \times \text{m}^2$) e pressões de ensaio conforme NBR 10821</p>
Resistência às cargas uniformemente distribuídas	<p>A janela quando submetida às pressões prescritas na NBR 10821, não deve apresentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) ruptura, colapso total ou parcial de qualquer de seus componentes; b) desempenho, quanto às condições de abertura e fechamento, ou seja, após o ensaio executar 05 ciclos completos de abertura e fechamento; c) desempenho quanto à permeabilidade ao ar, conforme prescrito na Norma; d) deflexão máxima instantânea superior a $L/175$ do vão e inferior a 2cm, sendo L o comprimento livre do perfil em análise; e) deformação residual superior a 0,4% do vão, medida após 3 minutos do desligamento da pressão de ensaio.

Cabe observar que a “classificação” das regiões (conforme Figura 4) e, conseqüentemente, das classes de utilização das janelas (Tabela 2) é feita através do atendimento simultâneo aos requisitos de resistência às cargas uniformemente distribuídas e de estanqueidade à água. E nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (que apresentam grande variação de temperatura durante o dia), a “classificação” é feita através do atendimento simultâneo aos requisitos de resistência às cargas uniformemente distribuídas, estanqueidade à água e permeabilidade ao ar, conforme prescrito na norma NBR10821:2000, no entanto, o não atendimento simultâneo nestes três requisitos inviabilizará o uso da janela nesses Estados.

Figura 4: Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento, “ V_0 ” em m/s, no Brasil – Regiões e Classes de utilização

A Figura 4 apresenta as velocidades básicas do vento, ou seja, velocidades de uma rajada de três segundos, medidas a 10 metros acima do terreno em campo aberto e plano e que são excedidas na média uma vez em 50 anos. Para as demais condições devem ser considerados coeficientes relativos à topografia do local, rugosidade do terreno, a altura do edifício e a posição da janela nesse edifício, sendo que a pressão máxima de vento calculada em função desse conjunto de variáveis.

Assim, o país apresenta cinco regiões caracterizadas por cinco diferentes velocidades básicas máximas de vento (V_0), quais sejam: Região I ($V_0 = 30\text{m/s}$); Região II ($V_0 = 35\text{m/s}$); Região III ($V_0 = 40\text{m/s}$); Região IV ($V_0 = 45\text{m/s}$) e Região I ($V_0 = 50\text{m/s}$).

Tabela 3 – Classes de Utilização

Classe de Utilização	Região do País	Pressão de ensaio – unidade em Pa	
		Resistência às cargas uniformemente distribuídas – sobre-pressão (sucção)	Estanqueidade à água
Normal (N)	I	450 (-300)	40
	II	600 (-500)	60
	III	800 (-650)	80
	IV	950 (-800)	100
	V	1200 (-950)	120
Melhorada (M)	I	650 (-550)	60
	II	900 (-700)	90
	III	1250 (-1000)	120
	IV	1500 (-1250)	150
	V	1800 (-1450)	180
Comercial pesada ou edifícios residenciais com mais de cinco pavimentos	Todas as regiões	Para verificação do atendimento desses caixilhos nas condições superiores às classes Normal e Melhorada, calcular conforme a NBR 6123 e ensaiar na pressão especificada conforme NBR 6487	
Reforçada (R)			
Arquiteturas especiais (shopping, indústrias, hospitais, etc.)	Todas as regiões		
Excepcional (E)			

Nota 1: Na classe Reforçada os valores de pressão, calculados conforme NBR 6123, deverão ser pelo menos iguais aos valores das pressões de ensaio da classe Melhorada.

Nota 2: Nos casos de arquiteturas especiais da classe Excepcional, os valores de pressão de ensaio, calculados conforme NBR 6123, quando inferiores aos valores da classe Melhorada, deverão ser justificados através de ensaios em túneis de vento ou planilhas de cálculo por um responsável técnico.

2.2 Definição das pressões de ensaio

Para a elaboração da Tabela 2 apresentada no item anterior e também no anexo B da norma NBR10821:2000 – Caixilhos para edificação – Janelas, foi utilizada a metodologia para determinação das forças devido ao vento em edifícios e conforme estabelecido pela norma NBR6123:1988 – Força devida ao vento em edificações, nas quais são calculadas:

a) Pressão de obstrução: $q = \frac{(V_k)^2}{1,6}$ (expressão 1)

b) Velocidade característica do vento: $V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_3$ (expressão 2)

Com os valores de $S_1=1,0$; S_2 (em função da edificação); $S_3=0,88$ e V_0 (em função da localização) é possível o cálculo dos valores da velocidade característica V_k e da pressão de obstrução q referentes à edificação avaliada (em função da sua localização geográfica, topográfica, altura em relação ao terreno, geometria do edifício, entre outros).

c) Coeficientes de forma externo C_e (NBR6123):

d) Coeficiente de pressão interna C_i (NBR 6123):

e) Pressão de ensaio: $p = q * (C_e - C_i)$ (expressão 3)

Assim, para a composição dos valores das pressões de ensaios apresentados na Tabela 2, foi adotado o valor de 1,5 para o coeficiente $(C_e - C_i)$, que considera o posicionamento da janela, a forma do edifício e fatores aerodinâmicos (efeitos de sobre-pressão e sucção). Segundo FERNANDES (1991), tal valor pode ser considerado adequado para a maioria das possíveis posições das janelas no edifício. No entanto, em casos de janelas posicionadas em edifícios muito altos, a verificação desse coeficiente é necessária e obrigatória.

2.3 Primeiro diagnóstico de janelas do Programa Setorial da Qualidade de Esquadrias de Alumínio

2.3.1

O primeiro produto analisado no âmbito do Programa foram as janelas venezianas de correr de 03 folhas; tipologia que representava maior volume de mercado na época e que apresentava o maior índice de reclamações dos usuários. Com a norma NBR10821:2000 em vigor, o primeiro diagnóstico realizado no período de setembro a dezembro de 2001, pela TESIS – Tecnologia de Sistemas em Engenharia em parceria com o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, contemplava a avaliação das janelas venezianas de correr de 03 folhas nos seguintes requisitos:

- verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento (ciclos);
- resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado (1 canto);
- resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados (2 cantos);
- resistência à flexão (flexão);
- estanqueidade à água (água);
- resistência às cargas uniformemente distribuídas (vento).

2.3.2 Laboratório

O laboratório utilizado para a realização deste primeiro diagnóstico do Programa Setorial da Qualidade foi o Laboratório de Componentes e Sistemas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, nas quais foram utilizados o pórtico para a execução dos ensaios de esforços mecânicos, quais sejam: resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um ou dois cantos imobilizados, resistência à flexão e verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento (vide Figura 5) e a câmara de ensaio para a execução dos ensaios de estanqueidade à água, resistência às cargas uniformemente distribuídas e permeabilidade ao ar (vide Figura 6).

Figura 5: Laboratório de Componentes e Sistemas do IPT - Pórtico utilizado para realização dos ensaios de operações de manuseio no primeiro diagnóstico do Programa Setorial da Qualidade

Figura 6: Laboratório de Componentes e Sistemas do IPT - Pórtico utilizado para realização dos ensaios de câmara no primeiro diagnóstico do Programa Setorial da Qualidade

Os resultados obtidos pelas janelas apresentaram um índice elevado de aprovação em relação aos requisitos apresentados anteriormente (conforme verificado na Figura 7). No entanto, ressalta-se que os percentuais de aprovação em cada requisito são referentes ao total de amostras ensaiadas em cada requisito, não representando que uma mesma amostra foi aprovada em todos os requisitos, ou seja, as amostras que representam 86,7% de aprovação no requisito de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento (“ciclos”, conforme a Figura 7), não são necessariamente as mesmas amostras que representam 87,5% de aprovação no requisito de resistência às cargas uniformemente distribuídas (“vento”, vide Figura 7).

Figura 7 Percentual de aprovação no primeiro diagnóstico – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio

2.3.3 Universo amostral

Cabe observar que foram analisadas nesse primeiro diagnóstico, 20 amostras das quais:

- 15 amostras foram avaliadas em relação ao requisito de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento (ciclos);

- 14 amostras foram avaliadas em relação ao requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado (1 canto);
- 13 amostras foram avaliadas em relação ao requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados (2 cantos);
- 20 amostras foram avaliadas em relação ao requisito de resistência à flexão (flexão);
- 16 amostras foram avaliadas em relação ao requisito de estanqueidade à água (água);
- 16 amostras foram avaliadas em relação ao requisito de resistência às cargas uniformemente distribuídas (vento).

Ressalta-se que o requisito de permeabilidade ao ar não foi executado nesse primeiro diagnóstico. Dessas 20 amostras analisadas, 11 seriam da linha 16; cinco da linha 20 e quatro da linha 25. Cabe observar que as “linhas” representam as medidas das seções transversais dos perfis de folha que caracterizam as linhas disponíveis no mercado, sendo que quanto maior a linha, maior será a sua resistência mecânica (inércia), conforme exemplos apresentados na Figura 8.

Figura 8 – Ilustração da caracterização da “linha” de um perfil (medidas em mm)

2.3.4 Resultados de ensaios

Analisando-se os resultados (por linha), têm-se as seguintes distribuições de aprovações apresentadas na Figura 9.

Figura 9 – Percentual de aprovação no primeiro diagnóstico – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – por linha

A partir dos resultados apresentados na Figura 9, é possível a verificação dos problemas nos requisitos de esforços mecânicos (1 canto, 2 cantos, flexão e vento) nas janelas que utilizam perfis de menor inércia (linha 16). Já no requisito de estanqueidade à água, percebe-se que linhas de maior inércia apresentaram maior número de resultados de reprovação, ou seja, não atingiram o nível mínimo de classificação (pressão de 40 Pa – classe normal, região I).

2.3.4.1 Estanqueidade à água

Conforme mencionado no item anterior linhas de maior inércia apresentaram maior número de resultados de reprovação, isto se deve principalmente, às maiores dimensões dos perfis (marco e folha) que necessitam de maiores cuidados na aplicação de materiais para a vedação (maiores folgas, maiores perímetros para aplicação de silicone e vedantes, por exemplo), conforme resultados apresentados nas Figuras 10, 11 e 12.

Figura 10 – Percentual de aprovação no requisito de estanqueidade à água (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 16

Figura 11 – Percentual de aprovação no requisito de estanqueidade à água (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 20

Figura 12 – Percentual de aprovação no requisito de estanqueidade à água (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 25

Conforme mencionado no item 2.1 deste trabalho e na Norma NBR 10821 (2000), o requisito de estanqueidade à água é um ensaio “classificatório”, ou seja, em função da localização do edifício na qual a janela está instalada (conforme Figura 4), tem-se uma determinada velocidade básica de vento e, conseqüentemente, uma determinada pressão de ensaio que caracteriza a classe e região de utilização dessa janela (Tabela 2).

2.3.4.2 Resistência às cargas uniformemente distribuídas

Observa-se que uma avaliação semelhante pode ser feita neste requisito de resistência às cargas uniformemente distribuídas através das figuras apresentadas na seqüência.

Figura 13 – Percentual de aprovação no requisito resistência às cargas de vento (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 16

Figura 14 – Percentual de aprovação no requisito resistência às cargas de vento (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 20

Figura 15 – Percentual de aprovação no requisito resistência às cargas de vento (por classe/região) – janelas venezianas de correr de 03 folhas de alumínio – linha 25

Diferentemente do requisito de estanqueidade à água, percebe-se nos resultados apresentados nas Figuras 13, 14 e 15 que as linhas com menor inércia apresentaram maior número de resultados de reprovação, ou seja, não atingiram o nível mínimo de classificação (pressão de 450 Pa – classe normal, região I), bem como apresentaram resultados inferiores na classificação para utilização.

3 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

3.1 Dados de entrada

Os principais dados para o dimensionamento estrutural e verificação das janelas estão listados na sequência. Nota-se que vários deles dependem da definição do material e da linha de perfis que serão adotados pelo fabricante. No entanto, a definição de alguns deles possibilita o dimensionamento do trabalho de modelagem, bem como para sua execução.

Em relação à sua Geometria, alguns fatores influenciam o seu comportamento, tais como: tipo de abertura, tipo de movimentação das folhas, dimensões, o perfil (dimensões em função das dimensões do caixilho, propriedades geométricas, condições de fixação entre perfis principais e secundários).

Em função das características citadas acima, dependem as hipóteses e simplificações adotadas para o dimensionamento, por exemplo: uma janela do tipo maxim-ar apresenta um comportamento muito diferente de uma janela do tipo de correr, pois a primeira tem a sua folha apoiada junto ao marco nos seus quatro lados (em “vermelho” na janela à esquerda da Figura 16) enquanto que na janela de correr de duas folhas, o montante central está “livre” de apoio (perfil em “verde” conforme janela à direita na Figura 16), tendo um comportamento mecânico diferente quando aplicada qualquer esforço mecânico.

Figura 16: ilustração perfis apoiados (em vermelho) e perfil “livre” (em verde)

Outros fatores são influenciados em função do material utilizado para a produção da janela (PVC, madeira, aço, alumínio, etc), onde diferentes comportamentos serão verificados nas esquadrias quando dimensionados sob uma mesma condição, ou seja, para uma mesma carga aplicada, diferentes comportamentos mecânicos (estados limites últimos e de utilização) serão apresentados em função das diferentes propriedades dos materiais (módulo de elasticidade; termo-elasticidade; plasticidade; variação das propriedades com a idade).

Assim, o fabricante poderá optar pela possibilidade de dimensionamento estrutural das esquadrias através de cálculos ou tabelas para edificações sujeitas às condições críticas de vento. Desta forma, por via analítica pode ser verificado se o cálculo teórico do comportamento adotado de uma janela (através das propriedades dos materiais, de seus componentes e condições de exposição) é uma boa estimativa do seu comportamento e se está adequado aos critérios de desempenho.

3.2 Teoria x realidade

Segundo SOUZA (1983), o aspecto fundamental a ser considerado é a relação do cálculo teórico de comportamento adotado, com o real. A definição do cálculo estrutural só será válida após correta caracterização dos fenômenos físicos em questão e correta utilização das técnicas de cálculo matemático.

Outra etapa importante do cálculo teórico é referente à sua aferição, ou seja, protótipos de janelas deverão ser construídos para a realização de uma série de ensaios nas condições reais de exposição para verificação do seu comportamento. Os resultados obtidos pelos protótipos poderão validar (ou não) as hipóteses adotadas nos cálculos, quando realizados sob as mesmas condições.

Assim, salienta-se a importância da caracterização correta das propriedades das janelas e das condições de exposição e de contorno; estes dados devem ser consistentes o suficiente de forma a permitir a simulação adequada do comportamento do produto.

Observa-se que hipóteses adotadas de forma coerente e resultados obtidos em ensaios de protótipos que validem tais hipóteses, reduzem sensivelmente os custos de desenvolvimento de um produto. No entanto, ressalta-se que um cálculo teórico adequado não descarta a necessidade de ensaios em protótipos, pois outros fatores que independem do material (operador, manuseio dos materiais e componentes, folgas construtivas, as configurações de apoio, etc) podem influenciar no resultado dos ensaios e tornar a modelagem inadequada.

Outro ponto importante a ressaltar sobre a importância dos ensaios em protótipos, é referente à avaliação frente a requisitos que não são considerados (e não possíveis de serem verificados) nos cálculos teóricos, como por exemplo: estanqueidade à água e permeabilidade ao ar. Tais requisitos são de grande sensibilidade a qualquer alteração de projeto ou variações no processo construtivo e o acompanhamento do desempenho em protótipos é fundamental para a compreensão e avaliação das condições de contorno.

Para a determinação do comportamento estrutural das esquadrias, quando submetidas a cargas uniformemente distribuídas podem ser utilizadas as pressões de vento descritas na Norma NBR10821 (2000). Em edificações especiais, ditas da classe “Reforçada” ou “Excepcional” segundo a norma supra-citada, o dimensionamento dos caixilhos deverá seguir a norma NBR6123 (1988).

A seguir, serão apresentados as hipóteses utilizadas e um “roteiro” para o dimensionamento estrutural de uma janela e no anexo A, um exemplo completo de dimensionamento estrutural para situações de aplicação distintas.

3.3 Dimensionamento – cálculo da deformação

Conforme apresentado no item 2.2 deste documento e conforme as normas NBR6123 (1998) e NBR10821 (2000), para o cálculo das pressões de ensaio deve-se seguir as etapas apresentadas na sequência:

a) Cálculo da pressão de obstrução: $q = \frac{(V_k)^2}{1,6}$ (expressão 1)

b) Cálculo da velocidade característica do vento: $V_K = V_0 * S_1 * S_2 * S_3$ (expressão 2)

c) Cálculo da pressão de ensaio: $p = q * (C_e - C_i)$ (expressão 3)

d) Cálculo dos coeficientes de forma externo C_e (NBR6123)

e) Cálculo do coeficiente de pressão interna C_i (NBR 6123)

f) Cálculo da flecha máxima admissível:

A capacidade de deformação de uma janela é função da rigidez dos perfis e demais componentes, como o vidro. Já a rigidez de um material é função do módulo de elasticidade e da geometria do perfil. A deformação instantânea de um perfil sob a ação de uma carga externa, é inversamente proporcional ao módulo de elasticidade.

Com relação a influência da geometria na rigidez do perfil, tem-se que a deformação é inversamente proporcional ao momento de inércia. Assim, deve-se alterar a geometria do perfil de modo a obter perfis com maior momento de inércia, ou seja, mais rígidos. Desenhos de perfis mais robustos, com áreas sólidas mais distantes dos eixos centrais do perfil, ajudam a aumentar a rigidez do perfil. A figura 17 ilustra isto para o caso de um perfil mais simples.

O perfil 1 possui maior momento de inércia em torno do eixo x que o perfil 2

Figura 17: Exemplos de perfis com momentos de inércia diferentes

Ainda que o perfil de uma janela seja reforçado, sua deformação deve ser limitada para evitar a ruptura do vidro, sobretudo quando este não é duplo ou estruturalmente reforçado, como é o caso da maioria dos vidros utilizados em janelas residenciais no Brasil. Um exemplo simplificado que ilustra este caso é supor que exista compatibilidade de deslocamentos entre o perfil de uma folha de janela e a placa de vidro recozido simples apoiada nesta folha.

Observando a figura 18, nota-se que uma pequena deformação δ conduz a esforços que podem ser superiores às tensões de ruptura do vidro, ainda que os esforços induzidos no perfil não comprometam a sua integridade estrutural. Por isto, muitos organismos internacionais, em suas normas e recomendações, prescrevem limitações para as deformações das janelas, como forma de preservar a segurança da janela quanto à ruptura do vidro. No caso da NBR10821 (2000) a deformação máxima admissível é $L/175$ ou 20 mm.

Figura 18: Representação esquemática de curvas tensão x deformação para alguns materiais componentes de janelas

Para se entender o comportamento estrutural dos montantes das folhas, inicialmente foram analisados os resultados numéricos de modelos em elementos finitos da folha móvel de uma janela de correr, com as seguintes características:

Figura 19: Caixilho utilizado como modelo para verificação do comportamento estrutural dos montantes das folhas

- ❏ caixilho: três folhas de vidro (duas folhas fixas – laterais e uma folha móvel – central);
- ❏ dimensões da folha: 1.058mm de largura por 2.074mm de altura;
- ❏ folha: composta por perfis de PVC reforçado internamente com uma “estrutura” de aço galvanizado em U;
- ❏ reforço de aço galvanizado:
 - dimensões: 450mm de altura, 286mm de largura e 2,65mm de espessura;
 - módulo de elasticidade adotado: $2,1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$;
 - Inércia do conjunto (perfil de PVC + reforço metálico): $\sim 43.000 \text{ mm}^4$;
- ❏ vidros de 3mm de espessura, mantidos no plano da folha por meio de calços nos montantes e travessas, sendo a baguete o elemento estrutural responsável pela fixação do vidro ao perfil de PVC;

Tirando-se partido das simetrias da folha e dos carregamentos (carga uniformemente distribuída de 650Pa e carga concentrada de 400N no centro do montante da janela), o vidro foi representado por elementos de placa sobre uma grelha formada pelos perfis dos montantes e travessas, conforme ilustrado na figura 20.

Figura 20: Modelo em elementos finitos da folha

A partir dos carregamentos de pressão de vento (cargas uniformemente distribuídas) de 650Pa e de resistência à flexão de 400N, foram obtidas as deflexões apresentadas na figura 21 a seguir. Observa-se nesse caso que as deflexões obtidas foram diferentes, no entanto, valores muito próximos foram verificados nas leituras máximos no centro do montante ($d_{\text{vento máximo}} = 11,5\text{mm}$ e $d_{\text{flexão máximo}} = 11,0\text{mm}$ - indicados com um círculo na figura 21). Outro ponto a se destacar é a caracterização dos montantes livres “trabalhando” como vigas bi-apoiadas quando solicitadas nos carregamentos de cargas uniformemente distribuídas e de resistência à flexão.

Figura 21: Configuração das deflexões da folha móvel – cargas distribuídas (vento) à esquerda e carga concentrada (flexão) à direita.

Assim, uma vez caracterizado o comportamento do conjunto como uma estrutura bi-apoiada e adotando-se as seguintes simplificações:

- 🖥 Placa de vidro apoiada nos quatro cantos;
- 🖥 Interação do vidro com os montantes e travessas é pequena;
- 🖥 Em função da simplificação anterior, as cargas aplicadas são suportadas apenas pelos perfis;
- 🖥 Os perfis verticais e horizontais em contato com o perfil de marco estão solidarizados;
- 🖥 Os perfis citados acima não sofrerão a mesma deflexão.

O cálculo da deflexão máxima admissível pode ser realizado conforme a expressão 4 abaixo, que ocorre no meio do vão, para viga bi-apoiada com carga uniformemente distribuída:

$$f = \frac{5000 * P * (2 * h - l) * l * h^3}{4 * 384 * E * I * 10^{-12}} \quad (\text{expressão 4})$$

Onde:

f = deflexão admissível, em mm;

P = pressão de cálculo, em Pa;

h = altura da folha, em m;

l = largura da folha, em m;

E = Módulo de Elasticidade do material, em N/m²;

I = Momento de Inércia do perfil, em mm⁴.

No anexo A deste trabalho é apresentado um exemplo completo de dimensionamento estrutural para situações de aplicação distintas, já o anexo B apresenta cinco planilhas de ensaios em protótipos para a aferição, ou seja, protótipos de janelas construídos para a realização de ensaios nas condições reais de exposição para verificação do seu comportamento. Os resultados obtidos pelos protótipos neste caso validaram as hipóteses do modelo adotado, quando calculados sob as mesmas condições.

As planilhas apresentadas no Anexo B demonstram que através dos ensaios de resistência à cargas uniformemente distribuídas foram possíveis encontrar relações entre os valores de deformações reais, ou seja, obtidas no ensaio e as deflexões calculadas. Essa relação foi denominada coeficiente de ajuste, e seria o resultado da razão entre as deformações reais e as deflexões calculadas.

No entanto, tais coeficientes apresentaram variações em função da tipologia de janelas, conforme apresentado na sequência:

- janelas de correr de duas e três folhas: coeficiente de ajuste de aproximadamente 1,3 , ou seja, a deflexão real dos montantes da esquadria é 1,3 vezes maior do que a deflexão calculada através de modelo matemático;

- janelas de correr de quatro folhas: coeficientes de ajuste entre as deflexões reais e deflexões calculadas são maiores que os encontrados para as janelas de correr de duas folhas (neste caso em função da necessidade de acomodação do fecho no montante, diminuindo a resistência do conjunto e, conseqüentemente, causando maior deflexão do elemento). Assim, o coeficiente de ajuste ficou em 2,0;
- janelas venezianas de correr de seis folhas: coeficientes de ajuste entre as deflexões reais e deflexões calculadas semelhantes aos verificados nas janelas de correr de quatro folhas com coeficiente de ajuste em torno de 2,0;
- No caso das portas-balcão de duas folhas ocorreu uma maior aderência dos resultados obtidos no ensaio em relação aos resultados obtidos por cálculo. O coeficiente de ajuste ficou no intervalo de 1,04 a 1,14.

A partir dos resultados obtidos pelos protótipos analisados e dos coeficientes de ajuste apresentados anteriormente, conclui-se que melhores resultados foram obtidos nas tipologias de duas e três folhas de correr (portas e janelas) se comparados com as janelas de correr de quatro e seis folhas. Tal resultado se deve principalmente:

- à configuração dos perfis centrais que estão sendo monitorados, ou seja, nas janelas de correr com duas e três folhas, os perfis centrais estão dispostos de forma a se sobreporem no sentido da carga aplicada (soma de dois ou três perfis para “resistir” à carga aplicada, além da possibilidade da “solidarização” entre os perfis através dos fechos que possibilitam a “união” entre eles). O mesmo não ocorre nas janelas de correr de quatro e seis folhas, pois neste caso os perfis centrais (em função de sua tipologia possuem fechos que possibilitam a “união” de “topo” entre os perfis) estão alinhados e suportando a carga aplicada no mesmo plano, não tendo a sobreposição de perfis (conforme a Figura 22);

- às diferenças de folgas construtivas e juntas entre as diferentes tipologias. Ressalta-se que nos modelos matemáticos não são consideradas as descontinuidades dos cantos, adotando-se nós perfeitos entre eles.

Figura 22: Ilustração da configuração dos perfis monitorados

Ressalta-se que nos demais requisitos de esforços mecânicos (resistência à flexão e resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados) foram possíveis encontrar boas relações entre os valores de deflexões reais (obtidas no ensaio) e as deflexões calculadas, no entanto, no ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizados, a expressão de cálculo das deflexões indicada na Norma NBR10821 (2000) se mostrou inadequada para tal. O detalhamento dos problemas verificados neste requisito e nos demais serão apresentados no próximo capítulo deste trabalho.

4 EXPERIMENTOS E MÉTODOS

4.1 Dados gerais

Este item tem como proposta dar subsídios para eventuais modificações nos métodos e procedimentos de ensaios prescritos na Norma NBR10821:2000 – Caixilhos para edificação – Janelas, bem como nas Normas:

- NBR6485:2000 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação da penetração de ar;
- NBR6486:2000 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação da estanqueidade à água;
- NBR6485:2000 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas.

Ressalta-se que as modificações propostas neste item são referentes às tipologias de janelas de correr, em função do Programa Setorial da Qualidade (Esquadrias de Alumínio e de PVC) dispor de resultados de 3 anos de Programa de apenas nessa tipologia (janelas de correr), cujos ensaios foram realizados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Laboratório de Componentes e Sistemas. No entanto, tais modificações poderão ser estendidas às outras tipologias em algumas situações, tais como nos requisitos de câmara (estanqueidade à água; cargas de vento e permeabilidade ao ar).

Assim, na sequência são apresentados os requisitos (procedimentos e métodos de ensaio) com as alterações propostas para uma futura revisão normativa, nos anexos F, G, H e I são apresentadas as propostas de textos-base para as normas analisadas.

Inicialmente serão apresentados os requisitos de resistência às operações de manuseio, quais sejam:

- Verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento;
- Resistência à flexão;
- Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado;
- Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizado.

E, na sequência, os requisitos de câmara:

- Permeabilidade ao ar (em edificações não condicionadas ou não climatizadas);
- Verificação da estanqueidade à água;
- Resistência às cargas uniformemente distribuídas.

Ressalta-se que requisitos como:

- Atenuação sonora e;
- Permeabilidade ao ar (em edificações condicionadas ou climatizadas).

Não foram possíveis as realizações de propostas de alterações ou atualizações em seu texto-base (condições de uso e respectivos métodos de ensaio), em função de tais requisitos não terem sido realizados no âmbito dos Programas Setoriais da Qualidade de Janelas de Alumínio e de PVC.

Em relação aos requisitos de resistência às operações de manuseio, têm-se as seguintes condições gerais (para as janelas de correr) na NBR10821:2000 – Caixilho para edificação – Janelas:

“A janela de acordo com seu tipo, conforme indicado na NBR10821 (2000), deve resistir aos ensaios especificados no item 4.5.2, sem que haja:”

- 🖨 Deformação residual superior a 0,4% do vão (o comprimento livre do perfil em análise);
- 🖨 Ruptura dos vidros;
- 🖨 Deterioração de qualquer componente.

“A janela, qualquer que seja o tipo de movimentação que tenha, deve suportar 10.000 ciclos completos de abertura e fechamento, de acordo com o método de ensaio equivalente ao seu tipo (comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento – ver anexo A – da Norma NBR10821).”

4.2 Verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

Figura 23: Ilustração do ensaio de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento e pórtico para realização do referido requisito

4.2.1 Resultados de ensaios

Os resultados das primeiras 10 amostras ensaiadas pelo Programa estão na tabela 3 apresentados na sequência, todos os resultados verificados pelo PSQ neste requisito estão apresentados no Anexo C deste trabalho.

Tabela 4 – Resultados obtidos no ensaio de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento em janelas de correr

amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fmáx. abertura (em N)	74,2	21,6	20,3	24,2	62,5	23,2	8,8	22,5	15,1	23,5
Fmin. abertura (em N)	34,3	9,5	15,0	12,1	8,5	9,8	6,9	13,1	8,8	9,2
Fmáx. fechamento (em N)	72,5	20,6	19,3	24,2	63,4	20,6	9,1	44,8	14,7	22,9
Fmin. fechamento (em N)	34,6	9,1	14,4	12,1	8,2	8,1	6,6	13,1	6,2	11,1

Nota: Fmáxima admissível (fechamento) ≤ 50 N e Fmáxima admissível (abertura) ≤ 100 N.

4.2.2 Análise dos resultados e ocorrências verificadas

A análise dos resultados obtidos no âmbito do Programa de Garantia da Qualidade de Esquadrias de Alumínio e do Programa de Garantia da Qualidade de Componentes de PVC permitiu a verificação das seguintes ocorrências:

- a) Janelas com maiores vãos (folhas de maiores dimensões na largura) são mais exigidas devido à maior velocidade de translação, não reproduzindo a realidade, pois janelas de grande dimensões costumam ser menos movimentadas e suas velocidades de translação também são menores.
- b) Não há menção da folha a ser ensaiada.
- c) Algumas tipologias de janelas não possuem puxadores instalados nos perfis de folha, gerando dificuldades na forma de aplicação e medição da força necessária para abertura da folha ensaiada.

d) Por se tratar de um ensaio longo, seria interessante a possibilidade de interrupção do ensaio quando verificadas forças superiores aos limites estabelecidos.

e) Poucas ocorrências de reprovação (4,2%), no entanto, tal constatação não se deve ao dimensionamento adequado dos rodízios instalados nas janelas e sim à redução do peso das folhas, obtidas através da diminuição na espessura da placa de vidro, diminuição geometria dos perfis (inércia) e na espessura das paredes dos perfis que compõem a janela.

Observa-se que normas internacionais exigem neste requisito que as janelas “resistam” de 2.500 a 5.000 ciclos de abertura e fechamento sem apresentar qualquer tipo de deterioração dos seus componentes ou esforços acima dos limites estabelecidos. Já na NBR 10821, o maior o número de ciclos exigidos (10.000 ciclos e abertura e fechamento) para a avaliação das janelas se deve, principalmente, às condições climáticas de nosso país, nas quais se movimentam as folhas várias vezes ao dia (para ventilação do ambiente), diferentemente de países com clima frio.

A nova proposta para o método de ensaio do requisito: Verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento é apresentada no anexo I deste trabalho.

4.3 Resistência à flexão

Figura 24: Ilustração do ensaio de resistência à flexão e foto da realização do referido requisito

4.3.1 Resultados de ensaios

Os resultados obtidos pelo Programa nas primeiras cinco amostras estão na tabela 4 apresentados na seqüência, os demais resultados podem ser verificados no Anexo D deste trabalho, para tal adotar a seguinte legenda:

A = Atende ao critério;

N.A. = Não atende ao critério;

N.E. = Não executado ensaio nessa amostra;

Valores apresentados na tabela em milímetros

Tabela 5 – Resultados obtidos no ensaio de resistência à flexão em janelas de correr

carga (N)	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	0,95	1,25	4,35	-	7,60	-	2,10	2,00
100	2,00	2,35	9,15	-	15,05	-	3,90	3,90
150	3,10	3,45	13,40	-	22,40	-	5,90	5,60
200	4,20	4,45	17,30	-	29,80	-	7,80	7,50
250	5,35	5,65	21,85	-	37,85	-	9,90	9,40
300	6,10	6,85	26,35	-	45,20	-	11,70	11,40
350	7,65	8,05	32,50	-	52,80	-	13,60	13,40
400	8,90	9,05	-	-	65,85	-	15,50	15,50
0 (leitura residual)	0,05	-0,1	38,25	-	17,00	-	0,10	0,30
deslocamento residual máximo admitido	3,88		3,86		4,70		4,69	
condição da amostra em relação à norma	A.		N.A.		N.A.		A.	

4.3.2 Análise dos resultados e ocorrências verificadas

Após análise dos procedimentos de ensaio e dos resultados obtidos no âmbito do PSQ de Esquadrias de Alumínio e do Programa de Garantia da Qualidade de Componentes de PVC, foram verificadas as seguintes ocorrências:

a) Das 296 amostras ensaiadas, 80 amostras (27,0%) apresentaram algum tipo de não conformidade ao referido requisito, quais sejam: deformação residual superior a 0,4% do comprimento do perfil analisado (residual, 30 amostras – 10,1% do total ensaiado); ruptura do vidro (vidro, 8 amostras – 2,7% do total ensaiado) ou

deterioração de qualquer componente da janela (componente, 42 amostras – 14,2% do total). A figura 25 apresenta os percentuais de cada ocorrência;

Figura 25: Percentual de ocorrência no requisito de resistência à flexão para janela do tipo de correr

Já a figura 26 apresenta fotos da sequência de aplicação de carga no ensaio de resistência à flexão na janela instalada em pórtico (onde: a linha amarela representada na figura 5a indica a posição original da folha ensaiada; a seta vermelha o sentido de aplicação da carga e a linha azul – figura 5b – a posição no instante da aplicação da carga).

Figura 26 – Sequência de ensaio: (a): início da aplicação da carga no ensaio de resistência à flexão e (b): continuidade na aplicação de carga no ensaio de resistência à flexão

A figura 27 apresenta a janela instalada em pórtico e submetida ao ensaio de resistência à flexão, e a foto ampliada mostra o detalhe do destacamento da folha em relação ao marco (deterioração de componente - caracterizando a reprovação da amostra - conforme indicado pela flecha).

Figura 27 – “Destacamento” da folha da janela quando aplicada a carga no requisito resistência à flexão

E a figura 28 apresenta a janela instalada em pórtico e submetida ao mesmo ensaio de resistência à flexão, na qual a seta está indicando a deformação residual. A Norma especifica que depois de removido o carregamento, permite-se uma deformação residual de 0,4% do comprimento do perfil ensaiado, ou seja, o perfil deve “voltar” a uma posição muito próxima da original (indicado com a linha amarela). No entanto, nota-se através da figura que o perfil sofreu uma deformação residual acima do admissível (conforme indicado com a linha azul).

Figura 28 – Deformação residual do perfil de folha (montante) da janela após retirada da carga

b) Posição da folha a ser ensaiada: a situação mais “crítica” seria aquela em que a folha ensaiada estaria posicionada o mais próxima do seu fechamento. Assim, propõe-se que seja limitada a distância máxima (no máximo metade de sua abertura) desse posicionamento de folha para “padronização” do procedimento de ensaio nos laboratórios, conforme a figura 29.

Figura 29: Esquema proposto para o ensaio de resistência à flexão para janela do tipo de correr

c) Qual a folha a ser ensaiada (e o perfil): Propõe-se que em função da análise do projeto do referido caixilho a ser ensaiado, seja escolhida a folha de ensaio. Na tabela 5 são apresentados alguns resultados de ensaio no referido requisito quando executados na folha veneziana (quando as venezianas não estão solidarizadas aos montantes) e na folha de vidro.

A análise da tabela 5 aponta a folha veneziana (cujos perfis de veneziana não estão solidarizados aos montantes) como a condição menos favorável, conforme percentuais apresentados na figura 30. Os percentuais apresentados indicam que a folha veneziana apresentou maiores deflexões instantâneas (leitura máxima) em todas as medições (100%) e maiores deformações residuais em 18 das 19 medições (94,7%), conforme células hachuradas na tabela 5.

Tabela 6 – Comparativo das deflexões e deformações (folha veneziana e folha de vidro) no requisito de resistência à flexão em janelas de correr

amostra		1	2	3	4	5
folha de vidro	Deflexão máxima (mm)	39,29	24,94	17,98	16,22	13,43
	Deformação residual máxima (mm)	0,53	0,96	0,95	0,92	0,37
folha veneziana	Deflexão máxima (mm)	45,99	28,55	21,27	21,21	13,33
	Deformação residual máxima (mm)	5,92	8,04	1,50	1,41	1,20

amostra		6	7	8	9	10
folha de vidro	Deflexão máxima (mm)	17,01	17,28	13,80	12,14	19,97
	Deformação residual máxima (mm)	0,36	0,37	0,40	0,89	0,63
folha veneziana	Deflexão máxima (mm)	22,49	25,31	14,75	12,29	27,92
	Deformação residual máxima (mm)	1,39	1,56	1,46	0,59	0,75

Tabela 5 (continuação) – Comparativo das deflexões e deformações (folha veneziana e folha de vidro) no requisito de resistência à flexão em janelas de correr

amostra		11	12	13	14	15
folha de vidro	Deflexão máxima (mm)	14,63	17,01	24,01	26,06	13,33
	Deformação residual máxima (mm)	0,41	0,92	1,28	1,61	0,69
folha veneziana	Deflexão máxima (mm)	17,54	22,34	28,84	36,82	15,57
	Deformação residual máxima (mm)	0,85	2,56	5,69	3,85	0,74

amostra		16	17	18	19
folha de vidro	Deflexão máxima (mm)	13,58	21,45	8,70	18,97
	Deformação residual máxima (mm)	0,71	0,80	0,37	0,65
folha veneziana	Deflexão máxima (mm)	18,46	27,53	9,78	27,76
	Deformação residual máxima (mm)	1,00	1,18	0,59	2,05

Figura 30: Gráfico de percentual de ocorrências no comparativo de maiores deformações e deflexões do ensaio de resistência à flexão para janela do de correr

Assim, propõe-se também que o ensaio seja realizado na situação menos favorável (nas quais estarão indicados com os perfis em vermelho, conforme a figura 31), ou seja, em função da disposição das folhas e do conjunto perfil/folha com menor inércia.

Figura 31: Ilustração com indicação dos perfis "preferenciais" para a realização (corte longitudinal da janela - vista superior) do ensaio de resistência à flexão para janela do de correr

d) Limitação do sistema: no sub-item 3 do item A.4.6.3, menciona-se “descarregar o sistema formado por fio de aço/roldana e...”. Propõe-se que altere o texto de forma a permitir outros sistemas de carregamento, como por exemplo, utilização de dinamômetros para aplicação das cargas.

e) Posicionamento dos relógios comparadores quando ensaiada a porta de correr com travessa: conforme apresentado na figura 32, as leituras realizadas com o posicionamento dos relógios proposto poderão gerar resultados inadequados com o uso da expressão sugerida no item A.4.1.1.4. Assim, sugere-se a inserção de mais dois relógios no trecho inferior à travessa (conforme a figura 32), de forma a minimizar esse efeito e permitir o acompanhamento mais detalhado do caixilho.

Figura 32: Proposta de esquema do ensaio de resistência à flexão para portas do tipo de correr (com travessa)

f) Execução de cinco ciclos completos após a realização do ensaio: Propõe-se que seja realizada essa averiguação já no início do ensaio de resistência à flexão, com a medição da força “média” para a abertura e fechamento (limitados à 50N e 100N, respectivamente, conforme o requisito de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento) e após a realização do ensaio.

Desta forma, após execução dos cinco ciclos de abertura e fechamento (após a realização do ensaio) e averiguação da força “média” para abertura e fechamento, é possível a verificação do percentual de acréscimo de força necessária para tal ação após a aplicação da carga e limitá-las às forças admissíveis.

g) Cálculo da deformação residual: Através dos resultados obtidos no âmbito do Programa, foram observadas diferenças de comportamento quando comparadas as folhas ensaiadas, ou seja, quando comparadas folhas com vidro ou folhas com venezianas. O tempo de três min prescritos na NBR 10821 (2000) para a realização da leitura da deformação residual da folha ensaiada pode ser insuficiente para o “retorno” da folha à posição de “equilíbrio”. Assim, propõe-se que a leitura dos relógios comparadores seja realizada a partir de três min com intervalos pré-determinados até 30 min depois de retirada da carga com possibilidade de interrupção na leitura se obtida duas leituras consecutivas com diferenças nos resultados inferiores a 5% entre si. No anexo I é apresentada a nova proposta para o método de ensaio para o requisito Resistência à Flexão:

4.4 Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado

Figura 33: Ilustração do requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado e foto do referido ensaio

4.4.1 Resultados dos ensaios

As tabelas 6 e 7, apresentam os resultados (deflexão máxima e deformação residual, respectivamente) obtidos pelas janelas de correr no requisito resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado.

Ressalta-se que as linhas hachuradas indicam o “comportamento inadequado” da folha ensaiada. Essas leituras indicam a rotação da folha em torno do ponto de imobilização e, posteriormente, deformação do perfil (o comportamento verificado apresentou leitura do relógio 3 com valores superiores à leitura do relógio 2 – ponto de aplicação da carga – e superiores à leitura do relógio 1 – ponto de imobilização da janela, conforme ilustrado na figura 34). Desta forma, a utilização da expressão de cálculo da deformação nesses casos, indica um resultado não conclusivo, ou seja, o número obtido na expressão de cálculo pode representar a reprovação ou não da amostra no ensaio, sem que haja realmente uma deflexão máxima ou deformação residual de fato.

Figura 34: Ilustração da deformação do perfil

Tabela 7 – Resultados de ensaios – - deflexão máxima (carga de 400N) da folha veneziana requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado

Amostra	Relógio 3	Relógio 2	Relógio 1	Deflexão (mm)
1	13,2	12,2	1,9	4,7
2	17,1	13,7	1,2	4,6
3	12,6	10,7	3,2	2,8
4	18,2	16,4	2,4	6,1
5	22,3	19,2	7,6	4,3
6	12,7	25,9	2,7	18,2
7	14,6	28,0	2,0	19,7
8	12,3	12,0	3,6	4,1
9	28,1	19,0	1,8	4,1
10	12,5	9,9	2,1	2,6
11	27,1	46,4	3,0	31,4
12	14,9	15,3	2,4	6,7
13	6,9	14,6	1,8	10,2
14	15,4	12,3	1,2	4,0
15	37,4	28,2	4,7	7,1
16	24,1	19,1	6,6	3,7
17	15,8	13,3	1,9	4,5
18	8,3	8,7	2,9	3,1
19	8,6	11,4	1,8	6,2
20	39,6	37,9	2,2	16,9
21	10,9	11,1	1,6	4,9
22	16,2	13,2	1,4	4,4
23	26,0	22,7	3,1	8,1
24	38,9	34,5	3,3	13,3
25	20,7	16,4	1,4	5,3
26	87,2	53,9	4,1	8,3
27	15,2	12,3	1,4	4,0
28	13,8	11,6	2,0	3,7
29	37,8	56,5	3,5	35,8
30	35,9	31,8	3,4	12,2
31	17,0	20,8	3,4	10,6
32	11,2	12,6	1,8	6,1
33	30,2	21,6	1,3	5,9

Tabela 8 – Resultados de ensaios - deformação residual (após 3 min da retirada da carga de 400N) da folha veneziana requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado

Amostra	Relógio 3	Relógio 2	Relógio 1	Deformação (mm)
1	9,1	7,3	1,3	2,1
2	5,7	7,8	0,4	4,8
3	4,0	4,2	0,8	1,8
4	14,1	7,3	0,4	0,0
5	20,3	16,8	7,2	3,1
6	4,3	15,8	1,5	12,9
7	6,1	20,6	1,0	17,1
8	2,2	3,0	1,5	1,2
9	13,9	7,4	0,4	0,3
10	5,6	4,0	0,8	0,8
11	8,0	20,3	1,1	15,8
12	4,3	3,9	1,8	0,8
13	0,2	3,6	-0,5	3,8
14	8,7	6,5	0,6	1,9
15	17,3	11,3	2,4	1,4
16	7,7	5,0	1,0	0,7
17	5,6	5,3	0,5	2,2
18	2,8	1,9	0,7	0,2
19	3,4	4,0	0,6	2,0
20	22,6	19,7	1,3	7,8
21	2,9	2,1	0,2	0,5
22	5,7	3,7	0,2	0,7
23	19,5	14,5	1,7	3,9
24	21,6	19,2	1,7	7,5
25	19,7	12,2	0,7	2,0
26	63,3	35,9	2,1	3,2
27	7,0	4,8	0,3	1,2
28	8,0	5,5	1,1	1,0
29	19,4	28,3	1,6	17,7
30	8,6	11,0	1,0	6,2
31	5,1	3,3	0,9	0,3
32	1,7	1,0	0,1	0,0
33	3,7	2,0	0,2	0,1

4.4.2 Análise dos resultados e ocorrências verificadas

Os resultados apresentados nas tabelas 6 e 7, indicaram que 66,7% e 69,7% das amostras ensaiadas apresentaram o “comportamento inadequado” no cálculo das deflexões máximas e deformações residuais, respectivamente, ou seja, essas leituras indicaram a rotação da folha em torno do ponto de imobilização e, posteriormente, deformação do perfil.

Após análise dos procedimentos de ensaio e dos resultados obtidos no âmbito do Programa de Garantia da Qualidade de Esquadrias de Alumínio e do Programa de Garantia da Qualidade de Componentes de PVC, foram verificadas as seguintes ocorrências:

a) Posição indicada para imobilização da folha: o posicionamento indicado nas figuras 35 e 36, referente à figura A.14 da norma NBR10821 (2000), não seriam as representações mais adequadas da situação simulada, sendo o posicionamento mais adequado no canto inferior da folha.

Figura 35: Esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado para janela do tipo de correr

Figura 36: Esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado para portas do tipo de correr (com travessa)

b) Qual a folha a ser ensaiada (e o perfil): Assim como no requisito de resistência à flexão, propõe-se que em função da análise do projeto do caixilho a ser ensaiado, seja escolhida a folha de ensaio. Propõe-se também que o ensaio seja realizado na situação menos favorável, ou seja, em função do conjunto perfil de folha/vidro/venezianas com menor inércia.

c) Limitação do sistema: no sub-item 4 do item A.4.6.1, menciona-se “descarregar o sistema formado por fio de aço/roldana e...”. Propõe-se que altere o texto de forma a permitir outros sistemas de carregamento, como por exemplo, utilização de dinamômetros para aplicação das cargas.

d) Expressão de cálculo da deflexão e deformação (instantânea e residual, respectivamente) em janelas de correr é inadequada para este requisito, conforme apresentado no item 3.2 deste trabalho: quando executado este requisito nas janelas de correr dos PSQ's de esquadrias de alumínio e de PVC, notou-se que ao utilizar a expressão sugerida no item A.4.1.1.4 ($D_{\max} = D_2 - (D_1 + D_3)/2$), os resultados não permitem uma conclusão adequada do resultado, pois não representam de forma conclusiva a deflexão/deformação verificada nas amostras ensaiadas (conforme ilustração da deflexão prevista na figura 37), conforme resultados apresentados nas tabelas 6 (deflexão máxima verificada) e 7 (deformação residual verificada).

Figura 37: Ilustração da deflexão do perfil

Conforme mencionado, a rotação da folha em torno do ponto de imobilização e, posteriormente, a deformação do perfil indicam um resultado não conclusivo quando utilizada a expressão de cálculo da deflexão/deformação proposta na norma, ou seja, o número obtido na expressão de cálculo pode representar a reprovação ou não da amostra no ensaio, sem que haja realmente uma deflexão máxima ou deformação residual de fato.

Assim, propõe-se que neste requisito a expressão de cálculo seja alterada para ($D_{máx} = D_3 - D_1$), na qual a flecha residual máxima admissível será igual a 0,4% do comprimento do perfil (2l), ou a retirada da expressão de cálculo da deformação residual, ficando assim como critérios para aprovação ou reprovação da janela ensaiada:

- ❏ Ruptura dos vidros;
- ❏ Deterioração de qualquer componente e;
- ❏ O próximo item e).

e) Execução de cinco ciclos completos após a realização do ensaio: Propõe-se que seja realizada essa averiguação já no início do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado, com a medição da força “média” para a abertura e fechamento (limitados à 50N e 100N, respectivamente, conforme o requisito de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento) e após a realização do ensaio.

Desta forma, após execução dos cinco ciclos de abertura e fechamento (após a realização do ensaio) e averiguação da força “média” para abertura e fechamento, é possível a verificação do percentual de acréscimo de força necessária para tal ação após a aplicação da carga e limitá-las às forças admissíveis.

Assim, a nova proposta para o método de ensaio para o requisito Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado está apresentada no anexo I deste trabalho

4.5 Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados

Figura 38: Ilustração do requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados

4.5.1 Resultados dos ensaios

Os resultados, das primeiras 10 amostras, obtidos pelo Programa neste requisito estão apresentados na tabela 8, todos os resultados obtidos neste ensaio estão no Anexo E deste trabalho, para tal adotar a seguinte legenda:

A = Atende ao critério;

Valores apresentados na tabela em milímetros;

N.A. = Não atende ao critério.

Tabela 9 – Resultados obtidos no ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados em janelas de correr

carga (N)	Amostra 1	Amostra 4	Amostra 9	Amostra 10	Amostra 11	Amostra 12	Amostra 13	Amostra 14	Amostra 15	Amostra 17
50	0,10	0,20	0,05	0,15	0,00	0,10	0,00	0,15	0,10	-0,05
100	0,05	0,70	0,10	0,20	0,05	0,75	0,10	0,25	0,25	2,45
150	0,20	1,55	0,20	0,35	0,20	1,60	0,10	0,45	0,60	8,30
200	0,45	2,50	0,25	0,50	0,55	2,40	0,20	*	1,35	12,15
250	1,25	4,15	0,45	1,00	1,30	3,25	0,65	1,2	2,15	16,55
300	1,65	5,20	0,60	2,40	2,60	4,10	0,85	1,65	3,25	19,90
350	2,40	6,60	1,15	5,35	3,65	4,55	1,70	2,25	4,55	24,35
400	3,05	7,95	1,40	7,65	5,10	5,25	1,95	2,65	6,45	-
0 (leitura residual)	0,30	2,05	0,60	4,60	3,25	0,40	0,75	0,65	4,75	12,65
deslocamento residual máximo admitido	3,88	4,69	4,64	4,62	4,55	4,68	3,74	3,86	3,82	4,65
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	N.A.	N.A.

4.5.2 Análise dos resultados e ocorrências verificadas

Após análise dos procedimentos de ensaio e dos resultados obtidos no âmbito do Programa de Garantia da Qualidade de Esquadrias de Alumínio e do Programa de Garantia da Qualidade de Componentes de PVC, foram verificadas as ocorrências:

a) Das 190 amostras ensaiadas, 43 amostras (22,6%) apresentaram algum tipo de não conformidade ao referido requisito, quais sejam: deformação residual superior a 0,4% do comprimento do perfil analisado (residual, 35 amostras – 18,4% do total ensaiado); ruptura do vidro (vidro, 1 amostra – 0,5% do total ensaiado) ou deterioração de qualquer componente da janela (componente, 7 amostras – 3,7% do total). A figura 39 apresenta os percentuais de cada ocorrência;

Figura 39: Percentual de ocorrência no requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados para janela do tipo de correr

b) Qual a folha a ser ensaiada (e o perfil): Assim como no requisito de resistência à flexão, propõe-se que em função da análise do projeto do caixilho a ser ensaiado, seja escolhida a folha de ensaio. Propõe-se também que o ensaio seja realizado na situação menos favorável, ou seja, em função do conjunto perfil de folha/vidro/venezianas com menor inércia.

c) Limitação do sistema: no sub-item 4 do item A.4.6.1, menciona-se “descarregar o sistema formado por fio de aço/roldana e...”. Propõe-se que altere o texto de forma a permitir outros sistemas de carregamento, como por exemplo, utilização de dinamômetros para aplicação das cargas.

d) Posicionamento dos relógios comparadores quando ensaiada a porta de correr com travessa: conforme sugerido na Norma NBR10821 (2000), as leituras devem ser realizadas em três relógios (um em cada extremidade e um no centro). Nesta configuração, resultados inadequados poderão ser gerados quando do uso da expressão sugerida no item A.4.1.1.4. Assim, sugere-se a inserção de mais dois relógios no trecho inferior à travessa (conforme a figura 40), de forma a minimizar esse efeito e permitir o acompanhamento mais detalhado do caixilho.

Figura 40: Proposta de esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados, para portas do tipo de correr (com travessa)

e) Execução de cinco ciclos completos após a realização do ensaio: Propõe-se que seja realizada essa averiguação já no início do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados, com a medição da força “média” para a abertura e fechamento (limitados à 50N e 100N, respectivamente, conforme o requisito de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento) e após a realização do ensaio.

Desta forma, após execução dos cinco ciclos de abertura e fechamento (após a realização do ensaio) e averiguação da força “média” para abertura e fechamento, é possível a verificação do percentual de acréscimo de força necessária para tal ação após a aplicação da carga e limitá-las às forças admissíveis.

f) Cálculo da deformação residual: Através dos resultados obtidos no âmbito do Programa, foram observadas diferenças de comportamento quando comparadas as folhas ensaiadas, ou seja, quando comparadas folhas com vidro ou folhas com venezianas. O tempo de 3 min prescritos na NBR10821 (2000) para a realização da leitura da deformação residual da folha ensaiada pode ser insuficiente para o “retorno” da folha à posição de “equilíbrio”. Um dos motivos está ilustrada na figura 41, quando ensaiada a folha de vidro, há possibilidade de ocorrência do conjunto vidro/gaxeta se “soltar”, impedindo o retorno do vidro à posição “original” dentro do tempo estabelecido.

No entanto, conforme prescrito na NBR10821 (2000), a janela ensaiada deve resistir ao ensaio, sem que haja:

- Deformação residual superior a 0,4% do vão (o comprimento livre do perfil em análise);
- Ruptura dos vidros;
- Deterioração de qualquer componente.

Figura 41: Ocorrência verificada no requisito de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados, quando ensaio é realizado na folha de vidro.

Assim, propõe-se que a leitura dos relógios comparadores seja realizada a partir de três min com intervalos pré-determinados até 30 min depois de retirada da carga com possibilidade de interrupção na leitura se obtida duas leituras consecutivas com diferenças nos resultados inferiores a 5% entre si. Caso não seja verificado o retorno da folha à sua posição original, a amostra estará reprovada ao requisito devido à deformação residual acima do limite estabelecido e por deterioração do componente.

No anexo I é apresentada a nova proposta para o método de ensaio para o requisito Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados.

4.6 Permeabilidade ao ar

Figura 42: Ilustração do requisito de Permeabilidade ao ar

4.6.1 Resultados de ensaios

De acordo com a Norma NBR10821 (2000), o ensaio de permeabilidade ao ar será avaliada segundo duas condições (edificações não climatizadas ou não condicionadas e edificações condicionadas ou climatizadas) e as seguintes exigências de permeabilidade ao ar (conforme a Tabela 9):

Tabela 10 – Exigência de permeabilidade ao ar

Tipo de ambiente	Localização: Estado do país	Classe de utilização	Exigência de permeabilidade ao ar
Condicionada ou climatizada	Qualquer Estado	Normal ou melhorada	Resistência térmica mínima $0,15 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$ Vazão máxima de $5 \text{ m}^3 / \text{h}$ x metro linear de juntas abertas, sob uma pressão de 30Pa
		Reforçada ou excepcional	Resistência térmica mínima $0,15 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$ Vazão máxima de $5 \text{ m}^3 / \text{h}$ x metro linear de juntas abertas, sob uma pressão de 50Pa
Não condicionada ou não climatizada	São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul	Normal ou melhorada	Velocidade do ar $\leq 0,5 \text{ m/s}$, a uma distância de 2,0cm da janela quando submetida a uma pressão de 30Pa
		Reforçada ou excepcional	Velocidade do ar $\leq 0,5 \text{ m/s}$, a uma distância de 2,0cm da janela quando submetida a uma pressão de 50Pa
	Outros Estados	Qualquer classe de utilização	Não há exigência

Nota: Deve ser entendida por comprimento das juntas abertas da janela, a soma dos comprimentos dos encontros entre as partes móveis e dos encontros entre as partes móveis e fixas, não se considerando folhas sobrepostas.

Já o respectivo método de ensaio - NBR6485 (2000) apresenta dois métodos:

- Ensaio de permeabilidade ao ar pelo método de diferenças de pressões;
- Ensaio para determinação da velocidade do ar.

Nos Programas Setoriais da Qualidade de Esquadrias de PVC e de Alumínio, 74 amostras foram submetidas ao ensaio de permeabilidade ao ar para a determinação da velocidade do ar, nas quais 37 apresentaram vazamentos de ar com velocidades superiores a 0,5m/s em algum ponto de medição na janela. Cabe observar que neste requisito não há “reprovação” de uma amostra, ou seja, caso a amostra ensaiada obtenha resultados que ultrapassem os limites estabelecidos, esta amostra terá limitações de uso (não poderá ser utilizada nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, conforme condições apresentadas na tabela 9).

4.6.2 Análise dos resultados e ocorrências verificadas

A análise dos resultados das 37 amostras “não aprovadas” (apresentaram velocidades de vazamento de ar superiores a 0,5m/s), indicam a seguinte distribuição de ocorrências, conforme a figura 43.

Legenda:

- Nenhuma ocorrência verificada;
- De 1 a 5 ocorrências verificadas;
- De 6 a 10 ocorrências verificadas;
- Acima de 11 ocorrências verificadas.

Figura 43: Distribuição de ocorrências verificadas no requisito de Permeabilidade ao ar

Outras ocorrências foram verificadas nas janelas ensaiadas em locais não contemplados para a análise na Norma NBR10821 (2000), tais como nas juntas entre as paletas de veneziana e nos fechos centrais (janelas de correr de quatro e seis folhas).

Após análise dos procedimentos de ensaio e dos resultados obtidos no âmbito do Programa de Garantia da Qualidade de Esquadrias de Alumínio e do Programa de Garantia da Qualidade de Componentes de PVC, foram verificadas as seguintes ocorrências:

a) área de “coleta de ar” do equipamento para medição (anemômetro): diferenças entre equipamentos de medição, na qual para pequenas “frestas” (caso das esquadrias) o aparelho mais indicado é aquele que possuir uma “área de coleta” compatível com a área de saída de ar (aparelho da esquerda, conforme figura abaixo).

Figura 44: Ilustração dos equipamentos de medição

b) Os trechos indicados em vermelho na figura abaixo, representam os pontos atualmente verificados no requisito de permeabilidade ao ar. No entanto, durante os ensaios realizados no âmbito dos PSQ, verificou-se a necessidade de medição nas áreas indicadas em azul.

Figura 45: Pontos verificados no requisito de permeabilidade ao ar

Conforme a análise dos resultados obtidos neste requisito e apresentados anteriormente, verificou-se que em alguns pontos (prescritos na Norma para verificação) não apresentaram vazamentos e outros pontos apresentaram altos índices de ocorrência (conforme apresentado na figura 43). Desta forma, o método de ensaio poderá ser modificado, de forma a verificar somente os “trechos” e pontos que apresentaram maiores índices de vazamento de ar (incluindo as áreas das venezianas e dos fechos), conforme apresentado na figura 46.

Figura 46: Proposta de pontos a serem verificados no requisito de permeabilidade ao ar

Assim, a nova proposta para o procedimento de ensaio de permeabilidade ao ar - NBR6485 (2000), bem como da NBR 10821 (2000) estão apresentadas nos anexos F e I, respectivamente.

4.7 Estanqueidade à água

Figura 47: Ilustração do requisito de Estanqueidade à água e imagem da câmara de ensaios

4.7.1 Resultados de ensaios

A Norma NBR10821 (2000) descreve que a janela não deve apresentar vazamentos que provoquem o escoamento de água pelas paredes ou componentes sobre os quais esteja fixada quando aplicada uma vazão mínima de água de $4 \text{ L} / \text{min} \times \text{m}^2$ e às pressões de ensaio correspondentes às regiões do Brasil (ver figura 48) onde é utilizada, conforme indicado na tabela 10. Cabe ressaltar que independente das condições topográficas e do projeto de edificação, todas as janelas devem atender pelo menos as condições de ensaio mínimas, ou seja, atendimento à região I, classe normal, qualquer que seja a classe de utilização e a região de vento onde está localizada.

Figura 48: Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento, “V0” em m/s, no Brasil – Regiões e Classes de utilização.

Tabela 11 – Pressão de ensaio de estanqueidade à água

Classe de Utilização	Região do País	Pressão de ensaio de estanqueidade à água – Pressão de projeto de vento – $P_p \times 0,15$ (Pa)
Normal (N) Residencial unifamiliar ou comercial simples – até dois pavimentos	I	40
	II	60
	III	80
	IV	100
	V	120
Melhorada (M) Residencial ou comercial até quatro pavimentos ou 12m	I	60
	II	90
	III	120
	IV	150
	V	180
Reforçada (R) Comercial pesada ou edifícios residenciais com mais de cinco pavimentos	Todas as regiões	Pressões de ensaio = o maior dos dois valores: $0,15 \times P_p$ (pressão de projeto das cargas de vento) e os valores das pressões da classe Melhorada
Excepcional (E) Arquiteturas especiais (shopping, indústrias, hospitais, etc.)	Todas as regiões	

Assim, em 258 amostras ensaiadas no âmbito dos PSQ de Esquadrias de Alumínio e de PVC, foram verificadas no requisito de estanqueidade à água que, 71 amostras foram reprovadas, ou seja, apresentaram algum tipo de vazamento com pressões inferiores à 40Pa (classe normal – região I), a figura 49 ilustra a realização do referido ensaio, onde:

- A figura a) representa o posicionamento correto das folhas para a execução do ensaio;
- A figura b) é possível a visualização do funcionamento da câmara (através de jatos de aspersão de água que simulam a ocorrência de chuva);
- A figura c) indicam os pingos de água que fluíram para o lado interno da janela, representando o interior da unidade habitacional.

As demais amostras apresentaram o seguinte comportamento:

- 48 amostras com limitação de uso na pressão de 40Pa (somente região I - classe Normal);
- 41 amostras com limitação de uso na pressão de 60Pa (região I - classe Normal e Melhorada e região II - classe Normal);
- 18 amostras com limitação de uso na pressão de 80Pa (região I - classe Normal e Melhorada e regiões II e III - classe Normal);
- 9 amostras com limitação de uso na pressão de 90Pa (regiões I e II - classe Normal e Melhorada e região III - classe Normal);
- 16 amostras com limitação de uso na pressão de 100Pa (regiões I e II - classe Normal e Melhorada e regiões III e IV - classe Normal);
- 13 amostras com limitação de uso na pressão de 120Pa (regiões I, II e III - classe Normal e Melhorada e regiões IV e V - classe Normal);
- 69 amostras com limitação de uso na pressão de 150Pa (regiões I, II, III e IV - classe Normal e Melhorada e região V - classe Normal);
- 36 amostras sem limitação de uso até a região V – classe Normal e Melhorada, ou seja, pressão máxima de uso 180Pa (pressão máxima verificada nos Programas Setoriais da Qualidade).

Figura 49: Câmara de ensaios de estanqueidade à água

4.7.2 Análise dos resultados e ocorrências verificadas

Analisando-se os procedimentos de ensaio e os resultados obtidos no âmbito do Programa de Garantia da Qualidade de Esquadrias de Alumínio e do Programa de Garantia da Qualidade de Componentes de PVC, foram verificadas as seguintes ocorrências:

a) Sistemas de Drenagem: os caixilhos devem ser dotados de sistemas de drenagem, com orifícios que se comunicam com o exterior, os quais devem ser dimensionados de tal forma que permitam anular a diferença entre a pressão interna e externa, evitando com isto, a penetração de água no seu interior (conforme ilustração da figura 50). O escoamento da água proveniente de infiltração ou condensação deve seguir um caminho que não favoreça qualquer estagnação de umidade e os orifícios não devem se constituir em entradas de água.

A quantidade de orifícios e seu respectivo posicionamento dependem da disposição das folhas da janela, bem como das dimensões da janela. É recomendável adotar uma distância mínima (algo em torno de 50mm) do orifício do canto da janela.

Figura 50: Ilustração do equilíbrio das pressões (interna e externa) na drenagem de janelas de correr.

b) **Sistemas de Vedação dos Caixilhos:** a vedação em caixilhos (cantos de envidraçamento, encontro entre partes móveis e partes móveis e fixas, juntas lineares e outros) é feita através de guarnições (gaxetas e escovas de polipropileno) e silicone. Os sistemas de vedação dos caixilhos são responsáveis por grande parte das reprovações das janelas de correr no requisito de estanqueidade à água (principalmente devido à grande variabilidade na forma de aplicação do silicone nos encontros dos marcos inferiores da janela).

Figura 51: Ilustração da seção de um perfil de janela.

c) **Controle no Processo de Instalação:** a forma de fixação pode comprometer o desempenho da esquadria, afetado principalmente pelas habilidades e cuidados do montador de esquadria. Qualquer que seja a opção de fixação adotada, um bom detalhamento e a conscientização dos operários da necessidade de se executar esta etapa com o devido cuidado, são imprescindíveis ao bom desempenho da esquadria como um todo.

Cabe ressaltar que devem ser respeitadas as formas de instalação viáveis de cada janela, ou seja, instalação através de uso do contramarco (de aço, concreto pré-moldado); diretamente na alvenaria através de grapas e argamassa ou parafusos e argamassa e através de parafuso e espuma de poliuretano (IIZUKA, 2001). Tais condições deverão ser respeitadas em função das características (geometria, resistência mecânica, etc) dos perfis de alumínio, pois em alguns casos a forma inadequada de instalação poderá comprometer o desempenho da esquadria (torção do perfil em função da expansão da espuma de poliuretano, por exemplo).

d) Interpretação da Norma: no âmbito dos Programas Setoriais da Qualidade, foram verificadas quatro tipos de ocorrências que caracterizariam a “reprovação” ou “limitação de utilização” da janela no requisito de estanqueidade à água, assim designados:

- Gotas que respingam para o interior e/ou precipitam na canaleta da travessa inferior e respingam para o interior;
- Borbulhamento com respingo para o interior, antes do início do enchimento da canaleta da travessa inferior;
- Borbulhamento com respingo para o interior, após o início do enchimento da canaleta da travessa inferior;
- Transbordo da canaleta da travessa inferior.

Pois a Norma NBR10821 (2000) determina que: “A janela não deve apresentar vazamentos que provoquem o escoamento de água pelas paredes ou componentes sobre os quais esteja fixada quando submetida à vazão mínima de água de 4 L / min x m² e às pressões de ensaio correspondentes às regiões do Brasil onde é utilizada”.

O trecho sublinhado do parágrafo anterior traz alguns problemas de interpretação nos critérios de aprovação da janela ensaiada, pois alguns consideram que a mesma só estará “reprovada” ou “limitada à determinada condição de utilização” se verificada escoamento de água pela esquadria, sendo que a interpretação correta do trecho sublinhado seria:

“qualquer infiltração para o interior do ambiente (exceto condicionado ao “corpo da janela”, ou seja, restrito à canaleta do perfil de marco inferior da janela) caracterizará a “reprovação” ou “limitação nas condições de utilização” da janela”.

e) Sistema de aspersão de água: conforme proposto no item 4.3 da Norma NBR6486 (2000), entende-se que o sistema de dispersão de água deve ser mais bem detalhado para evitar, novamente, problemas de interpretação, ou seja, deixar claro que deve ser evitada a sobreposição de áreas dos dispersores de água e, principalmente, evitada a aplicação de jatos concentrados diretamente no corpo-de-prova ensaiado, de forma a comprometer os resultados do ensaio.

f) Compatibilização das pressões de projeto/ensaio/sucção: cabe observar que após aprovação do projeto de norma - 02:136.01.001 (2004) **“Desempenho de Edificações – Desempenho de edificações habitacionais de até 5 pavimentos”**, uma verificação nos valores propostos para as pressões de projeto/ensaio/sucção ou uma simples correção do texto na Norma NBR 10821 (2000) deverá ser realizada.

Conforme apresentado na tabela 10, os valores referentes à classe Melhorada foram obtidos caracterizando-se a edificação como de uso residencial ou comercial de até **quatro pavimentos ou 12 metros**. No entanto, cabe observar que no cálculo para a elaboração da tabela 10 foi considerado o posicionamento da janela a uma altura de 12m em relação ao solo, desta forma, uma simples correção do texto na NBR10821 (2000) é suficiente para a compatibilização com o referido projeto de norma, cujo texto tem a caracterização de uma edificação de uso residencial ou comercial de até **cinco pavimentos**.

Assim, uma sugestão de alteração no procedimento de ensaio de estanqueidade à água - NBR6486 (2000), bem como da NBR 10821 (2000) estão apresentadas nos anexos G e I, respectivamente.

4.8 Resistência às cargas uniformemente distribuídas

Figura 52: Ilustração do requisito e imagem da câmara de ensaio de Resistência às cargas uniformemente distribuídas

4.8.1 Resultados de ensaios

A Norma NBR10821 (2000) descreve que a janela quando submetida à pressão prescrita na tabela 11, para a região em que ela é utilizada, não deve apresentar: ruptura, colapso total ou parcial de qualquer de seus componentes, incluindo o vidro; desempenho, quanto às condições de abertura e fechamento, deteriorado abaixo dos valores mínimos (classe Normal, região I); desempenho quanto à permeabilidade ao ar, deteriorado acima de 20% dos valores máximos do ar $\leq 0,6\text{m/s}$ (ambientes não condicionados) e vazão máxima de $6\text{m}^3 / \text{h} \times \text{metro linear de juntas abertas}$ (ambientes climatizados ou condicionados); deflexão máxima instantânea superior a $L/175$ do vão, sendo L o comprimento livre do perfil em análise; em nenhum caso pode ser superior a 2cm em qualquer um dos seus perfis e deformação residual superior a 0,4% do vão, medida após pelo menos 3min do desligamento da pressão de ensaio.

Tabela 12 – Pressão de ensaio de cargas uniformemente distribuídas

Classe de Utilização	Região do País	Pressão de projeto – Pp / Pressão de sucção – Pe x 0,8 / Pressão de ensaio – Pe = Pp x 1,5 (Pa)
Normal (N)	I	300 / 350 / 450
	II	400 / 500 / 600
	III	550 / 650 / 800
	IV	650 / 800 / 950
	V	850 / 1000 / 1250
Melhorada (M)	I	450 / 550 / 650
	II	600 / 700 / 900
	III	800 / 950 / 1200
	IV	1000 / 1200 / 1500
	V	1200 / 1450 / 1800
Reforçada (R)	Todas as regiões	Calcular conforme a NBR6123 (ver nota 1 e anexo B)
Excepcional (E)	Todas as regiões	Calcular conforme a NBR6123 (ver nota 2 e anexo B)

Notas

1 Na classe reforçada os valores de pressão, calculados conforme a NBR6123, deverão ser pelo menos iguais aos valores das pressões de ensaio da classe Melhorada.

2 Nos casos de arquiteturas especiais da classe excepcional, os valores de pressão de ensaio, calculados conforme a NBR6123, quando inferiores aos valores da classe melhorada, deverão ser justificados através de ensaios em túneis de vento ou planilhas de cálculo e assumidos por um responsável técnico.

Em 194 amostras ensaiadas no requisito de resistência às cargas uniformemente distribuídas, 15 amostras foram reprovadas, ou seja, apresentaram:

- deformações instantâneas superiores ao limite admissível ou;
- deformações residuais superiores ao limite admissível ou;
- deterioração de algum componente ou;
- ruptura do vidro.

As demais amostras apresentaram o seguinte comportamento:

- 15 amostras com limitação de uso na pressão de 450Pa (somente região I - classe Normal);
- 8 amostras com limitação de uso na pressão de 600Pa (regiões I e II - classe Normal);
- 15 amostras com limitação de uso pressão de 650Pa (região I - classe Normal e Melhorada e região II - classe Normal);
- 8 amostras com limitação de uso na pressão de 800Pa (região I - classe Normal e Melhorada e regiões II e III - classe Normal);
- 3 amostras com limitação de uso na pressão de 900Pa (regiões I e II - classe Normal e Melhorada e região III - classe Normal);
- 16 amostras com limitação de uso na pressão de 950Pa (regiões I e II - classe Normal e Melhorada e regiões III e IV - classe Normal);
- 3 amostras com limitação de uso na pressão de 1200Pa (regiões I, II e III - classe Normal e Melhorada e região IV - classe Normal);
- 21 amostras com limitação de uso na pressão de 1250Pa (regiões I, II e III - classe Normal e Melhorada e regiões IV e V - classe Normal);
- 29 amostras com limitação de uso na pressão de 1500Pa (regiões I, II, III e IV - classe Normal e Melhorada e região V - classe Normal);
- 61 amostras sem limitação de uso até a região V – classe Normal e Melhorada, ou seja, pressão máxima de uso 1800Pa (pressão máxima verificada nos Programas Setoriais da Qualidade).

4.8.2 Análise dos resultados e ocorrências verificadas

Analisando os procedimentos de ensaio e os resultados obtidos no âmbito do Programa de Garantia da Qualidade de Esquadrias de Alumínio e do Programa de Garantia da Qualidade de Componentes de PVC, foram verificadas as seguintes ocorrências:

a) o critério de aprovação referente ao desempenho apresentado na Norma NBR10821, determina que a amostra ensaiada “não deve apresentar desempenho, quanto às condições de abertura e fechamento, deteriorado abaixo dos valores mínimos fixados em 4.5”.

Neste parágrafo, a indicação correta para os valores mínimos para aprovação da amostra é o item A.4.5.3.4, na qual limita os esforços aplicados a 50N (no fechamento) e 100N (na abertura). Já o referido item 4.5, apresenta as condições gerais para os requisitos de resistência às operações de manuseio e condicionando à realização do ensaio completo, ou seja, execução de 10.000 ciclos completos de abertura e fechamento e posteriores verificações.

b) No item 5) do método de ensaio apresentado anteriormente, há a recomendação de “instalar no mínimo três aparelhos de medida de deformações, nos perfis sujeitos as maiores deformações, de tal modo que permitam apenas as medidas de deformações do perfil, não sendo consideradas as eventuais movimentações e deslocamentos das folhas”.

Assim, a figura A.7, referente ao posicionamento dos relógios comparadores para porta de correr com travessa, há a indicação de instalação de três relógios comparadores, conforme apresentado na figura 53. No entanto, conforme mencionado no requisito de resistência à flexão, as leituras realizadas com o posicionamento dos relógios proposto poderão gerar resultados inadequados com o uso da expressão sugerida no item A.4.1.1.4. Assim, sugere-se a inserção de mais dois relógios no trecho inferior à travessa (conforme a figura 54), de forma a minimizar esse efeito e permitir o acompanhamento mais detalhado do caixilho.

Figura 53: Posicionamento dos relógios comparadores para portas do tipo de correr com travessa

Figura 54: Proposta de posicionamento dos relógios comparadores para portas do tipo de correr com travessa

c) sugere-se a retirada da verificação da penetração de ar após a realização do ensaio de resistência às cargas uniformemente distribuídas, na qual estabelece um limite de deterioração de 20% superior aos valores máximos permitidos no requisito de permeabilidade ao ar.

A sugestão da retirada se deve às dificuldades operacionais para execução deste requisito (além do encarecimento demasiado deste ensaio e também o tornaria muito longo) e, principalmente, pelos resultados obtidos que se acredita serem muito rigorosos (exigir que a janela não apresente acréscimos nas velocidades ou vazões superiores a 20% do inicialmente medido, após sofrerem carregamentos de pressões que podem variar de +450Pa a +1800Pa nas classes Normal e Melhorada dentro das regiões I a V).

d) Assim como mencionado no requisito de estanqueidade à água, após aprovação do projeto de norma - 02:136.01.001 (2004) **“Desempenho de Edificações – Desempenho de edificações habitacionais de até 5 pavimentos”**, uma verificação nos valores propostos para as pressões de projeto/ensaio/sucção deverá ser realizada.

Conforme apresentado na tabela 11, os valores referentes à classe Melhorada foram obtidos caracterizando-se a edificação como de uso residencial ou comercial de até **quatro pavimentos ou 12 metros**. No entanto, assim como no requisito de estanqueidade à água, na elaboração da tabela 11 foi considerado o posicionamento da janela a uma altura de 12m em relação ao solo, desta forma, uma simples correção do texto na NBR10821 (2000) é suficiente para a compatibilização com o referido projeto de norma, cujo texto tem a caracterização de uma edificação de uso residencial ou comercial de até **cinco pavimentos**.

A nova proposta para o procedimento de ensaio de resistência às cargas uniformemente distribuídas - NBR6487 (2000), bem como da NBR 10821 (2000) estão apresentadas nos anexos H e I, respectivamente.

5 COMENTÁRIOS FINAIS

5.1 O produto janela

Os resultados obtidos nos ensaios exigidos na Norma NBR10821 (2000) em quase quatro anos de acompanhamento das janelas de correr de alumínio e de PVC mostraram uma evolução na qualidade e no desempenho dos produtos. No entanto, os resultados também mostraram a grande influência do fator humano na qualidade do produto final, no caso das janelas que utilizam o sistema tradicional de produção, tais como: alumínio e aço, que exigem maiores cuidados no controle da qualidade do processo construtivo.

Já as esquadrias de PVC estão menos “susceptíveis” às “falhas” humanas, em função do seu processo produtivo ser altamente industrializado, à base de máquinas e equipamentos para a confecção das janelas e da necessidade de mão-de-obra especializada para a operação de tais equipamentos.

5.2 Dimensionamento estrutural

No início do acompanhamento do desempenho das janelas de alumínio e de PVC foi verificada a falta de cultura entre os fabricantes na avaliação das janelas frente aos requisitos normativos, ou seja, em muitos casos os produtos eram colocados no mercado baseados apenas nos resultados obtidos no dimensionamento estrutural em softwares, na qual eram considerados apenas os esforços resultantes da ação do vento (cargas uniformemente distribuídas). Outros requisitos mecânicos, constantes da NBR 10821 não são considerados nessa etapa. Isso pode ser bastante crítico. No presente trabalho, onde o dimensionamento foi realizado para janelas de correr, foi verificado que o requisito de **resistência à flexão** é o mais crítico para determinação das geometrias dos perfis (quando estes possuem baixa resistência mecânica – perfis de menor inércia). Esse fato, determinante para o dimensionamento do caixilho, não tem sido praticado pela indústria, que continua realizando o ensaio de carga distribuída como parâmetro único para o dimensionamento estrutural.

O dimensionamento estrutural depende de inúmeras hipóteses e simplificações, tais como: dimensões da janela, tipo de janela (diferentes tipologias possuem diferentes comportamentos estruturais, diferentes tipos de vinculações e simplificações, etc), geometria dos perfis, material utilizado (propriedades físicas), etc.

Assim, é uma etapa fundamental do processo, a verificação do comportamento real do produto através de ensaios em protótipos, para aferição das hipóteses e simplificações adotadas. No presente trabalho, foi verificado que há casos em que a verificação do dimensionamento via software não pode ser aplicado, pois as simplificações adotadas não reproduzem o comportamento real. É o caso do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado: onde o comportamento físico real foi diferente do teórico, conforme resultados apresentados no item 4.4 deste trabalho.

A aferição do comportamento real da esquadria é tão mais importante quanto maior é a influência da mão-de-obra na montagem da janela, uma vez que no dimensionamento estrutural não se consideram folgas e os nós são considerados como perfeitos. Assim, quanto maior for o número de folhas e quanto mais artesanal for o processo produtivo, maior será o fator de correção dos produtos, conforme demonstrado no capítulo 3 do presente trabalho.

5.3 Normas brasileiras de janelas e experimentos realizados

5.3.1 Normas brasileiras

Através das atuais normas técnicas para janelas na construção civil, quais sejam:

- ▣ NBR6485/00 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação da penetração de ar;
- ▣ NBR6486/00 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação da estanqueidade à água;

- ▣ NBR6485/00 – Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas.
- ▣ NBR 10820/89 – Caixilho para edificação – Janela - Terminologia;
- ▣ NBR10821/00 – Caixilho para edificação – janelas;
- ▣ NBR10829/89 – Caixilho para edificação – Janela – Medição da atenuação acústica - Método de ensaio;
- ▣ NBR10830/89 – Caixilho para edificação – Acústica dos edifícios – Terminologia;
- ▣ NBR10831/89 – Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial – Janelas – Procedimento.

Foram verificadas as conformidades das janelas do tipo de correr (de alumínio e de PVC) nos requisitos exigidos na NBR10821 (2000), quais sejam: verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento; resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizados; resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados; resistência à flexão; resistência às cargas uniformemente distribuídas; permeabilidade ao ar e estanqueidade à água.

As análises dos procedimentos de ensaio e dos resultados de 360 amostras ensaiadas mostraram a necessidade de correções nos métodos de ensaio, seja pela necessidade de adequação e compatibilidade com as expectativas dos usuários ou, simples correções metodológicas ou pelas diferentes interpretações de texto que foram verificadas ao longo do período de análise. Desta forma, na sequência são apresentadas as principais sugestões para uma futura revisão normativa.

5.3.2 Experimentos realizados

5.3.2.1 Verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

Neste requisito foi constatado um baixo índice de reprovação (devido, principalmente, à redução de peso das folhas, ou seja, conjunto perfis + vidro), além da necessidade de ajustes nas velocidades de translação das folhas em função de seus vãos (dimensões); da definição dos critérios para escolha da folha a ser ensaiada e da possibilidade de interrupção do ensaio em caso de reprovação durante as verificações intermediárias (a cada 1000 ciclos) do funcionamento adequado das janelas.

5.3.2.2 Resistência à flexão

A análise de aproximadamente 300 amostras ensaiadas permitiu concluir sobre a necessidade de maior detalhamento do posicionamento das folhas, bem como dos critérios para a determinação da folha a ser ensaiada. Para este último caso, sugere-se que a escolha seja realizada através da análise do projeto da esquadria (a ser encaminhada pelo fabricante ao laboratório), na qual será ensaiado o conjunto (perfil + componente, sendo ele o vidro ou venezianas) com menor inércia.

Outras sugestões de alteração neste requisito são referentes às medições das forças médias para abertura e fechamento das folhas antes e após a realização do ensaio e o tempo de leitura dos deslocamentos nos relógios comparadores para o cálculo da deformação residual, na qual se propõe que sejam realizadas leituras até 30 minutos após a retirada da carga (400N) ou até que se obtenham duas leituras consecutivas com diferenças inferiores a 5% entre si.

5.3.2.3 Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado

Neste requisito são propostas sugestões de alteração semelhantes às apresentadas no requisito de resistência à flexão, ou seja, necessidade de maior detalhamento em relação à escolha da folha a ser ensaiada, a medição das forças médias para abertura e fechamento das folhas e, principalmente, a revisão da expressão de cálculo da deflexão (instantânea) e da deformação (residual), pois a expressão apresentada na Norma NBR10821 (2000) se mostrou inadequada para este requisito, não representando corretamente o real comportamento da folha ensaiada, conforme os resultados obtidos e analisados neste trabalho.

5.3.2.4 Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados

Assim como apresentado nos dois itens anteriores, neste requisito são propostas sugestões de alterações referentes à necessidade de maior detalhamento em relação à escolha da folha a ser ensaiada; a medição das forças médias para abertura e fechamento das folhas.

No entanto, a principal sugestão de revisão neste requisito é referente ao tempo de leitura dos relógios comparadores para o cálculo da deflexão (instantânea) e da deformação (residual). Assim, é proposto que sejam realizadas leituras até 30 minutos após a retirada da carga (400N) ou até que se obtenham duas leituras consecutivas com diferenças inferiores a 5% entre si. Novamente, constata-se a importância do projeto da esquadria para a avaliação adequada do conjunto com menor resistência mecânica e que deverá ser submetida ao ensaio.

5.3.2.5 Permeabilidade ao ar

Neste requisito as análises dos resultados e do método de ensaio levaram à sugestão das seguintes modificações nas Normas NBR10821 (2000) e NBR6485 (2000): maior detalhamento na especificação do equipamento de medição de forma a minimizar os riscos no uso de aparelhos inadequados para este tipo de avaliação e detalhamento sobre os trechos e áreas mais suscetíveis a vazamentos de ar e que obrigatoriamente deverão ser avaliados.

Um ponto a ser discutido neste requisito é referente à especificidade das folhas de veneziana fixa, que por sua própria construção não conseguem ser estanques, pois as frestas existentes entre os perfis de veneziana não são totalmente estanques, ou seja, quando aplicadas pequenas cargas de vento, as venezianas sofrem pequena deformação permitindo o surgimento das frestas ou aumentando-as e, conseqüentemente, ocorre a entrada de ar no ambiente interno. A substituição das venezianas por uma chapa (sem emendas) talvez fosse uma solução para este caso, se o requisito não permitir vazamentos de ar para o interior entre as venezianas, no entanto, este caso deverá ser amplamente discutido em uma futura revisão normativa de forma a solucionar este problema.

5.3.2.6 Estanqueidade à água

Aproximadamente 260 amostras de janelas de correr foram avaliadas neste requisito em quase quatro anos. A partir da análise dos resultados obtidos verificou-se a grande importância do controle produtivo das janelas (montagem e materiais utilizados), bem como a necessidade da verificação do comportamento real do produto, cujos resultados não são possíveis de serem estimados através de cálculos.

Problemas de interpretação da Norma NBR10821 (2000) e da NBR6486 (2000) também foram constatados, principalmente, problemas de interpretação referentes ao sistema de aspersão de água e aos critérios para “reprovação” ou “limitação de utilização” da janela. Neste caso é sugerido que sejam descartados os primeiros cinco minutos (de cada pressão de ensaio) até que se atinja a estabilização da pressão na câmara e, posteriormente, seja dada a continuidade do ensaio.

5.3.2.7 Resistência às cargas uniformemente distribuídas

Requisito que apresentou o menor número de ocorrências, dentre os quais foram observados problemas relacionados ao critério de aprovação (indicação do item incorreto na NBR10821 como critério de aprovação, conforme apresentado no item 4.8.2 deste trabalho).

A principal sugestão de alteração neste requisito, visando uma futura revisão normativa, é referente ao desempenho da esquadria em relação ao requisito de permeabilidade ao ar após a realização do ensaio de resistência às cargas uniformemente distribuídas, na qual permite uma degradação nos resultados de até 20% em relação ao especificado no item 4.2 da Norma NBR10821 (2000). Após análise dos resultados neste requisito, é sugerida a remoção desta verificação por julgar rigor demasiado com tal exigência, ou seja, após a amostra ser submetida ao ensaio de resistência às cargas uniformemente distribuídas, na qual poderá sofrer deslocamentos e deformações residuais (permanentes) que poderão comprometer o seu desempenho numa posterior avaliação de permeabilidade ao ar.

Outros pontos que corroboram para a retirada da verificação da permeabilidade ao ar (posteriormente ao ensaio de resistência às cargas uniformemente distribuídas) são relacionados a problemas operacionais e de execução (preparação da amostra na câmara, equipamentos, etc), que tornariam o ensaio demasiadamente longo e economicamente inviável.

5.3.2.8 Resistência ao arrombamento

Questões referentes à segurança têm sido amplamente discutidas nos últimos anos, em função da crescente preocupação com a segurança pessoal e patrimonial. Assim, é sugerida a inserção na Norma NBR10821 (2000) de um requisito que avalie a segurança ao arrombamento, na qual não seria um requisito específico para janelas com características especiais, não sendo uma exigência a todas as tipologias de janelas, mas um diferencial do produto a ser apresentado no mercado.

5.4 Conclusões e sugestões para a continuidade dos trabalhos

Desde o início dos trabalhos de acompanhamento da qualidade das esquadrias de alumínio e de PVC, grandes avanços foram verificados nessa área, frente aos requisitos exigidos na NBR10821 (2000), graças aos esforços dos fabricantes no desenvolvimento de novos projetos, vinculados aos ensaios em protótipos (resgatando e valorizando o trabalho dos projetistas no desenvolvimento das janelas) e ao maior controle no processo produtivo (controle da mão-de-obra, de suprimentos, matéria-prima, etc).

Um outro ponto importante a destacar é referente à capacitação laboratorial, que ao longo de quase quatro anos de execução de ensaios sobre janelas, evoluíram e procuraram demonstrar segurança na realização desses ensaios de desempenho sobre os produtos. No entanto, sob o aspecto técnico ainda há muitos pontos a serem melhorados, como o número reduzido de laboratórios capacitados, de forma a viabilizar a realização de inter-laboratoriais para a obtenção de repetitividade e reprodutibilidade nas medições de ensaios e dificuldades de compreensão ou diferentes interpretações de um mesmo documento técnico.

O acompanhamento dos ensaios realizados em janelas de correr e seus respectivos resultados forneceram subsídios para uma análise detalhada dos problemas encontrados nos procedimentos, métodos e alguns critérios de avaliação de ensaios nas atuais normas brasileiras de janelas. Amplas discussões foram realizadas entre especialistas da área, fabricantes e técnicos de laboratórios, no intuito de aprimorar os métodos de ensaio e adequar os critérios de exigência das normas apresentadas neste trabalho, visando uma futura revisão normativa. Novamente, ressalta-se a grande importância da verificação do real comportamento dos caixilhos nos requisitos apresentados neste trabalho, seja para a verificação da adequação dos parâmetros e simplificações utilizados no dimensionamento das esquadrias como para a verificação do comportamento das janelas perante os requisitos não possíveis de serem verificados no dimensionamento.

Uma futura avaliação da adequação dos métodos de ensaio e dos critérios de exigência de qualidade para as demais tipologias de janela deverá ser realizada, visto que este trabalho contemplou os resultados de ensaios realizados nas tipologias de janelas de correr. Outros pontos a serem pesquisados seriam referentes ao comportamento das janelas em requisitos não contemplados neste trabalho, como: isolamento acústico, isolamento térmico e estanqueidade ao ar para uso com ar condicionado.

E, finalmente, uma pesquisa para estudo do comportamento do conjunto alvenaria/caixilho, na qual seria avaliada não só o desempenho do caixilho, como da alvenaria e inclusive o comportamento do conjunto perante as diferentes técnicas de instalação do mercado (instalação em contramarco; argamassa/grapa; espuma de poliuretano/parafusos; entre outras técnicas).

ANEXOS

ANEXO A - Exemplo de dimensionamento de uma janela do tipo de correr

Na sequência é apresentado um exemplo de dimensionamento do perfil de montante de uma **janela tipo de correr de 02 folhas de vidro de alumínio** (módulo de elasticidade $\sim 7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$) com **1,2 m de altura por 1,6 m de largura**, que será instalada em um edifício no **20º andar** ($h \sim 50 \text{ m}$) e **pavimento-tipo retangular de dimensões 20m x 15m situado em São Paulo** (região III). Conforme prescrito na norma NBR6123 – Força devida ao vento em edificações e também apresentado no anexo B da norma NBR10821 – Caixilhos para edificação – Janelas.

a) Cálculo dos coeficientes de forma externos (C_e):

$a=20\text{m};$

$b=15\text{m}.$

$a/b=1,33$

$h/b=3,33$

Consultando a Tabela dos Coeficientes de forma externos (C_e) para paredes de edificações de planta retangular da NBR6123, tem-se:

b) Cálculo do coeficiente de pressão interna (Ci):

Seguindo a NBR 6123, para as condições abaixo, tem-se:

- Todas as janelas fechadas $-0,3$ ou 0 (adotar o mais crítico);
- Abertura dominante a barlavento $+0,6$ (considerando a proporção entre a área das aberturas a barlavento e a área de coberturas em zonas de sucção externa igual a 3);
- Abertura dominante a sotavento $-0,6$;
- Abertura dominante em face paralela ao vento, mas não em zona de alta sucção externa $-0,6$;
- Abertura dominante em face paralela ao vento nem zona de alta sucção externa $-0,9$ (considerando a proporção entre áreas na face da abertura dominante e áreas de aberturas em outras zonas de sucção externa igual a 3).

Obs.: Barlavento refere-se à borda voltada para a direção de onde sopra o vento;
Sotavento refere-se à borda contrária à direção de onde sopra o vento.

Verificação dos valores máximos de $|C_e - C_i|$ em cada caso:

Situações	Face A	Face B	Face C	Face D
1	+1,1 ($\alpha=90^\circ$)	-1,0 ($\alpha=0^\circ$)	+1,1 ($\alpha=0^\circ$)	-1,0 ($\alpha=90^\circ$)
2	-1,6 ($\alpha=0^\circ$)	-1,6 ($\alpha=0^\circ$)	-1,6 ($\alpha=90^\circ$)	-1,6 ($\alpha=90^\circ$)
3	+1,4 ($\alpha=90^\circ$)	-0,4 ($\alpha=0^\circ$)	+1,4 ($\alpha=0^\circ$)	-0,4 ($\alpha=90^\circ$)
4	+1,4 ($\alpha=90^\circ$)	-0,4 ($\alpha=0^\circ$)	+1,4 ($\alpha=0^\circ$)	-0,4 ($\alpha=90^\circ$)
5	+1,7 ($\alpha=90^\circ$)	+0,3 (ambos)	+1,7 ($\alpha=0^\circ$)	+0,3 (ambos)

Conclui-se que a situação mais desfavorável ocorrerá na face barlavento quando houver abertura dominante em zona de alta sucção externa. Nessas condições, $C_e - C_i = +1,7$.

c) Cálculo da velocidade característica:

$$V_K = V_0 * S_1 * S_2 * S_3$$

Onde:

$$V_0 = 40 \text{ m/s}$$

$$S_1 = 1,0 \text{ (fator topográfico)}$$

$$S_2 = 1,1 \text{ (fator } S_2, \text{ rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno)}$$

$$S_3 = 0,88$$

$$V_K = 38,72 \text{ m/s}$$

d) Cálculo da pressão de obstrução:

$$q = \frac{(V_K)^2}{1,6}$$

$$q = 937 \text{ Pa}$$

e) Cálculo da pressão de ensaio:

$$p = q * (C_e - C_i)$$

$$p = 937 * 1,7 = 1593 \text{ Pa}$$

f) Cálculo do momento de inércia:

$$f = \frac{5000 * P * (2 * h - l) * l * h^3}{4 * 384 * E * I * 10^{-12}}$$

Onde:

Janela de correr de 2 folhas: 1,2m de altura por 1,6 de largura (cada folha com largura aproximada de 80cm)

f = flecha admissível = $800/175 = 4,57\text{mm}$;

P = pressão de cálculo = 1.593Pa ;

h = altura da folha = $1,2\text{m}$;

l = largura da folha = $0,8\text{m}$;

E = Módulo de Elasticidade do material = $7 \times 10^{10} \text{N/m}^2$;

I = Momento de Inércia do perfil, em mm^4 .

Assim, substituindo-se os valores apresentados:

$$I = 23.895\text{mm}^4$$

Assim, o perfil de folha da janela de correr de 02 folhas deverá ter um momento de inércia superior a 23.895mm^4 (por exemplo um perfil retangular de dimensões $35\text{mm} \times 25\text{mm}$, com $2,5\text{mm}$ de espessura) para suportar as cargas de vento previstas no exemplo proposto. Para tal, deverão ser trabalhadas a geometria e a espessura do perfil, a dureza mais adequada do material (alumínio), entre outros fatores.

Cabe observar que o dimensionamento dos perfis é apenas uma das etapas para a produção de esquadrias, sendo recomendado após os cálculos, a montagem de protótipos para verificação de eventuais “desvios” de comportamento dos perfis dimensionados. Tais “desvios” se devem, principalmente, às simplificações adotadas durante o processo de dimensionamento dos perfis, pois são adotadas condições ideais de montagem das esquadrias (variantes de cada montador, folgas, etc); rigidez dos perfis, etc.

ANEXO B - Planilhas de ensaios em protótipos para verificação do comportamento nas condições reais e aferição do modelo matemático adotado

**Protótipo 01 – Janela de Correr com 02 folhas (1,20 x 1,40 m – H x L) –
Verificação do montante da folha.**

Elem. Verificado	Montante da folha
Compr. Elem. Verificado (mm)	1120
Tipo de Reforço	U
Espessura (mm)	1,5

Pressão de Vento (Pa)	Flecha Real (mm)	Flecha Calculada (mm)	Flecha Adm. – L/175 (mm)
0	0	0	6,4
800	1,93	1,26	6,4
1000	2,20	1,58	6,4
1200	2,48	1,90	6,4
1500	2,96	2,37	6,4
1800	3,36	2,84	6,4
2000	3,67	3,16	6,4
2200	3,95	3,48	6,4

Protótipo 02 – Janela de Correr com 04 folhas (1,20 x 2,00 m – H x L) com fecho central travado – Verificação do montante da folha.

Elem. Verificado	Montante da folha
Compr. Elem. Verificado (mm)	1120
Tipo de Reforço	U
Espessura (mm)	1,5

Pressão de Vento (Pa)	Flecha Real (mm)	Flecha Calculada (mm)	Flecha Adm. – L/175 (mm)
0	0	0	6,4
800	2,96	1,01	6,4
1000	2,89	1,26	6,4
1200	3,14	1,51	6,4
1500	3,89	1,89	6,4
1800	4,39	2,27	6,4
2000	4,76	2,52	6,4
2200	---	---	6,4

**Protótipo 03 – Janela de Correr com 06 folhas (1,20 x 2,00 m – H x L) –
Verificação do montante da folha.**

Elem. Verificado	Montante da folha
Compr. Elem. Verificado (mm)	1120
Tipo de Reforço	U
Espessura (mm)	1,5

Pressão de Vento (Pa)	Flecha Real (mm)	Flecha Calculada (mm)	Flecha Adm. – L/175 (mm)
0	0	0	6,40
800	2,05	1,01	6,40
1000	2,60	1,26	6,40
1200	3,03	1,51	6,40
1500	3,58	1,89	6,40
1800	4,23	2,26	6,40
2000	---	---	6,40
2200	---	---	6,40

Protótipo 04 – Porta Balcão com 02 folhas (2,10 x 2,00 m – H x L) – Verificação do montante da folha.

Elem. Verificado	Montante da folha
Compr. Elem. Verificado (mm)	2040
Tipo de Reforço	U
Espessura (mm)	1,5

Pressão de Vento (Pa)	Flecha Real (mm)	Flecha Calculada (mm)	Flecha Adm. – L/175 (mm)
0	0	0	11,66
800	13,63	12,53	11,66
1000	16,20	15,66	11,66
1200	19,50	18,80	11,66
1500	---	---	11,66
1800	---	---	11,66
2000	---	---	11,66
2200	---	---	11,66

Protótipo 05 – Porta Balcão com 02 folhas (2,10 x 1,60 m – H x L) – Verificação do montante da folha.

Elem. Verificado	Montante da folha
Compr. Elem. Verificado (mm)	2040
Tipo de Reforço	U
Espessura (mm)	3,00

Pressão de Vento (Pa)	Flecha Real (mm)	Flecha Calculada (mm)	Flecha Adm. – L/175 (mm)
0	0	0	11,66
800	6,50	6,45	11,66
1000	7,95	8,06	11,66
1200	9,95	9,67	11,66
1500	12,70	12,09	11,66
1800	15,30	14,51	11,66
2000	17,03	16,12	11,66
2200	---	---	11,66

ANEXO C - Resultados obtidos no ensaio de verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento em janelas de correr

Resultados - verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento em janelas de correr

amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fmáx. abertura (em N)	74,2	21,6	20,3	24,2	62,5	23,2	8,8	22,5	15,1	23,5
Fmin. abertura (em N)	34,3	9,5	15,0	12,1	8,5	9,8	6,9	13,1	8,8	9,2
Fmáx. fechamento (em N)	72,5	20,6	19,3	24,2	63,4	20,6	9,1	44,8	14,7	22,9
Fmin. fechamento (em N)	34,6	9,1	14,4	12,1	8,2	8,1	6,6	13,1	6,2	11,1

amostra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Fmáx. abertura (em N)	25,8	20,6	11,1	22,5	45,1	54,9	16,3	23,2	12,4	7,5
Fmin. abertura (em N)	5,9	11,1	8,8	15,0	29,1	36,3	14,0	15,0	4,6	4,9
Fmáx. fechamento (em N)	20,3	19,6	9,8	21,2	25,5	49,7	19,6	25,8	9,8	9,1
Fmin. fechamento (em N)	6,9	13,4	5,9	13,1	12,4	29,7	14,0	18,3	4,9	4,9

amostra	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Fmáx. abertura (em N)	4,9	14,4	13,7	32,7	33,3	9,1	10,5	7,8	22,5	28,1
Fmin. abertura (em N)	3,9	9,5	8,5	20,6	23,2	5,6	3,9	3,3	10,8	17,6
Fmáx. fechamento (em N)	5,6	16,3	14,4	56,2	36,6	8,5	9,8	7,8	22,5	24,8
Fmin. fechamento (em N)	3,9	9,8	7,5	35,0	23,2	5,6	4,6	2,0	9,5	18,6

amostra	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Fmáx. abertura (em N)	31,7	2,3	61,1	16,3	15,7	11,8	13,4	14,4	11,8	16,3
Fmin. abertura (em N)	14,0	1,0	46,4	11,4	7,5	7,2	9,1	6,5	6,9	9,5
Fmáx. fechamento (em N)	36,7	2,0	63,4	15,7	11,1	14,4	17,0	10,5	10,5	17,0
Fmin. fechamento (em N)	14,7	1,0	42,5	12,1	6,9	7,5	12,4	6,5	7,5	10,5

amostra	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Fmáx. abertura (em N)	10,1	17,3	2,3	42,5	26,5	3,9	8,8	3,6	4,2	9,6
Fmin. abertura (em N)	5,6	5,6	1,0	13,4	12,7	2,0	3,6	2,9	2,6	4,6
Fmáx. fechamento (em N)	10,5	13,4	2,3	56,8	45,4	8,5	8,8	4,9	5,2	14,7
Fmin. fechamento (em N)	4,9	5,6	1,0	17,0	17,0	4,2	3,9	2,0	3,9	5,2

amostra	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Fmáx. abertura (em N)	5,2	19,6	6,5	6,9	20,6	20,3	27,8	20,9	16,0	16,3
Fmin. abertura (em N)	3,9	14,0	5,2	3,3	14,7	13,4	16,7	13,1	5,6	6,2
Fmáx. fechamento (em N)	7,5	18,3	9,1	5,2	24,2	19,3	20,6	17,6	30,4	19,9
Fmin. fechamento (em N)	4,2	14,7	5,9	2,0	15,7	15,0	14,4	12,7	14,0	7,2

Nota: Fmáxima admissível (fechamento) ≤ 50 N e Fmáxima admissível (abertura) ≤ 100 N.

Resultados - verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento em janelas de correr (continuação)

amostra	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Fmáx. abertura (em N)	29,1	27,1	7,5	28,6	35,3	51,0	5,9	2,9	7,5	32,0
Fmín. abertura (em N)	23,2	8,8	3,3	25,5	15,7	18,6	1,3	1,3	4,2	24,5
Fmáx. fechamento (em N)	28,4	27,1	5,6	56,5	37,9	49,7	6,9	2,9	6,5	28,7
Fmín. fechamento (em N)	20,3	10,1	2,9	25,5	17,3	13,4	1,3	1,3	4,6	25,2

amostra	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Fmáx. abertura (em N)	29,1	12,1	11,4	21,6	25,8	45,7	15,0	17,6	61,4	7,2
Fmín. abertura (em N)	22,2	7,2	6,5	15,4	18,6	8,8	8,2	4,6	47,4	4,6
Fmáx. fechamento (em N)	18,0	14,0	7,5	20,3	23,2	21,9	22,9	17,6	58,8	7,0
Fmín. fechamento (em N)	15,4	6,9	3,9	15,0	16,0	12,1	8,2	4,6	37,6	5,2

amostra	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Fmáx. abertura (em N)	5,2	53,6	10,1	3,9	43,4	38,9	10,8	12,7	11,8	12,7
Fmín. abertura (em N)	2,0	11,8	2,4	2,3	14,7	23,8	5,6	7,8	6,9	4,9
Fmáx. fechamento (em N)	9,1	11,4	13,7	3,3	49,7	37,9	9,8	12,1	11,4	11,8
Fmín. fechamento (em N)	3,3	8,5	3,3	2,3	16,3	20,3	5,6	6,2	7,2	4,9

amostra	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Fmáx. abertura (em N)	9,5	14,4	28,7	44,4	15,7	2,0	16,7	20,6	25,2	24,2
Fmín. abertura (em N)	4,9	10,5	16,0	19,6	9,8	1,0	9,8	14,0	18,9	19,6
Fmáx. fechamento (em N)	7,8	20,6	28,1	40,8	20,3	2,3	13,7	23,8	20,9	23,5
Fmín. fechamento (em N)	4,9	16,7	16,0	19,6	8,8	1,0	9,5	19,6	14,7	17,3

amostra	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
Fmáx. abertura (em N)	16,0	7,2	9,1	25,2	18,9	10,1	10,5	30,7	16,7	19,6
Fmín. abertura (em N)	11,4	4,9	4,9	14,0	12,1	8,5	8,8	18,9	9,8	15,0
Fmáx. fechamento (em N)	16,0	10,5	7,2	20,3	18,0	10,1	12,1	34,0	15,7	16,7
Fmín. fechamento (em N)	13,1	6,9	4,9	9,8	9,8	7,5	4,9	16,3	9,8	9,5

amostra	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Fmáx. abertura (em N)	19,6	24,8	10,1	11,1	9,5	5,9	5,9	14,7	15,0	13,9
Fmín. abertura (em N)	9,5	8,5	5,6	9,8	5,9	4,6	3,9	9,1	13,1	4,9
Fmáx. fechamento (em N)	14,7	26,1	9,8	10,5	8,8	7,5	6,9	14,7	14,7	15,0
Fmín. fechamento (em N)	8,2	10,1	5,9	9,1	6,5	3,3	3,9	9,8	10,5	4,9

Nota: Fmáxima admissível (fechamento) ≤ 50 N e Fmáxima admissível (abertura) ≤ 100 N.

ANEXO D - Resultados obtidos no ensaio de resistência à flexão em janelas de correr

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr

carga (N)	Amostra 5		Amostra 6		Amostra 7		Amostra 8	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	4,05	-	6,10	-	4,30	3,80	4,95	-
100	8,25	-	11,95	-	7,30	7,20	9,55	-
150	12,45	-	17,95	-	10,45	9,45	14,2	-
200	18,00	-	24,45	-	13,55	13,70	19,1	-
250	-	-	44,20	-	16,65	15,30	24,55	-
300	-	-	-	-	19,75	18,05	28,85	-
350	-	-	-	-	22,90	21,65	35,25	-
400	-	-	-	-	26,70	25,30	-	-
0 (leitura residual)	28,35	-	36,25	-	1,60	1,90	16,95	-
deslocamento residual máximo admitido	3,87		3,86		3,87		3,92	
condição da amostra em relação à norma	N.A.		N.A.		A.		N.A.	

carga (N)	Amostra 9		Amostra 10		Amostra 11		Amostra 12	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	5,95	5,60	0,95	0,90	2,45	2,20	1,50	2,10
100	11,50	10,40	1,75	2,00	4,70	4,40	2,75	3,25
150	16,05	14,40	2,85	2,85	6,70	6,50	4,30	4,85
200	20,60	19,30	3,65	3,75	9,20	8,85	5,75	6,45
250	25,60	24,65	4,60	4,80	11,55	11,05	7,25	8,05
300	30,30	29,45	5,70	5,90	14,15	12,65	8,95	9,65
350	35,25	34,65	6,75	6,90	16,00	16,15	10,50	11,15
400	40,15	39,90	7,60	7,90	18,00	19,80	12,10	12,60
0 (leitura residual)	1,65	4,00	0,00	0,00	0,35	0,60	0,00	0,15
deslocamento residual máximo admitido	4,64		4,62		4,55		4,68	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 13		Amostra 14		Amostra 15		Amostra 16	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	0,80	0,70	1,40	1,20	4,65	5,10	6,65	7,05
100	1,40	1,40	2,60	2,50	8,35	7,70	12,45	13,70
150	2,15	2,00	3,90	3,80	10,90	9,85	16,35	20,15
200	2,65	2,80	5,20	5,10	13,35	12,25	21,45	28,25
250	3,55	3,40	6,60	6,40	15,95	14,75	25,60	33,30
300	4,40	4,30	7,90	7,80	18,50	16,40	30,30	41,65
350	5,00	4,80	8,60	9,00	20,65	19,75	35,30	57,00
400	5,90	5,75	10,40	10,40	23,85	24,10	40,75	70,85
0 (leitura residual)	0,00	-0,05	0,10	0,00	0,65	1,55	4,15	-
deslocamento residual máximo admitido	3,74		3,86		3,82		4,70	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		N.A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 17		Amostra 18		Amostra 19		Amostra 20	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	8,25	9,50	2,60	2,55	2,65	2,95	-	1,10
100	17,35	17,95	5,25	5,05	5,20	5,50	-	6,80
150	25,45	36,20	7,95	7,45	7,80	8,20	-	12,70
200	34,85	35,60	10,45	10,15	10,40	10,75	-	16,40
250	44,05	43,45	13,50	13,00	12,90	13,65	-	-
300	52,70	45,45	16,25	15,80	15,45	16,45	-	-
350	-	46,80	18,40	18,35	17,50	19,20	-	-
400	-	49,40	20,25	21,15	19,55	22,00	-	-
0 (leitura residual)	8,30	4,20	1,10	0,30	-0,05	0,60	-	9,30
deslocamento residual máximo admitido	4,65		4,64		4,63		3,88	
condição da amostra em relação à norma	N.A.		A.		A.		N.A.	

carga (N)	Amostra 21		Amostra 22		Amostra 23		Amostra 24	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,30	2,20	-	-	2,10	2,00	-	8,80
100	4,40	4,40	-	-	3,90	3,90	-	16,80
150	6,50	6,50	-	-	5,90	5,60	-	23,50
200	8,65	8,85	-	-	7,80	7,50	-	37,80
250	10,85	11,05	-	-	9,90	9,40	-	48,70
300	13,15	12,65	-	-	11,70	11,40	-	55,90
350	15,35	16,15	-	-	13,60	13,40	-	59,80
400	17,50	19,80	-	-	15,50	15,50	-	63,40
0 (leitura residual)	0,45	0,60	-	-	0,10	0,30	-	29,30
deslocamento residual máximo admitido	4,56		3,88		4,69		4,69	
condição da amostra em relação à norma	A.		N.E.		A.		N.A.	

carga (N)	Amostra 25		Amostra 26		Amostra 27		Amostra 28	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	4,60	-	2,90	-	-	2,30	2,30
100	-	8,80	-	3,30	-	-	4,50	4,60
150	-	13,00	-	3,90	-	-	6,80	6,60
200	-	17,30	-	6,50	-	-	9,00	8,80
250	-	22,40	-	10,40	-	-	11,40	11,00
300	-	28,40	-	14,40	-	-	13,90	13,30
350	-	50,80	-	18,70	-	-	15,90	15,60
400	-	-	-	23,90	-	-	18,50	17,90
0 (leitura residual)	-	15,90	-	4,20	-	-	0,80	0,50
deslocamento residual máximo admitido	3,87		3,87		3,90		3,84	
condição da amostra em relação à norma	N.A.		N.A.		N.E.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 29		Amostra 30		Amostra 31		Amostra 32	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,10	1,10	0,60	0,70	1,20	1,00	1,40	1,20
100	2,20	2,10	1,50	1,40	1,50	1,50	2,60	2,50
150	3,30	3,00	2,30	2,20	2,40	2,20	3,90	3,80
200	4,30	4,00	3,10	3,10	3,20	2,90	5,20	5,10
250	5,50	5,30	4,10	4,00	4,10	3,50	6,60	6,40
300	6,60	6,10	4,80	4,80	4,90	4,30	7,90	7,80
350	7,60	7,30	5,70	5,60	5,20	5,20	8,60	9,00
400	8,70	8,20	6,50	6,50	5,90	5,90	10,40	10,40
0 (leitura residual)	0,10	0,00	0,10	0,00	-0,20	0,00	0,10	0,00
deslocamento residual máximo admitido	4,63		3,88		3,75		3,86	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 33		Amostra 34		Amostra 35		Amostra 36	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	5,00	1,00	0,70	3,50	3,40	2,40	2,50
100	-	9,60	1,70	1,30	6,10	6,70	4,50	4,80
150	-	14,00	2,40	2,00	9,30	9,90	6,70	7,20
200	-	18,00	3,10	2,70	12,40	12,90	8,90	9,50
250	-	21,50	3,80	3,60	15,40	16,30	11,20	12,00
300	-	25,20	4,60	4,30	18,80	19,30	13,60	14,20
350	-	29,30	5,40	5,10	22,50	22,30	15,90	16,50
400	-	35,50	6,20	5,90	26,10	25,10	18,00	18,90
0 (leitura residual)	-	5,80	0,30	0,00	1,70	0,80	0,50	0,30
deslocamento residual máximo admitido	3,85		3,89		4,53		4,57	
condição da amostra em relação à norma	N.A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 37		Amostra 38		Amostra 39		Amostra 40	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	-	5,80	2,40	2,40	1,10	2,40	2,10
100	-	-	11,00	4,60	4,80	2,20	4,90	4,60
150	-	-	15,80	6,20	7,20	3,30	7,00	6,80
200	-	-	20,70	7,80	9,50	4,50	9,00	9,00
250	-	-	26,60	9,40	12,30	5,60	11,30	11,70
300	-	-	32,80	11,10	14,70	6,70	13,40	14,00
350	-	-	45,40	12,80	17,40	7,90	16,30	15,90
400	-	-	53,80	14,30	19,90	8,90	18,30	17,80
0 (leitura residual)	-	-	38,30	1,20	0,40	0,10	-0,20	0,10
deslocamento residual máximo admitido	3,91		3,85		4,63		4,62	
condição da amostra em relação à norma	N.E.		N.A.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 41		Amostra 42		Amostra 43		Amostra 44	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	4,10	-	6,60	3,32	3,40	4,49	4,95
100	-	8,20	-	12,90	6,93	6,60	10,07	12,08
150	-	12,50	-	19,00	10,39	9,53	15,64	17,33
200	-	16,30	-	25,30	13,99	12,30	20,93	22,42
250	-	21,90	-	39,90	17,88	15,34	26,31	27,52
300	-	35,40	-	52,40	21,67	18,05	32,28	33,24
350	-	38,10	-	-	25,91	20,87	38,18	38,68
400	-	39,90	-	-	30,74	23,26	44,76	44,02
0 (leitura residual)	-	18,50	-	21,50	3,07	0,50	4,84	2,65
deslocamento residual máximo admitido	3,89		3,89		3,91		4,59	
condição da amostra em relação à norma	NA.		NA.		A.		NA.	

carga (N)	Amostra 45		Amostra 46		Amostra 47		Amostra 48	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,14	0,93	4,26	4,04	2,13	1,76	1,72	1,75
100	2,00	1,89	8,49	8,16	3,97	3,83	3,36	3,11
150	3,12	2,66	12,48	11,46	5,70	6,04	4,73	4,45
200	3,91	3,81	16,75	14,64	7,41	7,46	6,25	5,93
250	4,95	4,69	21,26	17,92	9,27	9,72	7,88	7,47
300	6,01	5,68	25,72	21,15	11,15	11,20	9,44	9,05
350	6,99	6,79	30,83	24,05	12,95	12,95	11,04	10,56
400	7,71	8,02	-	27,46	14,80	14,76	12,70	12,17
0 (leitura residual)	0,13	0,95	-	0,96	0,23	0,45	0,19	0,33
deslocamento residual máximo admitido	3,83		3,86		4,69		4,69	
condição da amostra em relação à norma	A.		NA.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 49		Amostra 50		Amostra 51		Amostra 52	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	3,62	9,78	5,57	5,58	2,47	2,56	2,04	2,37
100	-	17,77	11,99	10,80	4,75	4,85	4,32	4,60
150	8,26	24,77	18,07	15,65	7,10	7,35	6,62	6,96
200	14,74	31,77	24,75	20,02	9,43	9,62	8,98	9,12
250	26,29	39,21	31,19	24,73	12,09	12,29	11,38	11,63
300	-	46,07	38,30	29,67	14,48	14,56	13,89	13,87
350	-	53,37	-	34,46	16,96	16,78	16,32	16,08
400	-	-	-	39,26	19,96	19,19	18,07	18,05
0 (leitura residual)	2,41	15,11	11,90	2,12	0,24	0,09	0,28	0,21
deslocamento residual máximo admitido	4,65		4,61		4,61		4,63	
condição da amostra em relação à norma	NA.		NA.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 53		Amostra 54		Amostra 55		Amostra 56	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	9,27	9,36	1,55	1,67	6,57	5,61	-	2,57
100	17,38	15,61	3,25	3,08	11,79	10,65	-	5,73
150	24,58	22,43	4,55	4,53	16,15	14,67	-	8,54
200	32,09	29,20	6,02	6,05	20,27	16,64	-	11,21
250	40,51	37,28	8,66	7,79	30,44	17,21	-	14,10
300	49,37	44,69	9,85	9,45	37,27	22,26	-	16,82
350	-	-	10,97	11,02	-	21,41	-	19,97
400	-	-	12,08	12,70	-	-	-	-
0 (leitura residual)	16,73	7,57	0,07	0,33	12,33	3,27	-	20,01
deslocamento residual máximo admitido	4,70		4,69		3,86		3,89	
condição da amostra em relação à norma	NA.		A.		NA.		NA.	

carga (N)	Amostra 57		Amostra 58		Amostra 59		Amostra 60	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	4,44	-	-	1,02	1,18	1,84	1,76
100	-	8,99	-	8,74	2,34	2,42	3,50	3,46
150	-	13,34	-	13,32	2,70	3,61	5,26	5,17
200	-	17,15	-	16,85	4,87	4,86	6,85	6,98
250	-	21,66	-	19,78	6,06	6,38	8,32	8,83
300	-	25,83	-	24,80	7,37	7,58	9,83	10,60
350	-	-	-	28,62	8,75	8,82	11,45	12,41
400	-	-	-	-	10,09	10,07	13,04	14,21
0 (leitura residual)	-	2,23	-	6,30	0,03	0,02	0,64	0,49
deslocamento residual máximo admitido	3,85		3,85		3,85		4,54	
condição da amostra em relação à norma	NA.		NA.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 61		Amostra 62		Amostra 63		Amostra 64	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	3,47	3,60	-	8,83	-	3,78	2,00	1,76
100	8,10	6,79	-	16,95	-	7,49	3,32	3,43
150	10,57	10,06	-	23,11	-	10,80	4,98	5,03
200	13,67	13,48	-	29,96	-	14,14	6,75	6,96
250	17,20	16,91	-	35,94	-	17,47	8,39	8,76
300	20,74	20,18	-	42,42	-	20,94	10,04	10,60
350	24,47	23,12	-	50,79	-	25,90	11,64	11,51
400	28,16	26,10	-	66,78	-	43,10	13,24	14,36
0 (leitura residual)	1,24	0,67	-	30,61	-	25,44	0,25	0,49
deslocamento residual máximo admitido	4,55		4,48		3,85		4,54	
condição da amostra em relação à norma	A.		NA.		NA.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 65		Amostra 66		Amostra 67		Amostra 68	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	0,93	0,91	-	4,70	-	6,91	1,26	0,97
100	2,01	1,98	-	9,40	-	13,34	2,16	1,79
150	3,05	3,00	-	13,54	-	19,27	3,11	2,83
200	4,21	4,13	-	17,42	-	24,68	4,12	3,86
250	5,38	5,39	-	21,38	-	30,46	5,13	4,89
300	6,64	6,37	-	25,35	-	37,37	6,21	5,93
350	7,67	7,56	-	30,62	-	-	7,11	6,45
400	8,91	8,27	-	37,42	-	-	8,14	8,03
0 (leitura residual)	-0,08	-0,34	-	6,88	-	21,76	0,25	-0,42
deslocamento residual máximo admitido	3,84		3,85		3,89		3,72	
condição da amostra em relação à norma	A.		NA.		NA.		A.	
carga (N)	Amostra 69		Amostra 70		Amostra 71		Amostra 72	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	4,34	2,70	3,49	2,04	1,99	3,34	2,87
100	-	9,22	6,81	6,29	3,79	3,80	6,06	6,17
150	-	13,72	9,79	9,15	6,04	5,86	8,72	9,20
200	-	15,98	13,09	11,33	7,87	7,68	11,33	11,77
250	-	-	16,78	14,05	9,87	9,78	14,12	14,47
300	-	-	20,58	16,71	11,98	11,72	16,92	17,18
350	-	-	24,18	19,36	13,90	13,81	19,62	19,63
400	-	-	28,01	22,00	15,95	16,09	22,22	23,09
0 (leitura residual)	-	3,72	1,86	0,94	0,57	0,39	1,06	0,76
deslocamento residual máximo admitido	3,72		4,70		4,69		3,90	
condição da amostra em relação à norma	NA.		A.		A.		A.	
carga (N)	Amostra 73		Amostra 74		Amostra 75		Amostra 76	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	9,26	0,27	0,42	4,24	4,83	7,74	7,14
100	-	13,42	1,30	1,52	10,07	9,83	12,88	12,12
150	-	18,20	2,26	2,71	15,40	15,22	20,20	15,62
200	-	21,91	3,30	3,82	20,88	19,43	26,70	20,02
250	-	25,84	4,25	4,90	27,23	23,73	32,46	23,95
300	-	24,06	5,33	6,07	33,02	26,81	37,32	27,68
350	-	-	6,51	7,17	38,68	30,85	43,77	31,08
400	-	-	7,45	8,31	45,61	34,94	53,42	34,52
0 (leitura residual)	-	20,74	0,11	-0,35	3,49	1,46	7,90	2,29
deslocamento residual máximo admitido	3,86		3,88		4,65		4,63	
condição da amostra em relação à norma	NA.		A.		A.		NA.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 77		Amostra 78		Amostra 79		Amostra 80	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,67	2,51	2,14	2,99	4,11	2,63	0,84	0,96
100	5,22	5,08	4,46	5,53	8,65	6,79	1,75	1,98
150	7,60	7,57	6,83	7,72	10,60	9,77	2,56	3,00
200	10,17	10,31	9,45	10,34	14,11	12,93	3,50	3,95
250	13,03	12,89	11,77	12,85	17,70	16,98	4,40	5,20
300	15,74	15,06	14,41	14,89	21,24	20,81	5,40	6,00
350	18,32	17,26	16,88	16,97	25,92	22,98	6,27	7,02
400	21,25	19,37	19,48	18,79	29,99	26,30	7,38	7,62
0 (leitura residual)	0,98	0,61	0,55	0,69	2,91	0,32	-0,31	0,11
deslocamento residual máximo admitido	4,63		4,61		3,84		3,83	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 81		Amostra 82		Amostra 83		Amostra 84	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	3,33	4,95	0,66	0,66	3,31	3,28	-	5,35
100	6,70	7,57	1,18	1,39	6,48	7,61	-	10,23
150	10,39	11,44	1,94	2,08	9,67	9,35	-	14,45
200	14,44	15,12	2,60	2,73	12,81	12,03	-	18,84
250	19,35	18,83	3,36	3,49	17,10	15,99	-	24,46
300	22,01	22,04	4,07	4,23	19,55	18,68	-	28,57
350	26,71	25,27	4,71	4,85	23,06	21,77	-	131,35
400	32,02	28,48	5,43	5,61	28,11	24,66	-	131,35
0 (leitura residual)	1,40	2,36	0,36	0,03	2,38	1,05	-	9,42
deslocamento residual máximo admitido	4,42		3,88		3,90		3,87	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		NA.	

carga (N)	Amostra 85		Amostra 86		Amostra 87		Amostra 88	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	4,68	-	3,67	3,96	3,84	2,45	1,87
100	-	8,89	-	7,58	7,12	6,59	4,14	3,84
150	-	11,74	-	10,93	9,72	7,96	6,05	5,66
200	-	16,02	-	13,66	12,18	13,85	8,03	7,61
250	-	18,22	-	16,38	14,67	17,52	10,07	9,59
300	-	22,46	-	18,09	17,72	21,42	12,04	11,64
350	-	25,47	-	21,89	19,62	26,16	13,92	13,66
400	-	28,99	-	29,84	22,34	29,26	15,81	15,74
0 (leitura residual)	-	4,58	-	6,31	2,29	3,78	0,45	0,78
deslocamento residual máximo admitido	3,90		3,87		4,70		4,69	
condição da amostra em relação à norma	NA.		NA.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 89		Amostra 90		Amostra 91		Amostra 92	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,46	1,48	-	5,79	-	3,76	-	5,33
100	2,96	2,84	-	10,83	-	7,88	-	10,34
150	4,41	4,39	-	14,65	-	12,50	-	14,55
200	6,02	5,83	-	19,18	-	16,63	-	18,82
250	7,62	7,32	-	23,48	-	21,29	-	23,25
300	9,18	8,96	-	28,37	-	22,45	-	28,92
350	10,90	10,59	-	38,28	-	36,99	-	27,40
400	12,46	12,24	-	-	-	34,55	-	-
0 (leitura residual)	0,19	0,21	-	13,26	-	15,91	-	7,95
deslocamento residual máximo admitido	4,54		3,87		3,84		3,83	
condição da amostra em relação à norma	A.		NA.		NA.		NA.	

carga (N)	Amostra 93		Amostra 94		Amostra 95		Amostra 96	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,56	1,44	6,07	6,36	5,99	0,67	2,72	2,56
100	4,16	2,88	11,83	11,73	12,08	11,90	5,58	5,13
150	4,45	5,25	16,81	16,54	18,37	16,78	7,91	7,93
200	5,88	5,65	19,51	21,39	24,38	21,51	10,74	10,76
250	8,34	7,11	25,37	25,24	30,93	26,83	13,57	13,48
300	8,87	8,47	33,42	29,29	37,30	31,65	16,12	16,27
350	10,31	9,79	35,35	33,33	43,77	35,57	19,11	18,93
400	12,62	11,06	39,56	37,28	51,87	41,71	21,88	21,37
0 (leitura residual)	0,50	0,51	1,00	0,81	5,34	1,80	1,14	0,56
deslocamento residual máximo admitido	3,84		4,53		4,61		4,63	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		NA.		A.	

carga (N)	Amostra 97		Amostra 98		Amostra 99		Amostra 100	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,73	2,73	5,76	-	3,33	3,73	0,93	1,03
100	4,94	5,34	11,28	-	6,26	6,59	1,97	2,10
150	7,85	7,88	16,56	-	9,05	9,37	3,09	3,09
200	9,59	10,31	22,13	-	11,79	11,71	4,25	4,19
250	12,52	12,71	28,15	-	14,39	14,42	5,43	5,41
300	14,72	15,04	32,13	-	16,30	17,11	6,80	6,59
350	16,13	17,24	-	-	18,26	17,95	7,95	7,66
400	18,22	19,20	-	-	21,00	23,12	8,94	8,92
0 (leitura residual)	0,93	0,78	9,37	-	0,49	0,07	0,31	0,70
deslocamento residual máximo admitido	4,64		3,88		3,86		3,87	
condição da amostra em relação à norma	A.		NA.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 101		Amostra 102		Amostra 103		Amostra 104	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	3,47	3,08	3,56	4,19	6,36	5,73	6,04	6,46
100	6,16	6,29	7,33	7,26	11,92	10,94	9,05	11,82
150	8,78	9,53	11,63	10,54	18,33	15,59	12,03	14,76
200	11,50	11,94	15,30	13,30	24,59	20,51	14,97	17,70
250	14,49	14,73	17,16	16,08	31,03	25,54	17,81	21,15
300	17,36	17,27	19,52	19,84	38,72	30,54	20,49	23,74
350	20,01	19,90	23,08	23,00	-	35,80	23,96	26,95
400	23,06	22,93	25,18	23,53	-	42,09	26,50	29,88
0 (leitura residual)	0,83	0,61	0,54	0,58	48,03	4,01	1,32	0,57
deslocamento residual máximo admitido	3,88		4,56		4,43		4,46	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		NA.		A.	

carga (N)	Amostra 105		Amostra 106		Amostra 107		Amostra 108	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,77	1,73	2,31	1,76	7,75	1,53	2,59	1,95
100	3,45	3,25	3,84	3,25	12,23	2,51	4,86	3,90
150	5,15	4,92	5,34	4,87	15,95	3,30	6,88	5,78
200	6,78	6,71	7,06	6,32	20,30	4,55	8,97	7,40
250	8,61	8,38	8,59	7,98	25,83	5,68	11,23	9,22
300	10,34	10,59	10,44	9,67	30,72	6,54	13,54	13,08
350	12,02	12,14	12,13	11,18	34,76	7,51	15,53	14,13
400	13,79	13,16	14,04	12,92	37,84	8,18	17,57	*
0 (leitura residual)	0,61	0,73	1,25	0,25	1,86	0,57	0,86	0,49
deslocamento residual máximo admitido	4,46		4,67		3,70		4,68	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 109		Amostra 110		Amostra 111		Amostra 112	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	4,53	3,93	1,96	1,60	-	-	5,14	4,99
100	8,61	7,31	3,49	2,95	-	-	9,79	8,22
150	12,37	10,64	5,02	4,37	-	-	14,63	11,22
200	16,21	14,18	6,74	5,89	-	-	18,77	14,01
250	19,74	17,78	8,23	7,54	-	-	23,77	16,67
300	23,42	21,41	9,78	9,11	-	-	28,12	19,15
350	26,87	24,75	11,29	10,55	-	-	32,92	21,54
400	30,66	28,33	13,06	12,24	-	-	0,00	23,82
0 (leitura residual)	2,78	1,34	0,70	0,27	-	-	1,11	0,18
deslocamento residual máximo admitido	4,70		4,69		4,65		4,64	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		NE.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 113		Amostra 114		Amostra 115		Amostra 116	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,87	3,03	2,27	2,53	3,41	3,44	1,55	1,93
100	5,33	5,66	4,59	4,65	6,70	5,64	3,16	3,49
150	7,92	8,13	6,78	6,95	10,02	7,26	4,56	5,00
200	10,18	10,47	8,94	8,24	13,26	8,84	6,07	6,53
250	11,93	13,13	11,19	11,22	17,05	10,45	7,64	8,13
300	13,49	15,89	13,38	13,43	21,24	12,14	9,20	9,76
350	14,74	18,45	15,03	15,65	24,92	13,45	10,64	11,25
400	16,62	21,08	16,71	18,41	28,78	14,72	11,70	12,40
0 (leitura residual)	0,69	1,27	0,34	0,38	1,10	0,18	0,51	0,79
deslocamento residual máximo admitido	4,63		4,60		3,88		3,64	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 117		Amostra 118		Amostra 119		Amostra 120	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	4,00	3,74	1,42	1,64	4,37	4,46	1,28	1,71
100	7,81	7,63	2,73	3,00	8,40	8,25	3,08	3,19
150	11,60	11,34	4,07	4,33	12,66	12,16	4,64	4,68
200	15,12	14,61	5,45	5,72	16,48	16,04	6,10	6,32
250	18,89	17,01	6,81	7,11	20,10	20,13	7,69	7,80
300	22,64	19,40	8,46	8,49	24,71	23,77	9,32	9,42
350	26,33	21,53	9,76	9,88	27,81	27,77	10,98	10,94
400	29,77	23,97	11,17	11,38	31,19	31,90	12,68	12,53
0 (leitura residual)	1,01	0,36	0,28	0,42	2,96	1,11	0,33	0,22
deslocamento residual máximo admitido	4,56		4,64		4,66		4,63	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 121		Amostra 122		Amostra 123		Amostra 124	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	6,72	-	7,92	1,21	1,58	3,47	3,50
100	-	13,28	-	14,72	2,60	2,85	6,28	6,36
150	-	20,12	-	21,41	3,87	4,19	9,25	9,29
200	-	26,70	-	28,17	5,13	5,52	12,29	12,16
250	-	34,49	-	35,15	6,53	6,78	14,96	15,23
300	-	44,51	-	44,73	7,83	8,20	17,47	17,76
350	-	-	-	-	9,20	9,51	20,07	20,56
400	-	-	-	-	10,57	10,88	22,20	24,07
0 (leitura residual)	-	11,85	-	12,20	0,19	0,66	0,81	0,70
deslocamento residual máximo admitido	3,90		3,88		3,84		3,84	
condição da amostra em relação à norma	NA.		NA.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 125		Amostra 126		Amostra 127		Amostra 128	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	5,20	-	5,28	1,37	1,63	2,90	2,82
100	-	10,35	-	10,27	3,04	3,22	5,33	5,24
150	-	15,42	-	14,96	4,77	4,86	7,42	7,79
200	-	20,57	-	19,49	6,33	6,55	9,39	10,13
250	-	25,61	-	24,11	7,89	8,40	11,60	12,55
300	-	31,07	-	29,50	9,91	10,13	13,69	15,04
350	-	30,48	-	0,00	11,49	11,83	15,79	17,61
400	-	54,86	-	0,00	13,27	13,74	19,19	20,33
0 (leitura residual)	-	1,12	-	21,50	0,42	0,24	0,79	0,59
deslocamento residual máximo admitido	4,65		3,85		4,61		3,90	
condição da amostra em relação à norma	A.		NA.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 129		Amostra 130		Amostra 131		Amostra 132	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	3,83	5,25	5,01	0,61	0,58	1,05	1,07
100	-	7,30	9,64	9,50	1,17	1,13	1,98	1,97
150	-	10,71	14,36	13,06	1,72	1,70	3,00	2,93
200	-	13,66	19,35	16,20	2,31	2,28	3,99	3,91
250	-	16,98	23,58	19,24	2,91	2,89	4,95	4,91
300	-	19,70	28,06	21,81	3,51	3,57	6,02	5,93
350	-	24,06	32,78	24,45	4,11	4,17	6,98	6,88
400	-	46,11	38,29	27,04	4,93	4,86	8,15	7,96
0 (leitura residual)	-	18,50	1,47	0,37	0,19	0,18	0,20	0,14
deslocamento residual máximo admitido	3,88		4,60		2,90		3,90	
condição da amostra em relação à norma	NA.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 133		Amostra 134		Amostra 135		Amostra 136	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	5,07	-	3,36	4,45	5,78	2,82	2,39
100	-	10,32	-	6,45	12,88	10,34	6,37	6,95
150	-	14,73	-	9,28	19,70	13,91	9,99	10,52
200	-	19,42	-	11,80	25,98	17,61	13,81	13,90
250	-	25,16	-	13,02	34,21	21,51	17,45	17,51
300	-	-	-	14,36	43,87	25,13	21,24	21,06
350	-	-	-	17,43	45,99	28,89	24,62	24,66
400	-	-	-	26,14	-	32,66	28,00	28,55
0 (leitura residual)	-	1,72	-	7,22	5,92	3,43	2,32	8,04
deslocamento residual máximo admitido	3,84		3,86		4,63		4,62	
condição da amostra em relação à norma	NA.		NA.		NA.		NA.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 137		Amostra 138		Amostra 139		Amostra 140	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,78	3,40	2,64	2,47	1,59	2,44	2,77	2,66
100	5,28	5,53	5,11	4,97	3,19	3,91	5,35	5,02
150	7,86	7,97	7,59	7,32	4,66	5,52	7,97	7,23
200	10,45	10,31	10,11	9,88	6,28	7,29	10,80	9,68
250	13,25	12,92	12,88	12,48	8,08	8,94	14,32	12,33
300	16,21	15,10	15,83	14,46	9,61	10,55	17,22	14,92
350	18,78	16,02	18,60	16,35	11,20	11,73	20,10	17,14
400	21,27	16,93	21,21	18,41	12,96	13,33	23,05	19,98
0 (leitura residual)	1,50	0,16	1,41	0,29	0,24	1,20	0,11	1,19
deslocamento residual máximo admitido	4,65		4,63		4,66		3,89	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 141		Amostra 142		Amostra 143		Amostra 144	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,96	2,77	1,37	1,36	2,17	1,89	2,91	2,57
100	5,88	5,56	2,64	2,68	3,94	3,70	5,74	5,20
150	8,49	8,15	3,90	4,03	5,62	5,42	8,74	7,77
200	11,18	10,61	5,17	5,36	7,17	6,99	11,33	10,44
250	14,11	13,16	6,53	6,84	8,76	8,98	14,32	13,24
300	16,88	15,53	7,82	8,24	10,28	10,94	16,91	15,69
350	19,80	17,93	9,01	9,51	11,63	12,73	19,79	18,45
400	22,97	20,08	10,32	10,80	13,05	14,65	22,49	20,69
0 (leitura residual)	1,30	0,94	0,36	0,54	0,46	0,66	1,39	0,78
deslocamento residual máximo admitido	3,89		3,85		3,85		3,90	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 145		Amostra 146		Amostra 147		Amostra 148	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	3,31	1,78	1,92	1,83	1,50	1,37	3,50	3,69
100	5,03	5,18	3,56	3,61	3,03	2,83	7,08	7,20
150	7,22	7,72	5,39	5,25	4,62	4,34	10,50	10,54
200	10,15	10,35	7,05	7,05	6,17	5,89	13,84	14,36
250	12,55	13,14	8,80	8,94	7,78	7,47	17,53	17,68
300	14,36	15,89	10,50	10,81	9,35	9,09	20,68	20,96
350	16,24	18,85	12,08	12,71	10,28	10,69	24,47	23,97
400	18,00	25,31	13,71	14,75	11,86	12,29	27,92	27,13
0 (leitura residual)	1,43	1,56	1,46	1,15	0,59	0,52	0,73	0,75
deslocamento residual máximo admitido	3,90		3,85		3,87		4,60	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 149		Amostra 150		Amostra 151		Amostra 152	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,86	2,17	2,40	3,75	3,25	3,42	3,66	4,08
100	3,69	4,29	4,66	6,14	5,83	7,12	7,30	7,35
150	5,77	6,43	6,96	8,75	10,05	10,61	10,82	10,07
200	7,54	8,48	9,28	11,39	13,04	13,99	14,59	12,98
250	9,44	10,62	11,83	14,20	16,04	17,71	18,74	15,98
300	11,29	12,86	15,23	17,01	18,96	21,44	22,90	18,61
350	12,08	15,33	15,20	19,74	21,96	25,17	27,36	21,42
400	12,88	17,54	16,97	22,34	24,61	28,84	32,23	24,03
0 (leitura residual)	0,64	0,85	0,79	2,56	1,04	5,69	3,16	1,36
deslocamento residual máximo admitido	3,91		4,46		4,62		3,90	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		NA.		A.	

carga (N)	Amostra 153		Amostra 154		Amostra 155		Amostra 156	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	4,24	4,46	1,90	2,20	1,99	1,76	-	6,59
100	8,43	8,04	3,79	3,88	4,30	3,98	-	12,83
150	12,67	11,28	5,55	5,89	6,39	6,08	-	18,67
200	17,02	14,02	7,35	7,85	8,68	7,92	-	24,09
250	21,59	17,21	9,21	9,60	11,27	9,97	-	31,33
300	25,98	20,23	11,08	11,55	13,47	12,22	-	40,05
350	31,60	23,68	12,98	13,49	16,93	13,94	-	44,22
400	36,82	26,35	14,95	15,57	18,46	15,57	-	0,00
0 (leitura residual)	3,85	1,58	0,42	0,74	1,00	0,68	-	11,01
deslocamento residual máximo admitido	3,84		4,61		4,50		3,89	
condição da amostra em relação à norma	NA.		A.		A.		NA.	

carga (N)	Amostra 157		Amostra 158		Amostra 159		Amostra 160	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	6,02	-	3,20	3,02	1,70	1,15	4,11	4,08
100	12,93	-	6,63	6,29	2,74	2,34	7,26	7,14
150	19,22	-	9,58	9,26	3,91	3,28	10,95	9,69
200	25,54	-	11,90	12,81	5,02	4,72	14,42	13,36
250	35,40	-	14,34	16,61	6,25	5,93	18,17	16,85
300	-	-	16,90	20,28	7,43	6,90	21,45	19,59
350	-	-	19,65	23,71	8,78	8,14	24,01	22,62
400	-	-	22,23	27,53	9,78	9,39	27,76	25,03
0 (leitura residual)	-	-	0,54	1,18	0,59	0,14	1,29	2,05
deslocamento residual máximo admitido	3,92		3,84		3,85		4,25	
condição da amostra em relação à norma	NA.		A.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 161		Amostra 162		Amostra 163		Amostra 164	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	9,11	-	4,86	1,14	1,10	1,52	1,46
100	-	17,21	-	8,94	2,23	2,22	2,97	2,62
150	-	24,59	-	13,21	3,42	3,29	4,43	4,19
200	-	33,20	-	17,67	4,49	4,45	5,92	5,78
250	-	52,82	-	22,86	5,65	5,57	7,52	7,39
300	-	-	-	27,66	6,74	6,64	9,15	8,96
350	-	-	-	33,83	7,85	7,90	10,73	10,53
400	-	-	-	45,80	9,20	8,95	12,23	11,90
0 (leitura residual)	-	23,08	-	14,31	0,27	0,23	0,30	0,07
deslocamento residual máximo admitido	3,89		3,87		3,80		3,66	
condição da amostra em relação à norma	NA.		NA.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 165		Amostra 166		Amostra 167		Amostra 168	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	4,33	3,56	1,18	1,03	-	8,87	-	6,70
100	7,71	7,18	2,56	2,33	-	16,26	-	12,37
150	11,35	10,65	3,72	3,70	-	23,55	-	17,19
200	14,86	14,02	5,17	4,99	-	30,96	-	23,48
250	18,58	17,63	6,54	6,40	-	67,27	-	30,30
300	22,85	21,57	7,96	7,96	-	-	-	46,50
350	26,76	25,25	9,42	9,33	-	-	-	-
400	30,65	29,12	10,81	10,50	-	-	-	-
0 (leitura residual)	1,93	0,76	0,60	0,37	-	34,84	-	19,29
deslocamento residual máximo admitido	3,86		3,88		3,91		3,86	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		NA.		NA.	

carga (N)	Amostra 169		Amostra 170		Amostra 171		Amostra 172	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,54	1,88	3,07	2,83	1,13	1,14	1,08	1,28
100	5,23	4,96	5,62	5,48	2,39	2,39	2,31	2,51
150	8,08	7,68	8,20	8,04	3,66	3,65	3,53	3,68
200	10,34	10,39	10,81	10,61	4,85	4,79	4,62	4,82
250	13,06	12,61	13,43	13,29	6,17	5,94	6,22	6,03
300	15,61	15,87	16,29	15,96	7,50	7,38	7,41	7,33
350	18,42	18,36	19,02	18,51	8,95	8,60	8,64	8,51
400	21,08	21,44	22,10	21,34	10,38	10,14	9,75	9,66
0 (leitura residual)	1,49	0,74	1,86	1,41	0,48	0,12	0,74	0,27
deslocamento residual máximo admitido	3,90		3,90		3,84		3,86	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 173		Amostra 174		Amostra 175		Amostra 176	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,83	2,93	0,87	1,04	2,85	3,08	2,29	2,37
100	5,33	5,10	1,90	1,95	5,22	5,53	4,93	4,56
150	8,22	7,00	2,93	2,96	7,69	8,01	7,40	6,78
200	10,26	8,80	3,91	3,97	10,01	10,46	9,89	9,30
250	13,33	11,25	4,96	5,00	12,68	12,72	12,41	11,60
300	15,55	13,51	6,04	5,98	15,32	15,10	15,04	13,75
350	17,72	15,57	7,02	7,03	17,94	17,57	17,41	16,19
400	19,66	17,55	8,06	8,11	20,41	19,48	19,37	18,13
0 (leitura residual)	1,79	0,89	0,39	0,42	0,47	0,77	0,46	0,27
deslocamento residual máximo admitido	4,66		3,70		4,64		4,66	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 177		Amostra 178		Amostra 179		Amostra 180	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	4,52	4,65	6,56	2,47	2,33	1,83	2,07	2,33
100	8,78	8,55	9,71	5,57	4,28	4,14	4,20	4,38
150	13,00	12,62	12,31	8,84	6,80	6,28	6,44	6,45
200	17,08	16,68	15,71	12,03	9,14	8,35	8,62	8,64
250	20,98	20,63	19,25	14,91	11,06	10,44	10,74	10,67
300	25,38	25,06	22,63	18,65	12,94	12,48	12,74	12,90
350	29,24	28,81	26,00	20,65	15,55	14,76	15,44	14,73
400	34,11	33,44	26,86	22,52	18,10	17,00	17,04	17,21
0 (leitura residual)	3,44	1,60	6,03	2,14	0,45	0,33	0,41	0,67
deslocamento residual máximo admitido	4,66		4,64		4,62		4,61	
condição da amostra em relação à norma	A.		NA.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 181		Amostra 182		Amostra 183		Amostra 184	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,70	3,27	3,13	3,18	1,07	1,00	3,80	3,99
100	5,98	6,42	5,93	6,14	1,97	1,90	7,47	8,41
150	8,91	9,80	8,77	9,01	2,92	2,87	11,04	12,00
200	11,91	13,01	11,55	11,83	3,87	3,76	14,93	14,59
250	12,71	16,29	14,44	14,73	4,80	4,68	18,98	18,53
300	19,20	20,02	17,57	17,72	5,88	5,69	23,71	21,72
350	22,27	23,77	20,28	20,21	6,80	6,54	28,61	24,77
400	25,20	27,90	23,17	22,95	7,76	7,55	34,89	27,99
0 (leitura residual)	2,32	3,66	0,73	0,30	0,06	0,18	6,34	3,09
deslocamento residual máximo admitido	4,64		3,84		3,80		3,90	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		NA.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 185		Amostra 186		Amostra 187		Amostra 188	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	4,56	5,94	3,09	3,86	5,73	-	6,24	-
100	7,56	9,65	6,73	6,55	10,84	-	11,15	-
150	10,31	12,90	9,82	9,82	16,28	-	15,15	-
200	13,36	15,73	13,70	12,22	22,17	-	17,63	-
250	16,04	18,60	17,75	15,18	44,93	-	18,14	-
300	18,99	21,73	21,44	17,92	43,96	-	17,69	-
350	21,79	24,58	24,64	20,65	-	-	17,26	-
400	24,80	27,97	27,79	23,86	-	-	0,00	-
0 (leitura residual)	0,44	1,25	1,75	1,14	23,53	-	8,26	-
deslocamento residual máximo admitido	3,89		3,90		3,86		3,90	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		NA.		NA.	

carga (N)	Amostra 189		Amostra 190		Amostra 191		Amostra 192	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	0,77	0,97	-	4,34	0,59	0,82	-	6,89
100	1,96	1,95	-	9,05	1,35	1,39	-	12,23
150	2,85	3,08	-	13,19	2,01	2,01	-	18,24
200	3,84	3,90	-	17,44	2,66	2,65	-	24,37
250	4,88	4,96	-	22,23	3,37	3,28	-	37,93
300	5,92	5,99	-	21,99	4,19	3,94	-	35,71
350	6,95	6,95	-	32,67	4,69	4,59	-	0,00
400	7,94	8,02	-	0,00	5,48	5,11	-	0,00
0 (leitura residual)	0,06	0,16	-	5,64	0,30	0,21	-	13,11
deslocamento residual máximo admitido	3,90		3,90		3,90		3,90	
condição da amostra em relação à norma	A.		NA.		A.		NA.	

carga (N)	Amostra 193		Amostra 194		Amostra 195		Amostra 196	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,05	1,19	6,64	5,37	4,03	4,85	5,40	-
100	2,15	2,24	12,30	10,07	7,73	9,75	10,84	-
150	3,24	3,34	17,43	14,46	13,35	14,07	16,69	-
200	4,36	4,41	22,27	18,83	17,33	21,73	21,89	-
250	5,53	5,62	27,31	23,93	21,44	23,99	27,22	-
300	6,73	6,81	32,65	29,16	24,98	27,73	33,04	-
350	7,88	7,97	38,61	34,88	29,31	32,63	40,52	-
400	8,98	9,09	52,75	41,62	32,35	37,68	48,71	-
0 (leitura residual)	0,27	0,25	15,36	4,38	1,41	2,64	11,56	-
deslocamento residual máximo admitido	3,90		4,68		4,68		4,68	
condição da amostra em relação à norma	A.		NA.		A.		NA.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 197		Amostra 198		Amostra 199		Amostra 200	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	7,50	-	4,91	-	1,74	2,63	3,02	-
100	13,28	-	9,48	-	3,51	3,35	5,85	-
150	20,01	-	13,97	-	5,09	5,91	8,52	-
200	28,23	-	18,41	-	6,85	7,55	11,32	-
250	35,30	-	23,12	-	8,58	9,32	14,69	-
300	0,00	-	28,69	-	10,21	10,94	17,74	-
350	0,00	-	40,40	-	11,93	12,65	20,76	-
400	0,00	-	51,68	-	13,50	14,31	-	-
0 (leitura residual)	17,36	-	26,77	-	0,55	1,89	14,16	-
deslocamento residual máximo admitido	3,89		3,82		4,52		4,40	
condição da amostra em relação à norma	N.A.		N.A.		A.		N.A.	

carga (N)	Amostra 201		Amostra 202		Amostra 203		Amostra 204	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	3,39	4,03	1,94	0,87	4,32	4,83	2,95	0,27
100	6,78	7,37	3,89	1,40	7,95	8,01	5,21	5,26
150	10,29	10,96	5,67	2,49	11,26	11,10	7,85	7,38
200	13,78	14,08	7,75	4,13	14,91	14,48	10,00	9,71
250	17,61	17,84	9,80	4,88	18,79	17,90	12,66	12,22
300	20,92	21,01	11,61	6,23	22,73	21,19	15,14	14,75
350	24,89	24,48	13,57	8,09	26,44	24,34	17,67	17,34
400	28,58	27,68	15,25	9,54	30,55	27,62	21,98	19,50
0 (leitura residual)	1,08	2,15	0,80	3,10	2,75	4,08	1,67	2,02
deslocamento residual máximo admitido	4,40		5,08		4,71		4,66	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 205		Amostra 206		Amostra 207		Amostra 208	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,10	2,44	1,61	1,60	3,40	3,62	3,44	2,60
100	3,80	4,30	3,42	3,58	6,21	6,20	5,90	4,94
150	5,64	6,31	5,11	5,16	8,88	8,84	8,48	7,11
200	7,35	8,09	6,90	6,90	11,52	11,54	11,56	9,34
250	9,48	10,30	8,79	8,50	14,48	14,66	14,27	11,58
300	11,25	12,22	10,82	10,48	17,37	17,20	16,73	13,86
350	13,15	13,97	12,54	12,28	19,94	19,80	19,52	16,20
400	14,72	15,95	14,22	13,97	22,77	22,28	21,42	18,41
0 (leitura residual)	0,13	0,86	0,67	0,91	0,98	1,70	1,94	0,49
deslocamento residual máximo admitido	4,66		3,84		4,65		4,61	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 209		Amostra 210		Amostra 211		Amostra 212	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	4,99	3,42	2,50	2,16	3,98	3,89	1,39	1,54
100	8,38	6,60	5,34	5,73	7,50	7,40	2,76	2,82
150	11,29	9,30	7,78	7,50	11,14	10,43	4,08	4,04
200	13,93	12,08	10,24	9,57	14,90	13,10	5,59	5,34
250	17,04	15,33	13,17	13,00	19,27	16,71	7,29	6,87
300	19,95	18,01	15,70	14,77	23,20	20,00	8,65	8,33
350	22,85	20,23	18,41	16,27	27,35	23,00	10,69	9,68
400	25,76	22,51	20,86	18,14	31,38	25,78	12,04	10,93
0 (leitura residual)	2,06	0,88	0,61	1,07	2,81	3,12	1,50	0,41
deslocamento residual máximo admitido	4,64		12,88		3,87		14,88	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 213		Amostra 214		Amostra 215		Amostra 216	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	8,05	-	4,47	4,77	3,16	2,22	1,46	1,69
100	13,51	-	7,04	8,77	5,53	4,52	2,99	3,23
150	18,69	-	10,62	11,28	7,67	6,72	4,45	4,90
200	25,40	-	14,07	14,28	9,88	8,50	5,99	6,51
250	31,37	-	17,89	17,77	12,21	11,19	7,68	8,04
300	37,72	-	21,84	20,70	14,43	13,05	9,43	9,64
350	44,81	-	25,84	23,89	16,62	15,22	11,03	11,23
400	52,00	-	31,19	26,75	18,64	16,98	12,67	12,83
0 (leitura residual)	8,15	-	2,84	4,39	1,07	0,49	0,30	1,19
deslocamento residual máximo admitido	4,61		3,90		4,56		4,66	
condição da amostra em relação à norma	NA.		NA.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 217		Amostra 218		Amostra 219		Amostra 220	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	8,11	-	1,23	1,51	2,40	1,06	1,59	1,63
100	14,60	-	2,55	2,80	4,09	3,41	3,19	3,49
150	20,77	-	3,90	4,32	5,90	4,64	4,92	5,07
200	27,36	-	5,36	5,80	7,77	6,28	6,51	6,86
250	38,01	-	6,86	7,97	9,86	8,07	8,44	8,92
300	40,63	-	8,24	8,82	11,93	9,85	10,22	10,94
350	-	-	9,67	10,32	13,75	11,62	12,00	12,85
400	-	-	10,97	11,81	15,55	13,31	13,69	14,73
0 (leitura residual)	7,67	-	0,58	1,03	1,38	0,34	0,91	0,85
deslocamento residual máximo admitido	3,92		3,70		4,70		4,58	
condição da amostra em relação à norma	NA.		A.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 221		Amostra 222		Amostra 223		Amostra 224	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,29	2,21	5,90	-	8,30	-	2,72	2,52
100	4,79	4,70	10,66	-	16,13	-	5,14	4,83
150	7,27	7,38	15,50	-	24,49	-	7,36	7,28
200	9,94	9,58	21,82	-	34,49	-	9,80	9,57
250	12,56	12,21	41,55	-	0,00	-	12,53	12,06
300	15,07	14,91	0,00	-	0,00	-	14,93	14,51
350	17,58	17,40	0,00	-	0,00	-	17,05	17,09
400	19,78	19,59	0,00	-	0,00	-	18,38	19,55
0 (leitura residual)	1,75	2,41	16,26	-	0,00	-	1,07	1,49
deslocamento residual máximo admitido	4,65		3,84		3,90		4,64	
condição da amostra em relação à norma	A.		NA.		NA.		A.	

carga (N)	Amostra 225		Amostra 226		Amostra 227		Amostra 228	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,76	2,68	2,35	2,79	1,90	2,86	9,70	-
100	4,81	4,97	4,44	4,79	4,16	4,92	17,72	-
150	6,84	6,32	6,66	7,11	6,27	6,69	28,12	-
200	8,85	9,04	8,72	9,21	8,43	8,37	-	-
250	11,01	10,98	11,10	11,54	10,90	10,26	-	-
300	13,16	12,43	13,74	13,82	13,08	11,90	-	-
350	15,57	13,92	15,74	15,80	15,33	13,47	-	-
400	17,54	14,96	18,32	17,92	16,20	14,90	-	-
0 (leitura residual)	0,55	0,99	1,47	1,44	0,07	0,25	4,02	-
deslocamento residual máximo admitido	4,62		4,62		4,64		3,90	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		NA.	

carga (N)	Amostra 229		Amostra 230		Amostra 231		Amostra 232	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	4,96	4,24	2,55	3,05	2,30	2,15	2,12	2,03
100	8,96	8,65	5,58	5,82	4,58	4,39	4,10	4,21
150	12,79	12,60	8,02	8,33	6,88	6,55	6,02	6,14
200	16,85	16,42	10,67	11,16	9,09	8,76	8,17	8,11
250	19,84	20,50	13,10	13,78	11,54	11,41	10,41	10,27
300	22,43	24,56	15,32	16,62	14,11	13,92	12,61	12,17
350	24,89	29,00	17,66	19,13	16,74	16,85	14,68	14,27
400	27,15	32,18	19,69	21,42	19,54	19,43	16,69	16,32
0 (leitura residual)	1,02	0,38	0,55	0,58	2,20	2,66	0,81	0,19
deslocamento residual máximo admitido	5,35		4,54		3,88		3,91	
condição da amostra em relação à norma	NA.		A.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 233		Amostra 234		Amostra 235		Amostra 236	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	0,94	0,95	-	-	-	-	3,99	4,66
100	1,94	2,00	-	-	-	-	7,80	8,37
150	2,93	3,09	-	-	-	-	11,50	11,40
200	4,00	4,14	-	-	-	-	15,45	14,21
250	5,34	5,34	-	-	-	-	20,37	17,27
300	6,02	6,44	-	-	-	-	24,82	20,15
350	7,68	7,59	-	-	-	-	29,65	23,23
400	8,71	8,59	-	-	-	-	34,28	25,85
0 (leitura residual)	0,49	0,80	-	-	-	-	3,27	2,96
deslocamento residual máximo admitido	3,86		3,90		3,90		3,90	
condição da amostra em relação à norma	A.		NE		NE		A.	

carga (N)	Amostra 237		Amostra 238		Amostra 239		Amostra 240	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,92	3,01	1,15	1,16	4,04	4,59	2,09	2,02
100	5,44	5,75	2,19	2,31	8,04	8,88	4,10	3,63
150	7,95	8,37	3,29	3,34	12,18	13,13	5,89	6,28
200	10,48	11,03	4,40	4,38	15,98	17,49	7,89	7,95
250	13,31	13,90	5,64	5,76	20,53	22,01	10,02	9,97
300	15,99	16,54	6,89	6,92	24,93	26,45	12,06	11,99
350	18,41	20,00	8,01	8,07	29,51	30,72	14,13	13,49
400	20,82	21,74	9,16	9,16	35,22	35,27	16,19	14,70
0 (leitura residual)	0,48	0,77	0,18	0,89	3,87	4,77	0,60	0,64
deslocamento residual máximo admitido	3,86		3,88		4,66		4,66	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		NA.		A.	

carga (N)	Amostra 241		Amostra 242		Amostra 243		Amostra 244	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	3,55	3,85	2,25	2,11	5,07	5,65	2,44	2,41
100	7,33	8,01	4,28	4,09	9,78	10,41	4,64	4,52
150	11,42	11,65	6,10	6,03	13,96	15,48	6,70	6,67
200	14,96	15,40	8,15	8,04	18,50	20,20	9,08	8,65
250	18,68	19,62	10,51	10,46	23,35	26,09	11,32	11,09
300	25,34	23,74	13,00	12,91	28,56	31,82	13,34	13,15
350	26,59	27,97	15,45	15,41	34,04	37,36	15,08	15,32
400	28,98	31,78	17,68	18,02	40,91	44,05	17,51	17,59
0 (leitura residual)	0,98	2,82	2,82	3,71	6,21	8,93	0,74	0,58
deslocamento residual máximo admitido	4,66		4,66		4,66		4,67	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		NA.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 245		Amostra 246		Amostra 247		Amostra 248	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,30	1,76	3,60	1,86	2,47	2,51	3,74	3,95
100	4,54	3,85	6,73	6,34	4,92	5,46	7,57	7,88
150	6,92	6,29	9,40	9,09	7,48	7,91	10,98	10,89
200	8,90	8,59	12,37	12,27	9,92	10,38	15,12	14,32
250	11,40	11,25	15,45	15,26	12,70	13,30	19,32	17,44
300	13,71	13,20	18,73	18,48	15,58	15,56	23,76	21,31
350	16,25	14,43	21,43	21,37	18,74	17,59	27,76	24,52
400	18,45	15,41	24,20	24,25	22,20	19,62	32,90	26,75
0 (leitura residual)	0,70	0,53	0,94	0,90	2,96	2,65	3,62	3,85
deslocamento residual máximo admitido	3,80		4,48		4,74		4,70	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 249		Amostra 250		Amostra 251		Amostra 252	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,37	1,32	3,52	-	6,39	-	7,92	-
100	2,88	2,80	6,80	-	11,62	-	15,13	-
150	4,22	4,17	10,05	-	16,29	-	21,08	-
200	5,75	5,54	11,64	-	20,46	-	28,06	-
250	7,39	7,10	17,13	-	25,32	-	36,27	-
300	8,89	8,64	21,08	-	28,52	-	26,16	-
350	10,43	9,97	-	-	32,64	-	-	-
400	11,97	11,30	-	-	36,48	-	-	-
0 (leitura residual)	0,58	0,55	-	-	-	-	-	-
deslocamento residual máximo admitido	4,50		3,86		4,64		4,66	
condição da amostra em relação à norma	A.		N.A.		N.A.		N.A.	

carga (N)	Amostra 253		Amostra 254		Amostra 255		Amostra 256	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	7,17	-	1,68	1,95	2,38	-	4,58	-
100	13,16	-	3,27	3,45	10,40	-	8,40	-
150	18,96	-	4,79	4,83	15,72	-	12,41	-
200	25,85	-	6,45	6,73	21,23	-	16,30	-
250	41,57	-	8,42	8,37	27,91	-	22,75	-
300	0,00	-	10,31	9,91	35,41	-	-	-
350	0,00	-	12,01	11,92	0,00	-	-	-
400	0,00	-	13,93	13,45	0,00	-	-	-
0 (leitura residual)	0,00	-	1,10	0,37	0,00	-	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,88		4,66		3,90		3,90	
condição da amostra em relação à norma	N.A.		A.		N.A.		N.A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 257		Amostra 258		Amostra 259		Amostra 260	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,82	2,42	3,04	3,47	1,27	1,03	-	5,53
100	5,22	5,58	5,75	5,98	2,56	2,52	-	10,23
150	7,91	8,44	8,58	9,08	3,71	3,98	-	14,44
200	10,44	11,28	11,50	11,65	5,18	5,41	-	18,79
250	13,58	13,92	14,64	14,74	6,76	6,86	-	23,84
300	16,40	16,73	17,98	17,30	7,87	8,37	-	29,27
350	19,31	19,73	21,08	20,42	9,22	9,91	-	-
400	22,57	22,55	24,51	22,97	10,46	11,47	-	-
0 (leitura residual)	1,62	2,26	1,82	3,20	0,42	0,36	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,88		3,88		3,88		3,86	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		NA.	

carga (N)	Amostra 261		Amostra 262		Amostra 263		Amostra 264	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	9,47	-	2,78	1,79	3,21	3,20	2,08	1,66
100	18,60	-	5,76	4,30	5,66	5,71	4,04	3,45
150	27,03	-	8,61	6,50	7,95	8,78	5,94	5,30
200	36,18	-	11,30	9,22	10,42	10,84	7,74	6,99
250	0,00	-	14,24	11,83	13,12	13,56	9,84	9,05
300	0,00	-	16,91	14,12	15,86	16,64	11,76	10,85
350	0,00	-	19,56	16,44	18,44	18,76	13,63	12,86
400	0,00	-	22,36	18,75	20,89	21,32	15,27	14,54
0 (leitura residual)	0,00	-	0,36	0,27	0,98	1,42	0,64	-0,41
deslocamento residual máximo admitido	3,90		4,66		4,64		4,64	
condição da amostra em relação à norma	NA.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 265		Amostra 266		Amostra 267		Amostra 268	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,60	2,46	3,22	3,14	1,42	1,35	-	-
100	5,10	4,82	6,22	6,57	2,78	2,80	-	-
150	7,38	7,11	9,32	9,63	4,10	4,16	-	-
200	9,74	9,47	12,73	12,52	5,44	4,48	-	-
250	12,49	11,98	16,21	15,74	6,99	6,93	-	-
300	14,84	14,15	19,62	18,80	8,44	8,27	-	-
350	17,38	16,22	23,06	21,63	9,87	9,50	-	-
400	19,86	18,07	25,91	24,69	11,23	11,06	-	-
0 (leitura residual)	0,55	0,64	0,76	1,39	0,30	0,63	-	-
deslocamento residual máximo admitido	4,64		3,84		3,86		3,86	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		NE	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 269		Amostra 270		Amostra 271		Amostra 272	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-	-	-	-
0 (leitura residual)	-	-	-	-	-	-	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,84		3,85		3,86		3,85	
condição da amostra em relação à norma	N.E.		N.E.		N.E.		N.E.	

carga (N)	Amostra 273		Amostra 274		Amostra 275		Amostra 276	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-	-	-	-
0 (leitura residual)	-	-	-	-	-	-	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,85		3,86		3,85		3,87	
condição da amostra em relação à norma	N.E.		N.E.		N.E.		N.E.	

carga (N)	Amostra 277		Amostra 278		Amostra 279		Amostra 280	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,67	1,69	1,85	1,67	1,75	1,84	2,76	1,56
100	3,11	3,39	3,54	3,46	3,14	3,50	5,26	4,48
150	4,74	5,17	5,23	5,25	4,77	5,21	7,51	6,97
200	6,39	6,84	7,12	7,12	6,28	6,62	9,97	8,89
250	8,17	8,76	9,17	9,15	8,15	8,31	12,58	11,19
300	9,95	10,67	11,12	11,18	9,76	10,07	15,02	13,08
350	11,53	12,49	12,96	13,01	11,34	11,30	17,55	15,84
400	13,07	14,16	14,73	14,89	12,88	12,77	19,65	18,21
0 (leitura residual)	0,43	0,42	0,51	0,61	0,20	0,75	0,81	-0,17
deslocamento residual máximo admitido	4,18		4,24		5,00		3,86	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 281		Amostra 282		Amostra 283		Amostra 284	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,36	1,36	1,55	1,59	1,56	1,41	1,16	0,69
100	2,58	2,97	3,11	3,48	2,99	3,27	1,77	1,29
150	3,88	4,07	4,70	5,09	4,64	4,90	2,36	1,89
200	5,13	5,61	6,12	6,71	6,21	6,51	3,38	2,57
250	6,66	6,96	7,83	8,46	7,89	8,59	3,94	3,20
300	8,03	8,30	9,49	10,31	9,58	10,33	4,52	3,94
350	9,39	9,69	11,05	12,00	11,27	11,94	5,15	4,63
400	10,65	11,14	12,53	13,68	12,90	13,77	5,67	5,25
0 (leitura residual)	0,43	0,84	0,25	0,51	0,61	1,11	0,68	0,40
deslocamento residual máximo admitido	4,22		4,24		5,00		5,02	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 285		Amostra 286		Amostra 287		Amostra 288	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,18	1,81	1,61	1,27	1,67	1,38	2,45	1,97
100	2,64	3,36	3,36	2,92	3,18	2,90	4,58	4,08
150	4,03	4,90	5,27	5,06	4,71	4,43	6,62	6,07
200	5,58	6,15	7,05	6,80	6,12	5,86	8,79	8,03
250	7,27	8,24	8,99	8,69	7,85	7,32	11,00	10,38
300	8,77	9,91	10,70	10,75	9,33	9,10	13,21	12,39
350	10,38	11,16	12,47	12,78	10,90	10,57	15,34	14,51
400	11,92	12,63	14,14	14,46	12,33	12,07	17,27	16,54
0 (leitura residual)	0,52	1,32	0,87	0,95	0,61	0,63	0,50	0,01
deslocamento residual máximo admitido	4,20		4,24		5,00		3,84	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		A.	

carga (N)	Amostra 289		Amostra 290		Amostra 291		Amostra 292	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,71	1,71	0,87	0,77	6,15	-	4,61	-
100	3,14	3,48	1,58	1,46	11,61	-	8,71	-
150	4,63	5,32	2,42	2,24	16,75	-	12,00	-
200	6,23	6,89	3,22	3,10	22,23	-	15,87	-
250	8,20	8,82	4,38	3,97	39,60	-	21,03	-
300	10,09	10,43	5,53	4,86	63,96	-	37,21	-
350	11,76	12,57	6,59	5,67	-	-	48,52	-
400	13,67	14,73	7,36	6,50	-	-	-	-
0 (leitura residual)	1,10	2,03	0,60	0,56	-	-	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,90		3,92		3,92		3,92	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		NA.		NA.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 293		Amostra 294		Amostra 295		Amostra 296	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	3,86	4,14	5,55	-	3,91	-	4,78	-
100	8,12	9,44	10,20	-	7,37	-	9,60	-
150	12,23	13,69	14,94	-	10,83	-	14,66	-
200	15,50	17,87	29,43	-	14,34	-	20,06	-
250	20,59	22,94	-	-	18,34	-	46,11	-
300	24,91	27,23	-	-	22,44	-	-	-
350	29,21	31,40	-	-	-	-	-	-
400	31,91	-	-	-	-	-	-	-
0 (leitura residual)	1,19	-	-	-	-	-	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,88		3,89		3,87		3,91	
condição da amostra em relação à norma	N.A.		N.A.		N.A.		N.A.	

carga (N)	Amostra 297		Amostra 298		Amostra 299		Amostra 300	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	1,92	2,61	1,60	1,72	1,58	1,56	-	-
100	4,42	5,75	3,56	3,90	3,23	3,11	-	-
150	6,90	9,13	5,41	5,98	4,79	4,70	-	-
200	9,38	12,84	7,39	8,09	6,28	6,25	-	-
250	12,15	18,13	9,44	10,25	7,99	7,97	-	-
300	15,46	23,26	11,60	12,42	9,64	9,69	-	-
350	19,64	28,72	13,82	14,94	11,30	11,37	-	-
400	27,07	35,39	15,94	16,91	12,86	12,97	-	-
0 (leitura residual)	7,94	15,23	0,25	1,10	0,32	-0,03	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,90		4,70		4,66		4,67	
condição da amostra em relação à norma	N.A.		A.		A.		N.E.	

carga (N)	Amostra 301		Amostra 302		Amostra 303		Amostra 304	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	-	1,81	1,08	3,01	2,48	2,21	1,25
100	-	-	2,70	2,20	6,31	6,06	3,50	2,56
150	-	-	3,72	3,27	9,18	9,23	4,76	3,74
200	-	-	4,75	4,29	12,26	12,44	6,21	5,10
250	-	-	5,86	5,53	15,78	15,64	7,62	6,50
300	-	-	7,04	6,44	19,02	18,74	8,93	7,69
350	-	-	8,03	7,46	21,96	20,15	10,20	8,94
400	-	-	9,05	8,45	25,27	24,27	11,41	10,14
0 (leitura residual)	-	-	0,90	0,41	0,82	0,30	0,30	0,58
deslocamento residual máximo admitido	4,67		3,88		3,88		3,86	
condição da amostra em relação à norma	N.E.		A.		A.		A.	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 305		Amostra 306		Amostra 307		Amostra 308	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,48	3,04	2,99	3,04	1,98	1,20	-	-
100	4,60	6,18	5,34	5,73	3,04	2,44	-	-
150	7,01	8,59	7,68	8,22	4,25	3,61	-	-
200	9,31	10,54	10,03	10,85	5,45	4,79	-	-
250	11,90	14,00	12,79	13,90	6,63	6,05	-	-
300	14,24	16,76	15,52	16,69	7,85	7,30	-	-
350	16,74	19,74	17,97	19,51	8,89	8,58	-	-
400	19,29	23,01	20,72	22,28	9,94	9,74	-	-
0 (leitura residual)	1,03	3,26	1,32	2,43	0,20	0,40	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,88		3,88		3,88		3,88	
condição da amostra em relação à norma	A.		A.		A.		NE	

carga (N)	Amostra 309		Amostra 310		Amostra 311		Amostra 312	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-	-	-	-
0 (leitura residual)	-	-	-	-	-	-	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,88		3,88		3,88		4,88	
condição da amostra em relação à norma	NE		NE		NE		NE	

carga (N)	Amostra 313		Amostra 314		Amostra 315		Amostra 316	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	2,42	2,36	-	-	-	-	-	-
100	4,75	4,48	-	-	-	-	-	-
150	6,89	6,44	-	-	-	-	-	-
200	9,24	8,48	-	-	-	-	-	-
250	11,22	10,64	-	-	-	-	-	-
300	13,09	12,72	-	-	-	-	-	-
350	14,91	14,66	-	-	-	-	-	-
400	16,71	16,69	-	-	-	-	-	-
0 (leitura residual)	0,26	0,34	-	-	-	-	-	-
deslocamento residual máximo admitido	4,40		4,40		4,40		4,40	
condição da amostra em relação à norma	A.		NE		NE		NE	

Resultados – resistência à flexão em janelas de correr (continuação)

carga (N)	Amostra 317		Amostra 318		Amostra 319		Amostra 320	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	5,26	-	3,12	3,70	12,86	-	5,92	-
100	9,31	-	5,87	6,51	22,95	-	10,91	-
150	13,13	-	8,61	9,66	32,86	-	16,07	-
200	17,11	-	11,59	12,83	-	-	20,98	-
250	21,64	-	14,73	16,15	-	-	27,46	-
300	26,65	-	17,81	18,82	-	-	-	-
350	-	-	20,99	21,68	-	-	-	-
400	-	-	23,84	24,59	-	-	-	-
0 (leitura residual)	-	-	1,22	2,82	-	-	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,92		3,90		3,94		3,90	
condição da amostra em relação à norma	NA.		A.		NA.		NA.	

carga (N)	Amostra 321		Amostra 322		Amostra 323		Amostra 324	
	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior	interior para o exterior	exterior para o interior
50	3,39	-	-	-	-	-	-	-
100	6,09	-	-	-	-	-	-	-
150	8,67	-	-	-	-	-	-	-
200	11,39	-	-	-	-	-	-	-
250	14,43	-	-	-	-	-	-	-
300	17,35	-	-	-	-	-	-	-
350	20,24	-	-	-	-	-	-	-
400	21,91	-	-	-	-	-	-	-
0 (leitura residual)	-	-	-	-	-	-	-	-
deslocamento residual máximo admitido	3,82		3,89		3,88		6,82	
condição da amostra em relação à norma	NA.		NE.		NE.		NE.	

ANEXO E - Resultados obtidos no ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados em janelas de correr

Resultados - resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados

carga (N)	Amostra 1	Amostra 4	Amostra 9	Amostra 10	Amostra 11	Amostra 12	Amostra 13	Amostra 14	Amostra 15	Amostra 17
50	0,10	0,20	0,05	0,15	0,00	0,10	0,00	0,15	0,10	-0,05
100	0,05	0,70	0,10	0,20	0,05	0,75	0,10	0,25	0,25	2,45
150	0,20	1,55	0,20	0,35	0,20	1,60	0,10	0,45	0,60	8,30
200	0,45	2,50	0,25	0,50	0,55	2,40	0,20	*	1,35	12,15
250	1,25	4,15	0,45	1,00	1,30	3,25	0,65	1,2	2,15	16,55
300	1,65	5,20	0,60	2,40	2,60	4,10	0,85	1,65	3,25	19,90
350	2,40	6,60	1,15	5,35	3,65	4,55	1,70	2,25	4,55	24,35
400	3,05	7,95	1,40	7,65	5,10	5,25	1,95	2,65	6,45	-
0 (leitura residual)	0,30	2,05	0,60	4,60	3,25	0,40	0,75	0,65	4,75	12,65
deslocamento residual máximo admitido	3,88	4,69	4,64	4,62	4,55	4,68	3,74	3,86	3,82	4,65
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	N.A.	N.A.

carga (N)	Amostra 18	Amostra 19	Amostra 21	Amostra 87	Amostra 88	Amostra 89	Amostra 91	Amostra 92	Amostra 93	Amostra 94
50	*	0,10	0,10	-0,50	0,06	0,09	-0,26	0,07	1,7	0,02
100	*	0,30	0,35	-0,24	0,57	0,88	-0,09	0,20	1,8	0,42
150	*	0,40	0,80	-0,43	1,51	1,88	0,68	0,49	2,9	1,01
200	*	0,55	1,40	-0,23	2,47	2,77	2,16	1,37	3,5	1,68
250	0,60	0,65	2,55	-0,10	3,34	3,63	3,65	2,33	4,0	2,27
300	1,25	1,00	3,35	0,02	3,86	4,54	6,50	3,14	4,5	2,93
350	2,00	1,70	4,40	0,44	4,50	5,31	7,64	4,05	5,1	3,46
400	2,70	2,65	5,25	0,52	5,76	6,11	10,23	10,24	5,7	4,13
0 (leitura residual)	0,45	0,25	1,10	0,60	0,90	0,04	3,76	2,63	1,6	1,75
deslocamento residual máximo admitido	4,64	4,63	4,56	4,70	4,69	4,54	3,84	3,83	3,84	4,53
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.

carga (N)	Amostra 95	Amostra 96	Amostra 97	Amostra 99	Amostra 100	Amostra 102	Amostra 103	Amostra 104	Amostra 105	Amostra 106
50	0,11	0,07	-0,06	1,04	0,33	0,09	0,29	0,01	0,08	0,16
100	0,31	0,21	0,40	2,50	0,67	0,43	1,07	0,18	0,31	0,75
150	0,61	0,41	0,95	3,95	1,17	0,68	1,40	0,25	0,46	1,32
200	1,24	0,72	1,74	5,69	1,74	1,11	1,41	0,51	0,60	2,03
250	1,85	1,39	2,49	7,10	2,29	1,63	1,57	1,27	0,85	2,86
300	2,51	2,08	3,34	9,12	3,04	2,16	2,11	2,16	1,13	3,63
350	3,65	2,70	4,24	11,37	3,49	2,90	2,85	3,59	1,33	4,67
400	4,43	4,00	4,93	13,53	4,27	4,28	3,77	5,50	1,90	5,40
0 (leitura residual)	1,30	0,61	0,45	6,40	0,21	1,63	-0,12	4,46	0,73	0,32
deslocamento residual máximo admitido	4,61	4,63	4,64	3,86	3,87	4,56	4,43	4,46	4,46	4,67
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	A.	N.A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.

carga (N)	Amostra 107	Amostra 108	Amostra 109	Amostra 110	Amostra 111	Amostra 112	Amostra 113	Amostra 114	Amostra 116	Amostra 117
50	0,17	0,29	3,08	0,21	0,34	0,15	0,11	0,14	0,04	0,54
100	0,43	0,53	7,24	1,15	2,06	1,64	0,37	0,50	0,19	2,85
150	0,71	0,82	11,10	3,68	3,82	3,18	0,63	1,82	1,84	7,15
200	1,06	1,16	14,91	5,18	5,46	6,25	0,92	2,68	3,23	12,15
250	1,74	1,56	20,37	6,74	7,39	8,64	4,14	3,43	4,51	16,72
300	2,04	2,00	25,36	8,20	9,49	10,15	5,07	4,49	5,73	21,99
350	2,38	2,78	-	10,69	11,51	12,27	6,07	5,60	6,92	27,94
400	2,90	4,00	-	12,48	13,97	14,68	6,90	6,69	8,05	34,33
0 (leitura residual)	0,88	1,62	9,23	7,02	4,55	4,39	1,30	0,91	4,66	10,84
deslocamento residual máximo admitido	3,70	4,68	4,70	4,69	4,65	4,64	4,63	4,60	3,64	4,56
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	N.A.	N.A.	A.	A.	A.	A.	N.A.	N.A.

Resultados - resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados (continuação)

carga (N)	Amostra 118	Amostra 119	Amostra 120	Amostra 121	Amostra 123	Amostra 124	Amostra 125	Amostra 127	Amostra 128	Amostra 130
50	0,05	0,28	0,41	0,19	0,16	0,29	0,34	0,71	0,44	1,29
100	0,08	0,49	0,96	0,82	0,22	0,58	0,61	0,84	3,10	1,45
150	0,50	0,96	1,36	2,00	0,61	1,09	1,10	1,45	4,52	1,82
200	0,85	23,47	2,40	3,00	1,07	2,16	2,19	2,07	6,03	2,79
250	2,99	31,68	3,05	4,37	1,63	3,35	23,22	2,74	7,79	3,84
300	4,18	52,03	3,88	5,48	2,08	19,75	32,54	3,22	9,73	4,91
350	6,13	-	4,60	6,82	2,57	30,09	39,63	3,75	12,20	28,22
400	7,51	-	5,67	8,60	3,10	36,50	0,00	4,37	12,12	36,11
0 (leitura residual)	3,51	23,09	0,86	3,53	0,15	21,70	19,88	0,95	4,12	14,19
deslocamento residual máximo admitido	4,64	4,66	4,63	3,90	3,84	3,84	4,65	4,61	3,90	4,60
condição da amostra em relação à norma	A.	N.A.	A.	A.	A.	N.A.	N.A.	A.	N.A.	N.A.

carga (N)	Amostra 131	Amostra 132	Amostra 135	Amostra 136	Amostra 137	Amostra 138	Amostra 139	Amostra 140	Amostra 141	Amostra 142
50	0,11	0,13	0,35	-0,04	0,05	0,03	0,61	-0,03	0,13	0,24
100	0,29	0,52	1,17	1,00	0,68	0,75	1,34	0,11	0,29	0,69
150	0,31	1,19	1,57	2,97	1,48	1,55	2,05	0,29	0,50	1,11
200	0,51	1,91	1,90	4,88	2,44	2,39	2,83	0,65	0,81	1,64
250	0,69	2,57	2,60	7,12	3,02	3,18	3,53	1,28	1,37	2,28
300	0,89	3,19	3,50	11,08	3,96	4,20	4,42	1,97	2,25	2,74
350	1,30	3,89	4,17	13,97	4,54	5,25	5,34	2,58	3,01	3,31
400	1,48	4,70	4,68	16,16	5,40	6,16	5,89	2,96	3,91	3,89
0 (leitura residual)	0,21	0,82	2,93	9,44	0,62	0,61	1,65	1,86	2,64	-0,04
deslocamento residual máximo admitido	2,90	3,90	4,63	4,62	4,65	4,63	4,66	3,89	3,89	3,85
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	A.	N.A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.

[illegible][illegible]

Resultados - resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados (continuação)

carga (N)	Amostra 169	Amostra 170	Amostra 171	Amostra 172	Amostra 173	Amostra 174	Amostra 175	Amostra 176	Amostra 177	Amostra 178
50	0,21	0,17	0,31	0,49	0,63	0,09	0,17	0,10	1,82	0,67
100	0,49	0,43	0,70	1,00	1,07	0,24	0,79	0,68	3,53	1,99
150	1,30	0,69	1,15	1,51	1,80	0,47	1,46	1,70	4,90	3,74
200	2,32	1,34	1,70	2,03	2,42	0,78	2,34	2,63	7,93	6,11
250	3,26	2,28	2,14	2,60	3,18	1,25	3,38	3,48	10,54	9,47
300	4,41	3,21	2,99	3,33	4,04	1,62	4,26	4,43	13,63	12,35
350	5,68	4,17	3,19	3,98	4,87	2,26	4,64	5,92	16,88	16,34
400	7,00	5,23	3,68	4,62	5,77	2,99	5,32	6,14	20,03	18,33
0 (leitura residual)	4,89	3,54	0,50	0,18	0,87	0,28	1,11	0,98	3,94	8,47
deslocamento residual máximo admitido	3,90	3,90	3,84	3,86	4,66	3,70	4,64	4,66	4,66	4,64
condição da amostra em relação à norma	N.A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	N.A.

carga (N)	Amostra 179	Amostra 180	Amostra 181	Amostra 182	Amostra 183	Amostra 186	Amostra 187	Amostra 188	Amostra 189	Amostra 190
50	0,09	0,29	1,04	0,20	0,14	0,92	0,23	1,33	0,30	0,97
100	0,30	1,09	3,07	0,93	0,36	2,44	0,88	1,52	0,46	3,59
150	0,59	1,75	5,32	1,59	0,75	5,87	2,42	1,77	0,54	13,23
200	0,80	1,72	7,17	2,18	1,23	9,65	3,82	1,93	0,82	17,95
250	1,12	2,09	9,82	2,88	1,70	14,12	5,35	2,18	1,03	25,66
300	4,85	3,40	12,66	3,78	2,21	18,94	7,37	2,80	1,38	40,83
350	5,51	4,30	15,68	4,49	2,72	26,24	9,42	3,32	1,76	-
400	6,45	5,34	21,48	5,35	3,26	29,08	11,80	5,10	2,05	-
0 (leitura residual)	3,34	2,63	9,16	1,46	0,26	2,49	4,07	2,26	0,83	24,95
deslocamento residual máximo admitido	4,62	4,61	4,64	3,84	3,80	3,90	3,86	3,90	3,90	3,90
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	N.A.	A.	A.	A.	N.A.	A.	A.	N.A.

carga (N)	Amostra 191	Amostra 192	Amostra 193	Amostra 194	Amostra 195	Amostra 196	Amostra 198	Amostra 199	Amostra 200	Amostra 201
50	0,07	0,22	0,33	0,22	0,14	2,54	0,17	0,05	0,25	0,07
100	0,40	0,54	0,71	0,35	0,40	3,02	0,25	0,33	0,27	0,23
150	0,87	1,23	1,29	0,62	1,80	6,07	0,47	0,57	0,51	0,49
200	1,24	2,66	1,91	1,30	6,98	7,97	0,65	0,84	0,66	1,15
250	1,74	3,90	3,20	3,25	13,89	11,78	0,92	1,51	0,91	2,80
300	2,49	5,00	4,70	5,25	20,50	18,09	1,20	2,23	1,72	3,55
350	3,17	5,53	6,04	6,92	35,67	25,96	1,97	3,05	2,65	4,54
400	3,74	6,33	7,49	8,93	-	-	3,26	3,83	3,53	5,54
0 (leitura residual)	0,27	1,33	3,84	2,35	21,18	14,75	1,76	1,61	2,05	3,31
deslocamento residual máximo admitido	3,90	3,90	3,84	4,68	4,68	4,68	3,82	4,52	4,40	4,40
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	A.	A.	N.A.	N.A.	A.	A.	A.	A.

carga (N)	Amostra 202	Amostra 203	Amostra 204	Amostra 205	Amostra 206	Amostra 207	Amostra 208	Amostra 209	Amostra 210	Amostra 211
50	0,22	0,21	0,09	0,60	0,33	0,28	0,12	0,30	0,60	0,08
100	0,70	0,50	0,30	1,52	1,02	0,71	0,33	1,63	1,39	0,85
150	1,22	0,86	0,54	2,66	1,67	1,41	0,67	3,16	1,99	1,77
200	2,35	1,34	0,99	3,81	2,30	2,74	1,60	5,09	3,66	2,98
250	3,59	1,82	1,48	5,31	3,06	5,15	2,70	7,13	5,48	4,66
300	4,47	2,29	1,99	9,03	3,77	8,74	3,56	9,97	6,09	6,93
350	6,21	3,08	2,84	10,91	4,45	16,25	4,64	13,81	6,72	20,29
400	7,30	3,97	4,49	12,71	5,09	17,91	5,48	16,06	11,18	26,93
0 (leitura residual)	1,23	1,50	2,37	5,03	0,25	2,62	5,38	1,49	2,79	1,13
deslocamento residual máximo admitido	5,08	4,71	4,66	4,66	3,84	4,65	4,61	4,64	4,63	3,87
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	A.	N.A.	A.	A.	N.A.	A.	A.	A.

Resultados - resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados (continuação)

carga (N)	Amostra 212	Amostra 215	Amostra 216	Amostra 218	Amostra 219	Amostra 220	Amostra 221	Amostra 224	Amostra 225	Amostra 226
50	0,04	1,48	0,42	0,19	0,87	0,13	0,19	0,27	0,45	0,10
100	0,76	2,79	0,73	1,37	2,12	0,91	0,65	1,88	1,92	0,55
150	1,64	4,32	1,04	2,61	4,18	2,61	1,59	3,61	3,58	0,93
200	2,41	5,91	1,70	4,05	5,89	4,40	2,86	5,77	5,29	1,92
250	3,68	7,47	2,00	5,58	8,07	6,03	5,14	7,75	6,97	2,52
300	4,82	8,86	4,46	6,81	12,21	7,51	6,52	9,66	8,77	3,25
350	6,32	10,45	5,97	8,56	14,23	9,05	7,52	11,86	10,75	3,90
400	14,46	11,71	7,48	10,54	15,09	11,00	13,31	13,95	12,82	4,55
0 (leitura residual)	3,09	6,74	4,64	1,84	5,63	3,39	0,63	3,45	5,62	1,01
deslocamento residual máximo admitido	3,85	4,56	4,66	3,70	4,70	4,58	4,65	4,64	4,62	4,62
condição da amostra em relação à norma	A.	N.A.	A.	A.	N.A.	A.	N.A.	A.	N.A.	A.

carga (N)	Amostra 227	Amostra 228	Amostra 229	Amostra 230	Amostra 231	Amostra 232	Amostra 233	Amostra 237	Amostra 238	Amostra 239
50	-0,13	0,20	0,32	-0,04	0,08	0,04	0,12	0,45	0,54	0,08
100	-0,03	0,41	0,41	0,18	0,29	0,12	0,22	1,74	1,24	0,31
150	0,18	0,59	1,54	0,79	1,87	0,36	0,38	2,98	1,90	0,53
200	0,37	0,99	3,60	2,11	3,14	0,74	0,56	4,19	2,63	1,04
250	0,72	2,00	5,46	3,32	4,52	1,23	0,78	5,67	3,34	1,90
300	1,39	2,64	8,66	4,50	6,04	1,90	1,77	7,41	4,26	3,00
350	3,67	3,27	12,25	5,89	7,69	2,61	3,08	9,09	5,04	4,58
400	5,42	4,24	15,93	7,31	9,35	10,91	4,96	10,79	7,00	6,17
0 (leitura residual)	2,42	1,72	6,45	2,87	5,65	6,00	3,50	3,86	1,13	3,55
deslocamento residual máximo admitido	4,64	3,90	5,35	4,54	3,88	3,91	3,86	3,86	3,88	4,66
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	N.A.	A.	N.A.	N.A.	A.	A.	A.	A.

carga (N)	Amostra 240	Amostra 241	Amostra 242	Amostra 243	Amostra 244	Amostra 245	Amostra 246	Amostra 247	Amostra 248	Amostra 249
50	0,22	0,47	0,28	0,08	0,29	0,15	0,16	0,32	1,18	0,17
100	0,47	0,65	0,55	0,38	0,59	0,33	0,51	1,20	3,25	0,29
150	0,85	0,91	0,82	0,69	1,16	0,73	1,43	2,48	5,30	0,51
200	1,71	8,67	1,22	1,20	1,59	1,19	2,70	3,58	7,47	1,10
250	3,34	13,34	2,10	2,23	1,87	20,39	2,90	5,19	10,23	1,89
300	4,95	17,23	6,06	2,91	2,56	26,58	3,40	6,28	12,59	2,81
350	6,37	21,98	6,46	3,66	3,45	42,61	4,06	7,49	15,68	4,22
400	7,64	26,25	8,59	3,53	4,44	50,75	5,05	8,86	17,20	5,16
0 (leitura residual)	0,45	14,18	5,40	3,31	2,98	30,71	1,73	0,51	6,38	3,00
deslocamento residual máximo admitido	4,62	4,66	4,66	4,66	4,67	3,80	4,48	4,74	4,70	4,50
condição da amostra em relação à norma	A.	N.A.	N.A.	A.	A.	N.A.	A.	A.	N.A.	A.

carga (N)	Amostra 250	Amostra 251	Amostra 252	Amostra 254	Amostra 255	Amostra 256	Amostra 257	Amostra 258	Amostra 259	Amostra 262
50	0,23	0,33	3,15	0,57	0,24	0,46	0,15	0,24	0,18	0,29
100	1,00	9,92	20,34	1,18	0,86	2,35	0,38	0,47	0,53	2,73
150	7,02	15,71	28,59	1,98	1,59	8,70	0,64	0,67	1,01	4,54
200	11,63	19,76	40,92	2,67	2,95	14,33	1,04	1,66	1,48	6,28
250	14,95	24,66	67,80	3,92	4,25	21,83	1,52	1,83	2,21	8,54
300	17,56	28,54	-	5,20	5,62	42,31	2,26	2,39	2,99	11,07
350	20,04	40,36	-	7,26	6,92	49,38	3,14	2,99	3,62	12,95
400	23,08	-	-	8,07	9,66	62,01	3,81	3,63	4,19	15,46
0 (leitura residual)	7,93	-	-	0,82	6,64	39,19	1,52	1,45	0,08	3,85
deslocamento residual máximo admitido	3,86	4,64	4,66	4,66	3,90	3,90	3,88	3,88	3,88	4,66
condição da amostra em relação à norma	N.A.	N.A.	N.A.	A.	N.A.	N.A.	A.	A.	A.	A.

[illegible]

carga (N)	Amostra 282	Amostra 283	Amostra 284	Amostra 285	Amostra 286	Amostra 287	Amostra 288	Amostra 289	Amostra 290	Amostra 298
50	0,17	0,13	0,15	0,12	0,15	0,37	0,31	0,14	0,09	0,22
100	0,81	0,44	0,44	0,32	0,41	1,09	0,94	0,73	0,30	0,36
150	1,31	0,84	0,73	0,55	0,79	1,79	1,68	1,68	2,85	0,58
200	1,86	1,40	1,12	0,81	1,35	2,59	2,51	3,45	4,51	0,82
250	1,93	1,94	1,52	1,15	1,96	3,51	3,11	5,18	6,18	0,75
300	2,97	2,40	1,96	1,43	2,44	4,49	3,86	6,70	8,72	1,70
350	3,45	2,98	2,40	1,71	2,87	5,84	4,72	8,21	15,55	2,14
400	3,88	3,46	2,73	1,98	3,61	6,87	5,31	12,01	19,85	2,65
0 (leitura residual)	0,08	0,71	0,55	0,18	0,32	-0,03	0,70	7,56	12,22	1,40
deslocamento residual máximo admitido	4,24	5,00	5,02	4,20	4,24	5,00	3,84	3,90	3,92	4,70
condição da amostra em relação à norma	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	N.A.	N.A.	A.

[illegible]

ANEXO F - Proposta de texto base para a Norma NBR6485 - Caixilho para Edificação - Janela, Fachada-cortina e Porta externa - Verificação da Penetração de AR

	MARÇO 2005	Projeto 02:???-??-00?
Caixilho para edificação - Janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da penetração de ar		
Método de ensaio		
Origem: NBR 6485 CB-2 - Comitê Brasileiro de Construção Civil CE-2:???-?? - NBR 6485 - Windows, curtain walls and external doors - Verification of air permeability - Method of test. É previsto para substituir a NBR 6485		
Palavras-chave: Caixilho. Janela. Fachada -cortina. Porta		05 páginas

SUMÁRIO

Prefácio

- 1 Objetivo
- 2 Documentos complementares
- 3 Definições
- 4 Aparelhagem
- 5 Execução do ensaio
- 6 Resultados

ANEXO

A Figuras

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), 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 projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma inclui o anexo A, de caráter informativo.

1 Objetivo

Esta Norma prescreve o método para verificar a resistência à penetração de ar em caixilhos - janela, fachada-cortina e porta externa, em edificações quando é aplicada, na face externa do corpo-de-prova, uma pressão estática maior que a pressão na face interna, de acordo com EB-1968.

2 Documentos complementares

As Normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda Norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das Normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das Normas em vigor em um dado momento.

NBR 8037:1983 - Porta de madeira de edificação - Terminologia

NBR 10820:1989 - Caixilho para edificação - janela – Terminologia

NBR 10821:2000 - Caixilho para edificação - janela - Especificação

3 Definições

Os termos técnicos utilizados nesta Norma estão definidos de 3.1 a 3.5 e nas NBR 8037 e NBR 10820.

3.1 Corpo-de-prova

Protótipo do componente a ensaiar, conforme 5.1.

3.2 Pressão de ensaio

Diferença de pressão especificada entre a face externa e face interna do corpo-de-prova, expressa em Pascal (Pa).

3.3 Vazão de ar (Q)

Volume de ar que atravessa o corpo-de-prova, por unidade de tempo, expresso em m³/s.

3.4 Vazão de alimentação (Qa)

Volume de ar que alimenta a câmara de ensaio, por unidade de tempo, expresso em m³/s.

3.5 Perdas (Qp).

Volume de ar perdido pela câmara de ensaio, por unidade de tempo, expresso em m³/s. É a diferença entre a vazão de alimentação (Qa) e vazão de ar (Q);

$$Q_p = Q_a - Q$$

4 Aparelhagem

A aparelhagem necessária para a execução do ensaio é a que se segue:

4.1 Câmara de ensaio

Câmara com abertura em uma de suas faces que permite a fixação do corpo-de-prova a ensaiar. A câmara deve possuir um medidor de pressão em posição tal que a medida não seja afetada pela velocidade do ar. A entrada de ar na câmara deve impedir a incidência direta do ar sobre o corpo-de-prova (ver Figuras A.1 e A.2, no anexo).

A fixação do corpo de prova deve ser tal que garanta a perfeita estanqueidade entre caixilho e câmara. Como exemplo pode ser utilizado: placas de madeira, alvenaria, etc.

4.2 Sistemas de aplicação de pressão

O sistema deve ser tal que garanta a estabilização da pressão estática especificada, durante o período de ensaio.

4.3 Aparelhos de medida de pressão

Os aparelhos devem ser tais que permitam a determinação das pressões com erros máximos tolerados de ± 5 Pa.

4.4 Aparelhos para medição de velocidade do ar

Devem ser usados anemômetros com escala de leitura com resolução de 0,01 m/s e com capacidade de medição de campos unidirecionais de velocidade. Podem ser usados anemômetros de fio quente (desde que garantido o isolamento do equipamento à circulação cruzada de ar sobre o sensor) como anemômetros mecânicos (desde que o sensor de velocidade tenha “área do coletor de ar” compatível com as larguras das emendas verificadas).

5 Execução do ensaio

5.1 Corpo-de-prova

O corpo-de-prova deve ser idêntico ao caixilho que está sendo avaliado, executado com os mesmos detalhes de projeto, acessórios de operação, selantes e outros dispositivos de vedação daquele que será entregue em obra.

5.2 Ensaio de permeabilidade ao ar pelo método de diferenças de pressões

5.2.1 Fixar o corpo-de-prova à câmara de ensaio com a sua face externa voltada para o interior da câmara, sendo seladas as junções corpo-de-prova/câmara.

5.2.2 Ajustar os acessórios, colocando-os em condições de operação, conforme as recomendações do fabricante.

5.2.3 Submeter todas as partes móveis do corpo-de-prova a cinco ciclos completos de abertura, fechamento e travamento.

5.2.4 Aplicar a pressão de ensaio especificada, durante o tempo necessário para se efetuar a medida da vazão de alimentação (Q_a).

5.2.5 Anular a diferença de pressão.

5.2.6 Selar o corpo-de-prova com uma folha impermeável.

5.2.7 Aplicar a pressão de ensaio especificada (a mesma de 5.2.4), durante o tempo necessário para efetuar a medida das perdas (Q_p).

5.3 Ensaio para determinação da velocidade do ar

5.3.1 Sobre o corpo-de-prova já montado na câmara, aplicar a pressão de ensaio correspondente.

5.3.2 Posicionar o sensor de velocidade paralelamente ao plano do caixilho (vide figura A.3) e de forma que a distância “d” entre o sensor e o face do caixilho seja menor que 2 cm.

5.3.3 Transladar o sensor, a partir de um dos vértices do caixilho, ao longo de todo o comprimento de todas as emendas e partes móveis do caixilho, para verificar se em algum ponto/trecho são encontradas variações de velocidades. Em caso afirmativo, registrar a posição/trecho do caixilho de sua ocorrência.

5.3.4 Se algum componente tiver dimensão menor que 10 cm, devem ser feitas leituras nas suas extremidades e no seu centro.

5.3.5 Repetir o processo de translação no(s) ponto(s)/trecho(s) demarcado(s) (conforme apresentado em 5.3.3), para verificar o(s) ponto(s) de máxima velocidade. Em caso afirmativo, registrar o valor da velocidade a cada 5 cm e a posição do caixilho de sua ocorrência.

5.3.6 A velocidade de translação do sensor utilizada em 5.3.5 deve ser menor que o seu tempo de resposta.

6 Resultados

O relatório apresentando o resultado do ensaio deve conter:

6.1 identificação do componente ensaiado, constando de:

- a) nome do fabricante;
- b) dimensões;
- c) modelo e tipo;
- d) materiais utilizados;
- e) a descrição dos dispositivos utilizados para a fixação do caixilho na câmara; e
- f) outras informações pertinentes.

6.2 Desenhos detalhados do corpo-de-prova ensaiado, constando de:

- a) vista geral;
- b) corte horizontal;
- c) corte vertical;
- d) detalhes característicos necessários ao entendimento completo do componente.

6.3 Tabelas das pressões de ensaio utilizadas.

6.4 Tabelas das vazões de alimentação (Q_a), perdas (Q_p) e o cálculo das vazões de ar (Q) do corpo-de-prova, quando a determinação for da permeabilidade do ar.

6.5 No ensaio de determinação da velocidade do ar, deve ser feita a identificação de todos os pontos em que foram feitas as medições da velocidade do ar.

6.6 Tabelas contendo todos os valores das velocidades do ar nos pontos medidos.

6.7 Identificação das Normas adotadas para ensaio.

Figuras

Figura A.1 - Vistas esquemáticas de uma câmara de ensaio

Figura A.2 - Esquema geral do sistema de pressurização

Figura A.3 - Esquema da montagem para medição da velocidade do ar.

ANEXO G - Proposta de texto base para a Norma NBR6486 - Caixilho para Edificação - Janela, Fachada-cortina e Porta externa - Verificação da Estanqueidade à Água

	MARÇO 2005	Projeto 02:???.??-00?
Caixilho para edificação - Janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da estanqueidade à água		
Método de ensaio		
Origem: NBR 6486 CB-2 - Comitê Brasileiro de Construção Civil CE-2:???.?? – NBR 6486 - Windows, curtain walls and external doors - Verification of water permeability - Method of test.		
É previsto para substituir a NBR 6486		
Palavras-chave: Caixilho. Janela. Fachada -cortina. Porta		05 páginas

SUMÁRIO

Prefácio

- 1 Objetivo
- 2 Documentos complementares
- 3 Definições
- 4 Aparelhagem
- 5 Execução do ensaio
- 6 Resultados

ANEXO

A Figuras

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), 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 projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma inclui o anexo A, de caráter informativo.

1 Objetivo

Esta Norma prescreve o método para verificar a resistência à penetração de água em caixilhos - janela, fachada-cortina e porta externa, em edificações, quando uma vazão de água é aplicada na face externa do corpo-de-prova, simultaneamente à aplicação de uma pressão estática nesta mesma face, maior que a pressão de face interna, de acordo com NBR 10821.

2 Documentos complementares

As Normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda Norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das Normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das Normas em vigor em um dado momento.

NBR 8037:1983 - Porta de madeira de edificação - Terminologia

NBR 10820:1989 - Caixilho para edificação - janela - Terminologia

NBR 10821:2000 - Caixilho para edificação - janela - Especificação

3 Definições

Os termos técnicos utilizados nesta Norma estão definidos de 3.1 a 3.4 e nas NBR 8037 e NBR 10820.

3.1 Corpo-de-prova

Protótipo de componente a ensaiar, conforme 5.1.

3.2 Pressão de ensaio

Diferença de pressão especificada entre a face externa e a face interna do corpo-de-prova, expressa em pascal (Pa).

3.3 Vazão de ensaio

Vazão de água especificada, medida por unidade de tempo e de área (L/min. m²).

3.4 Vazamento de água

Penetração de água na face interna do corpo-de-prova, sob as condições especificadas de vazão e pressão de ensaio, durante 15 min.

4 Aparelhagem

A aparelhagem necessária para a execução do ensaio é a que se segue:

4.1 Câmara de ensaio

Câmara com abertura em uma de suas faces que permite a fixação do corpo-de-prova a ensaiar. A câmara deve possuir um medidor de pressão em posição tal que a medida não seja afetada pela velocidade do ar. A entrada de ar na câmara deve impedir a incidência direta do ar sobre o corpo-de-prova (ver Figura A.1, no anexo).

A fixação do corpo de prova deve ser tal que garanta a perfeita estanqueidade entre caixilho e câmara. Como exemplo pode ser utilizado: placas de madeira, alvenaria, etc.

4.2 Sistema de aplicação de pressão

O sistema deve ser tal, que garanta a estabilização da pressão estática especificada, durante o período de ensaio.

4.3 Sistema de aspersão de água

O Sistema deve possuir dispersores de água ajustáveis, de forma a permitir a aplicação da vazão de ensaio especificada, distribuindo-a uniformemente na face externa do corpo-de-prova e garantindo que todas as suas partes sejam atingidas (ver figura A.2 do anexo A). Deve ser evitada a sobreposição de áreas dos dispersores de água e, principalmente, evitada a aplicação de jatos concentrados diretamente no corpo-de-prova ensaiado, de forma a comprometer os resultados do ensaio.

4.4 Aparelhagem utilizada para aferir a vazão de ensaio.

Consiste em uma caixa de 61 cm por 61 cm, quadri-alveolada, com fundo inclinado, que é colocada em relação ao sistema de dispersão à mesma distância em que se situa o corpo-de-prova. A precipitação recolhida em cada alvéolo é conduzida por um tubo, determinando-se a vazão por unidade de área de cada alvéolo (30,5cm por 30,5cm). A soma das vazões por unidade de área dos quatro alvéolos deve ser igual à vazão de ensaio especificada. Por outro lado, a variação do valor de cada vazão por unidade de área, obtida por alvéolo, não deve ser maior que 20% do valor médio das quatro vazões por unidade de áreas obtidas (ver Figura A.3, no anexo).

5 Execução do ensaio

5.1 Corpo-de-prova

O corpo-de-prova deve ser idêntico ao caixilho que está sendo avaliado, executado com os mesmos detalhes de projeto; acessórios de operação; selantes e outros dispositivos de vedação; daquele que será entregue em obra.

5.2 Ensaio

5.2.1 Fixar o corpo-de-prova à câmara de ensaio com a sua face externa voltada para o interior da câmara, sendo seladas as junções corpo-de-prova/câmara.

5.2.2 Ajustar os acessórios de manobra, colocando-os em condições de operação, conforme as recomendações do fabricante.

5.2.3 Submeter todas as partes móveis do corpo-de-prova a cinco ciclos completos de abertura, fechamento e travamento.

5.2.4 Operar o sistema de dispersão de água até atingir a vazão de ensaio.

5.2.5 Aplicar a pressão de ensaio.

5.2.6 Após a estabilização da pressão especificada de ensaio (descartar ocorrências verificadas nos primeiros 5 min ou conforme a especificação do equipamento) iniciar o acompanhamento do corpo-de-prova durante 15 min.

5.2.7 Anular a diferença de pressão e interromper a aspersão de água.

5.2.8 Verificar a existência de vazamento de água no corpo-de-prova.

5.2.9 Repetir os itens 5.2.4 a 5.2.8 para todas as pressões de ensaio.

6 Resultados.

O relatório apresentando o resultado do ensaio deve conter:

6.1 identificação do componente ensaiado, constando de:

- a) nome do fabricante;
- b) dimensões;
- c) modelo e tipo;
- d) materiais utilizados;
- e) a descrição dos dispositivos utilizados para a fixação do caixilho na câmara; e
- f) outras informações pertinentes.

6.2 Desenhos detalhados do corpo-de-prova ensaiado, constando de:

- a) vista geral;
- b) corte horizontal;
- c) corte vertical; e
- d) detalhes característicos necessários ao entendimento completo do componente.

6.3 Tabelas de pressões e vazões de ensaio utilizadas.

6.4 Registro de todos os vazamentos ocorridos na face interna do corpo-de-prova, assim como seu tempo de aparecimento durante o ensaio e localização dos vazamentos.

6.5 Identificação das Normas adotadas para o ensaio.

Figuras

Figura A.1 - Vistas esquemáticas de uma câmara de ensaio

Figura A.2 - Esquema geral do sistema de aspersão de água

Figura A.3 - Esquema do equipamento utilizado para calibração da vazão de água aspergida

Figura A.4 - Câmara de ensaio – indicação do posicionamento do papel absorvente.

ANEXO H - Proposta de texto base para a Norma NBR6487 - Caixilho para Edificação - Janela, Fachada-cortina e Porta externa - Verificação do Comportamento, quando Submetido a Cargas Uniformemente Distribuídas

	MARÇO 2005	Projeto 02:???-??-00?
Caixilho para edificação - Janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação do comportamento, quando submetido a cargas uniformemente distribuídas		
Método de ensaio		
Origem: NBR 6487 CB-2 - Comitê Brasileiro de Construção Civil CE-2:???-?? -		
NBR 6487 - Windows, curtain walls and external doors - Structural performance by uniform static air pressure difference - Method of test. É previsto para substituir a NBR 6487		
Palavras-chave: Caixilho. Janela. Fachada -cortina. Porta		08 páginas

SUMÁRIO

- Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Documentos complementares
- 3 Definições
- 4 Aparelhagem
- 5 Execução do ensaio
- 6 Resultados

ANEXO

A Figuras

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), 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 projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma inclui o anexo A, de caráter informativo.

1 Objetivo

Esta Norma prescreve o método para verificar o comportamento de caixilhos - janelas, fachadas-cortina e porta externa - em edificações, quando submetidos a cargas uniformemente distribuídas, sendo as cargas aplicadas por meio de uma diferença de pressão estática entre a face externa e a face interna do corpo-de-prova.

2 Documentos complementares

As Normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda Norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das Normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das Normas em vigor em um dado momento.

NBR 8037:1983 - Porta de madeira de edificação - Terminologia

NBR 10820:1989 - Caixilho para edificação - janela - Terminologia

NBR 10821:2000 - Caixilho para edificação - janela - Especificação

3 Definições

Os termos técnicos utilizados nesta Norma estão definidos de 3.1 a 3.5 e nas NBR 8037 e NBR 10820.

3.1 Corpo-de-prova

Protótipo do componente a ensaiar, conforme 5.1.

3.2 Pressão de ensaio (P)

Diferença de pressão especificada entre a face externa e a face interna do corpo-de-prova, expressa em Pascal (Pa).

3.3 Pressão de ruptura (Pr)

Diferença de pressão para a qual se dá a ruptura total ou parcial do corpo-de-prova, expressa em Pascal (Pa).

3.4 Deformação máxima

A maior deformação de uma parte do corpo-de-prova (travessa, montante, etc.), quando ele estiver submetido à pressão de ensaio.

3.5 Deformação residual

A maior deformação remanescente no corpo-de-prova, após um período não inferior a três minutos da retirada da pressão de ensaio especificada.

4 Aparelhagem

A aparelhagem necessária para a execução do ensaio é a que se segue:

4.1 Câmara de ensaio

Câmara com abertura em uma de suas faces que permite a fixação do corpo-de-prova a ensaiar. A câmara deve possuir um medidor de pressão em posição tal que a medida não seja afetada pela velocidade do ar. A entrada de ar na câmara deve impedir a incidência direta do ar sobre o corpo-de-prova (ver Figuras A.1 e A.2, no anexo).

A fixação do corpo de prova deve ser tal que garanta a perfeita estanqueidade entre caixilho e câmara. Como exemplo pode ser utilizado: placas de madeira, alvenaria, etc.

4.2 Sistema de aplicação de pressão

O sistema deve ser tal que garanta a estabilização da pressão estática especificada, durante o período de ensaio.

4.3 Aparelhos de medida de pressão

Os aparelhos devem ser tais que permitam a medida das diferenças de pressão estática com exatidão de medição de + 5 Pa.

4.4 Aparelhos de medida de deformação

Os aparelhos devem ser tais que permitam a medida de deformações máximas e residuais com exatidão de medição de + 0,1 mm. A localização dos aparelhos para as medidas das deformações máximas e residuais deve ser tal, que possibilite caracterizar as partes críticas do corpo-de-prova sujeitas às maiores deformações, não levando em conta as eventuais translações das partes móveis. As figuras A.3 a A.9 ilustram a posição dos aparelhos para cada tipo de caixilho. Para as janelas do tipo reversível a posição dos aparelhos deve ser a indicada nos tipos de abrir e tombar.

O cálculo das deformações deve ser efetuado segundo a fórmula:

$$D_{\text{máx}} = D_2 - (D_1 + D_3)/2$$

5 Execução do ensaio

5.1 Corpo-de-prova

O corpo-de-prova deve ser idêntico ao caixilho que está sendo avaliado, executado com os mesmos detalhes de projeto; acessórios de operação; selantes e outros dispositivos de vedação; daquele que será entregue em obra.

5.2 Ensaio

5.2.1 Ensaio para determinar o comportamento do corpo-de-prova.

5.2.1.1 Fixar o corpo-de-prova à câmara de ensaio com a sua face externa voltada para o interior da câmara, sendo seladas as junções corpo-de-prova/câmara.

5.2.1.2 Selar internamente toda a área do caixilho, com filme impermeável e flexível.

5.2.1.3 Ajustar os acessórios, colocando-os em condições de operação, conforme as recomendações do fabricante.

5.2.1.4 Submeter todas as partes móveis do corpo-de-prova a cinco ciclos completos de abertura, fechamento e travamento.

5.2.1.5 Instalar no mínimo três aparelhos de medida de deformações, nos perfis sujeitos a maiores deformações (ver indicação das figuras), de tal modo que permitam apenas as medidas de deformações do perfil, não sendo consideradas as eventuais movimentações e deslocamentos das folhas.

5.2.1.6 Aplicar a primeira pressão de ensaio especificada e mantê-la até a estabilização dos aparelhos de medida: registrar as leituras. Anular a diferença de pressão e, após um período não inferior a 3 min, registrar as leituras residuais.

5.2.1.7 Aplicar subsequente todas as outras pressões de ensaio especificadas, de acordo com 5.2.1.6.

Nota: Quando o comportamento do corpo-de-prova indicar que pode ocorrer uma súbita ruptura, danificando os aparelhos de medida de deformações, retirar tais aparelhos e aumentar a pressão continuamente até a máxima pressão especificada na NBR 10821.

5.2.1.8 Aplicar as pressões de sucção. Dependendo da câmara de ensaio, a aplicação de pressões de sucção só será possível após a colocação inversa do caixilho na câmara, ou seja, retirando-se o caixilho e reposicionando-o na câmara de tal maneira que a face interna esteja voltada para o interior da câmara. Em seguida, seguir os procedimentos descritos em 5.2.1.6 e 5.2.1.7.

6 Resultados

O relatório apresentando o resultado do ensaio deve conter:

6.1 identificação do componente ensaiado, constando de:

- a) nome do fabricante;
- b) dimensões;
- c) modelo e tipo;
- d) materiais utilizados;
- e) a descrição dos dispositivos utilizados para a fixação do caixilho na câmara; e
- f) outras informações pertinentes.

6.2 Desenhos detalhados do corpo-de-prova ensaiado, constando de:

- a) vista geral;
- b) corte horizontal;
- c) corte vertical;
- d) detalhes característicos necessários ao entendimento completo do componente.

6.3 Tabelas de pressões de ensaio utilizadas e as respectivas deformações máximas e deformações residuais.

6.4 Registro de todas as observações visuais feitas quando da eventual ocorrência de ruptura do corpo-de-prova ou de suas partes.

6.5 Descrição dos equipamentos e procedimentos de ensaio, de modo a possibilitar:

- a) determinar o comportamento de corpo-de-prova, quando submetido a uma carga uniformemente distribuída;
- b) determinar a curva característica de deformação do corpo-de-prova em função da carga uniformemente distribuída aplicada.

6.6 Identificação das Normas adotadas para ensaio.

Figuras

Figura A.1 - Vistas esquemáticas de uma câmara de ensaio

Figura A.2 - Esquema geral do sistema de pressurização

Figura A.3 - Posicionamento dos relógios comparadores para janela do tipo de abrir e pivotante

Figura A.4 - Posicionamento dos relógios comparadores para janela do tipo projetante e projetante-deslizante

Figura A.5 - Posicionamento dos relógios comparadores para janela do tipo de tombar

Figura A.6 - Posicionamento dos relógios comparadores para janela do tipo basculante

Figura A.7 - Posicionamento dos relógios comparadores para janela do tipo de correr

Figura A.8 - Posicionamento dos relógios comparadores para janela do tipo de correr (com travessa ou bandeira)

Figura A.9 - Posicionamento dos relógios comparadores para janela do tipo guilhotina

ANEXO I - Proposta de texto base para a Norma NBR10821 - Caixilho para Edificação - Janelas

	MARÇO 2005	Projeto 02:???.??-00?
Caixilho para edificação - Janelas		
<p>Origem: Projeto NBR 10821:2000</p> <p>CB-02- Comitê Brasileiro de Construção Civil</p> <p>CE - 2:00?.?? -</p> <p>NBR10821 - Windows - Specification</p> <p>Descriptor: Windows.</p> <p>É previsto para cancelar e substituir as normas NBR 7.202/72, NBR10822:1989, NBR10823:1989, NBR10824:1989, NBR10825:1989, NBR10826:1989, NBR10827:1989, NBR10828:1989</p> <p>É previsto para substituir a NBR 10.821/2000</p>		
Palavras-chave: Caixilho. Janela. Esquadria		37 páginas

SUMÁRIO

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Requisitos gerais

4 Requisitos específicos

ANEXOS

A Verificação da resistência às operações de manuseio

B Roteiro de cálculo de pressão de ensaio para estanqueidade à água e resistência às cargas uniformemente distribuídas, para casos especiais de exposição ao vento

C Referências bibliográficas sobre durabilidade

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), 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 projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma abrange o conteúdo dos documentos normativos cancelados, indicados em epígrafe, e substitui a NBR10821:1989. Fazem parte deste conjunto as NBR6485, NBR6486 e NBR6487, que foram mantidas independentes por serem adequadas a outros componentes (portas e fachadas-cortina).

Esta Norma inclui o anexo A, de caráter normativo, e os anexos B e C de caráter informativo.

1 Objetivo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis de desempenho de caixilhos de edificações para uso residencial e comercial.

1.2 Esta Norma não se aplica aos caixilhos usados em edificações que, pela sua forma, localização, utilização ou grau de satisfação, possam ser considerados especiais e objeto de normas específicas.

1.3 Esta Norma visa assegurar ao consumidor o recebimento dos produtos com condições mínimas exigíveis de desempenho.

2 Referências Normativas

As Normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda Norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das Normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das Normas em vigor em um dado momento.

NBR 5426:1985 - Guia para inspeção por amostragem no controle e certificação de qualidade - Procedimento.

NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações - Procedimento.

NBR 6485:2000 - Caixilho para edificação - janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da penetração do ar - Método de ensaio.

NBR 6486:2000 - Caixilho para edificação de uso residencial e comercial - janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação da estanqueidade à água - Método de ensaio.

NBR 6487:2000 - Caixilho para edificação - janela, fachada-cortina e porta externa - Verificação do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas - Método de ensaio.

NBR 7199:1989 - Projeto, execução e aplicações de vidro na construção civil - Procedimentos.

NBR 10820:1989 - Caixilho para edificação - janela - Terminologia.

NBR 10829:1989 - Caixilho para edificação - janela - Medição da atenuação acústica - Método de ensaio.

NBR 10830:1989 - Caixilho para edificação - Acústica dos edifícios - Terminologia.

NBR 10831:1989 - Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial - Janelas- Procedimento.

NBR 12609:1999 - Tratamento de superfície de alumínio e suas ligas - anodização para fins arquitetônicos

3 Condições gerais

3.1 A janela deve ser fornecida com todos os acessórios originais, necessários ao seu funcionamento perfeito, e demais componentes que devem manter todas as características do protótipo ensaiado.

3.2 Os acessórios devem ser de materiais compatíveis com aquele utilizado na fabricação da janela e não devem sofrer alterações químicas, físicas ou mecânicas que prejudiquem o seu desempenho nos ensaios previstos nesta Norma.

3.3 Os perfis devem ser adequados à fabricação das janelas e atender às exigências de normas específicas.

3.4 Os perfis e os processos construtivos utilizados não devem apresentar defeitos que comprometam a resistência, o desempenho da janela ou a durabilidade (ver anexo C).

3.5 Todos os componentes da janela devem receber um tratamento adequado, destinado a garantir o desempenho do conjunto em condições normais de utilização prevista na NBR 10831.

3.6 Os vidros devem ser trabalhados e colocados de acordo com a NBR 7199.

3.7 No caso de uso de algum outro material no lugar do vidro, este material deve ser trabalhado e colocado por técnica de eficiência comprovada mediante ensaios estabelecidos em comum acordo entre fornecedor e comprador, devendo conferir também ao caixilho o atendimento a esta Norma.

3.8 A amostragem de lotes para a inspeção da produção fica a critério das partes, que podem se reportar à NBR 5426.

3.9 O fabricante de perfis ou esquadrias deve informar, através de catálogos ou etiquetas fixadas no caixilho, o número desta norma, a pressão máxima de carga de vento que o caixilho resiste, bem como as classes de utilização de estanqueidade à água e ao ar às quais atende. Sugere-se a descrição adicional, de forma clara, do uso ao qual a esquadria se destina. Por exemplo:

Designação na janela ou na embalagem:

Descrição adicional: Janela destinada a edificações sujeitas a ações de vento de até 1500 Pa, pressões de água de até 150 Pa (classe melhorada – edifícios de até quatro pavimentos; região IV), sem a presença de ar condicionado. Situações possíveis de uso: residências térreas e sobrados em todo o território nacional; edifícios até 4 (quatro) pavimentos em todo o país, exceto oeste do Paraná e extremo sul do Rio Grande do Sul; edifícios de até 15 (quinze) pavimentos, desde que localizados na região Norte, Nordeste e Centro-Oeste, exceto sul do Mato Grosso do Sul (ver região III - no mapa da figura 2).

3.11 Para os perfis anodizados de alumínio, a anodização deve atender às exigências da NBR 12609.

3.12 Deve ser considerada, para efeito de cálculo e determinação das pressões de ensaio de cargas uniformemente distribuídas e das pressões de ensaio de estanqueidade à água, a altura em relação ao solo da janela mais alta do edifício. Quando houver edifícios com desnível, deve ser considerada a diferença de cota em relação ao ponto mais baixo do terreno e a janela mais alta do edifício, como parâmetro de cálculo.

3.13 A sequência dos ensaios de desempenho prescritos nessa norma, realizada em janelas com vidro, deverá ser realizado com dois corpos-de-provas distintos, obedecendo a seguinte ordem: Primeiro corpo-de-prova - permeabilidade ao ar; estanqueidade à água; resistência a cargas uniformemente distribuídas (vento) e permeabilidade ao ar (para verificar queda de desempenho depois do ensaio de vento). Segundo corpo-de-prova - resistência às operações de manuseio.

4 Condições específicas

4.1 Classes de utilização

Os requisitos de desempenho das janelas serão estabelecidos para quatro categorias de edifício, que, para efeito desta norma, serão denominadas classes de utilização. Para a verificação da conformidade das janelas deverão ser respeitadas as exigências relativas à quatro classes de utilização e, no requisito de permeabilidade ao ar, a consideração se o ambiente é climatizado ou não, como se segue:

- **Classe Normal:** são janelas que serão instaladas em edifícios de caráter residencial ou comercial simples - até dois pavimentos;
- **Classe Melhorada:** são janelas que serão instaladas em edifícios de caráter residencial ou comercial até 05 (cinco) pavimentos ou 12 metros;
- **Classe Reforçada:** são janelas que serão instaladas em edifícios de caráter comercial pesado ou edifícios residenciais que possuam mais de 05 (cinco) pavimentos;
- **Classe Excepcional:** janelas que serão instaladas em edifícios de arquiteturas especiais (shoppings, indústrias, hospitais, etc.).
- **Ambiente Condicionado ou Climatizado:** edificação que possui um sistema de refrigeração ou aquecimento central ou restrito ao ambiente onde a janela está sendo considerada.

4.2 Permeabilidade ao ar

4.2.1 O método de ensaio para a determinação da permeabilidade ao ar deve seguir os preceitos da NBR 6485.

4.2.2 A permeabilidade ao ar será avaliada segundo duas condições (conforme a tabela 1):

- edificações não climatizadas ou não condicionadas e;
- edificações condicionadas ou climatizadas.

4.2.3 Para edificações não condicionadas ou não climatizadas, classes normal e melhorada, localizadas nos Estados de São Paulo, Paraná, Sta. Catarina e Rio Grande do Sul, a exigência de permeabilidade ao ar é:

- a velocidade do ar no interior dos recintos não deve ser superior a 0,5m/s, medida a uma distância de 2,0cm da janela, quando submetida a uma pressão de 30 Pa.

4.2.4 Para edificações não condicionadas ou não climatizadas, classes reforçada e excepcional, localizadas nos Estados de São Paulo, Paraná, Sta. Catarina e Rio Grande do Sul, a exigência de permeabilidade ao ar é:

- a velocidade do ar no interior dos recintos não deve ser superior a 0,5m/s, medida a uma distância de 2,0cm da janela, quando submetida a uma pressão de 50 Pa.

4.2.5 Para edificações não condicionadas ou não climatizadas, classes normal, melhorada, reforçada e excepcional, localizadas nos demais Estados do país não há exigência de permeabilidade ao ar.

4.2.6 Para edificações condicionadas ou climatizadas, classes normal e melhorada, qualquer que seja a sua localização, a penetração de ar através de uma janela submetida à pressão de ensaio correspondente a 30 Pa não deve ser maior do que:

- $5\text{m}^3/\text{h}$ x metro linear de juntas abertas.

4.2.7 Para edificações condicionadas ou climatizadas, classes reforçada e excepcional, qualquer que seja a sua localização, a penetração de ar através de uma janela submetida à pressão de ensaio correspondente a 50 Pa não deve ser maior do que:

- $5\text{m}^3/\text{h}$ x metro linear de juntas abertas.

4.2.8 Para edificações condicionadas ou climatizadas, qualquer que seja a classe de utilização e a sua localização, a resistência térmica mínima do caixilho deve ser de $0,15\text{ m}^2\text{KW}$.

4.2.9 Para edificações condicionadas ou climatizadas, qualquer que seja a classe de utilização e a sua localização, no caso de janelas de folhas fixas, sem possibilidade de ventilação, a penetração de ar através de uma janela submetida à pressão de ensaio de 50 Pa, não deve ultrapassar $60\text{m}^3/\text{h}$ x m^2 , avaliada em relação à área total do vão.

Tabela 1 – Exigência de permeabilidade ao ar

Tipo de ambiente	Localização: Estado do país	Classe de utilização	Exigência de Permeabilidade ao ar
condicionada ou climatizada	qualquer Estado	Normal ou Melhorada	Resistência térmica mínima $0,15\text{ m}^2\text{KW}$ Vazão máxima de $5\text{m}^3/\text{h}$ x metro linear de juntas abertas, sob uma pressão de 30 Pa
		Reforçada ou Excepcional	Resistência térmica mínima $0,15\text{ m}^2\text{KW}$ Vazão máxima de $5\text{m}^3/\text{h}$ x metro linear de juntas abertas, sob uma pressão de 50 Pa
não condicionada ou não climatizada	São Paulo, Paraná, Sta. Catarina e Rio Grande do Sul	Normal ou Melhorada	Velocidade do ar $\leq 0,5\text{m/s}$, a uma distância de 2,0cm da janela quando submetida a uma pressão de 30 Pa
		Reforçada ou Excepcional	Velocidade do ar $\leq 0,5\text{m/s}$, a uma distância de 2,0cm da janela quando submetida a uma pressão de 50 Pa
	outros Estados	qualquer classe de utilização	Não há exigência

NOTA – Deve ser entendido por comprimento das juntas abertas da janela a soma dos comprimentos dos encontros entre as partes móveis e dos encontros entre as partes móveis e fixas, não se considerando folhas sobrepostas.

Exemplos de cálculo de juntas abertas são apresentados a seguir (ver figura 1):

a) Veneziana de 6 folhas (duas folhas de venezianas fixas, duas folhas de venezianas móveis, duas folhas de vidro móveis); $L = 2,40$; $H = 1,20\text{m}$.

$$C = (3 \times 1,20 + 4 \times 0,60) \text{ m}$$

$$C = 6,00 \text{ m.}$$

Figura 1 – Exemplo de cálculo de comprimento de juntas abertas

b) Veneziana de 6 folhas (quatro folhas de venezianas móveis, duas folhas de vidro móveis); L = 2,40; H = 1,20m.

$$C = 5 \times 1,20 + 8 \times 0,60$$

$$C = 10,80 \text{ m.}$$

4.3 Estanqueidade à água

4.3.1 O método de ensaio para a determinação da estanqueidade à água deve seguir os preceitos da NBR6486.

4.3.2 A janela não deve apresentar qualquer tipo de vazamento (pequenas gotas ou escorrimento) resultante do corpo da janela para o interior do ambiente após os 15 min de ensaio (excluídos os 5 min iniciais para cada pressão prescrita na Norma) e quando submetida à vazão mínima de água de 4 L/min x m² e às pressões de ensaio correspondentes às regiões do Brasil (ver Figura 2) onde é utilizada, conforme indicado na tabela 2.

4.3.3 A janela tipo basculante não precisará ser submetida ao ensaio de estanqueidade à água, desde que utilizada em áreas molháveis, voltadas para áreas cobertas. Ex.: janela de cozinha que abre para a área de serviço.

4.3.4 Independente das condições topográficas e do projeto de edificação, todas as janelas, exceto nos casos compreendidos em 4.3.3, devem atender pelo menos as condições de ensaio observadas segundo os critérios de 4.3.2, para a região I, classe normal, qualquer que seja a classe de utilização e a região de vento onde está localizada.

Tabela 2 – Pressão de ensaio de estanqueidade à água

Classe de Utilização	Região do País	Pressão de ensaio de estanqueidade à água – Pressão de projeto de vento – $P_p \times 0,15$ (Pa)
Normal (N) Residencial unifamiliar ou comercial simples – até dois pavimentos	I	40
	II	60
	III	80
	IV	100
	V	120
Melhorada (M) Residencial ou comercial até cinco pavimentos ou 15m	I	60
	II	90
	III	120
	IV	150
	V	180
Reforçada (R) Comercial pesada ou edifícios residenciais com mais de cinco pavimentos Arquiteturas especiais (shopping, indústrias, hospitais, etc.)	Todas as regiões	Pressões de ensaio = o maior dos dois valores: $0,15 \times P_p$ (pressão de projeto das cargas de vento) e os valores das pressões da classe Melhorada
	Todas as regiões	
Excepcional (E)

Figura 2: Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento, " V_0 " em m/s, no Brasil

4.4 Resistência às cargas uniformemente distribuídas

O método de ensaio para a determinação da resistência às cargas uniformemente distribuídas deve seguir os preceitos da NBR 6487.

A janela quando submetida à pressão prescrita em 4.4.3, para a região em que ela é utilizada, não deve apresentar:

- ruptura, colapso total ou parcial de qualquer de seus componentes, incluindo o vidro;
- ter o seu desempenho, quanto às condições de abertura e fechamento, deteriorado abaixo dos valores mínimos fixados, ou seja, o esforço aplicado quando do fechamento não deve ser maior que 50 N e, quando da abertura, não maior do que 100 N;
- sugestão de excluir este item, conforme item 4.8 deste trabalho: desempenho quanto à permeabilidade ao ar, deteriorado acima de 20% dos valores máximos fixados em 4.2, ou seja, velocidade do ar $\leq 0,6$ m/s (ambientes não condicionados) e vazão máxima de $6 \text{ m}^3 / \text{h} \times \text{metro linear de juntas abertas}$ (ambientes climatizados ou condicionados);
- deflexão máxima instantânea superior a $L/175$ do vão, sendo L o comprimento livre do perfil em análise; em nenhum caso pode ser superior a 2 cm em qualquer um dos seus perfis;
- deformação residual superior a 0,4% do vão, medida após pelo menos 3 minutos do desligamento da pressão de ensaio.

As pressões de ensaio a serem adotadas estão indicadas na tabela 3.

Tabela 3 – Pressão de ensaio de cargas uniformemente distribuídas

Classe de Utilização	Região do País	Pressão de projeto – P_p / Pressão de sucção – $P_e \times 0,8$ / Pressão de ensaio – $P_e = P_p \times 1,5$ (Pa)
Normal (N)	I	300 / 350 / 450
	II	400 / 500 / 600
	III	550 / 650 / 800
	IV	650 / 800 / 950
	V	850 / 1000 / 1250
Melhorada (M)	I	450 / 550 / 650
	II	600 / 700 / 900
	III	800 / 950 / 1200
	IV	1000 / 1200 / 1500
	V	1200 / 1450 / 1800
Reforçada (R)	Todas as regiões	Calcular conforme a NBR6123 (ver nota 1 e anexo B)
Excepcional (E)	Todas as regiões	Calcular conforme a NBR6123 (ver nota 2 e anexo B)

Notas

1 Na classe reforçada os valores de pressão, calculados conforme a NBR6123, deverão ser pelo menos iguais aos valores das pressões de ensaio da classe Melhorada.

2 Nos casos de arquiteturas especiais da classe excepcional, os valores de pressão de ensaio, calculados conforme a NBR6123, quando inferiores aos valores da classe melhorada, deverão ser justificados através de ensaios em túneis de vento ou planilhas de cálculo e assumidos por um responsável técnico.

4.5 Resistência às operações de manuseio

4.5.1 Condições Gerais

4.5.1.1 A janela de acordo com seu tipo, conforme indicado na NBR 10820, deve resistir aos ensaios especificados em 4.5.2, sem que haja:

- a) deformação residual superior a 0,4% do vão (o comprimento livre do perfil em análise);
- b) ruptura dos vidros;
- c) deterioração de qualquer componente.

4.5.1.2 As janelas do tipo projetante-deslizante (maxim-ar), utilizadas nas classes Melhorada, Reforçada ou Excepcional, cujas áreas sejam superiores a 0,64 m² devem possuir dispositivos (braços ou limitadores) que restrinjam a abertura das folhas.

4.5.1.3 A janela, qualquer que seja o tipo de movimentação que tenha, deve suportar 10000 ciclos completos de abertura e fechamento, de acordo com o método de ensaio equivalente ao seu tipo (comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento - ver anexo A).

4.5.2 Tipos de janela

4.5.2.1 Abrir e pivotante

4.5.2.1.1 Resistência ao esforço torsor

Estando a folha em posição fechada com um de seus cantos mais distantes de seu eixo de rotação imobilizado, esta deve resistir a uma carga de 400N, aplicada em seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova a sua abertura, conforme prescrito em A.4.1.1.

4.5.2.1.2 Resistência ao esforço vertical no plano da folha (deformação diagonal)

Estando a folha em posição aberta a 90°, em relação a sua posição fechada, esta deve resistir a uma carga de 400N, aplicada em seu canto inferior mais distante de seu eixo de rotação, conforme prescrito em A.4.1.2.

4.5.2.1.3 Arrancamento das articulações

Estando a folha em posição aberta a 7° e calçada com uma cunha colocada em sua parte inferior, junto ao seu eixo de rotação, esta deve resistir a uma carga de 200N, aplicada no puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.1.3.

4.5.2.2 Projetante

4.5.2.2.1 Resistência ao esforço torsor

Estando a folha em posição fechada e não travada, com um dos seus cantos inferiores imobilizados, esta deve resistir a uma carga de 400N, aplicada em seu puxador ou posição equivalente, no sentido de que promova a sua abertura, conforme prescrito em A.4.2.1.

4.5.2.2.2 Arrancamento das articulações

Estando a folha em posição aberta a 7° e calçada com uma cunha colocada em sua parte superior, junto ao seu eixo de rotação, esta deve resistir a uma carga de 200N, aplicada no puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.2.2.

4.5.2.2.3 Resistência à deflexão da travessa inferior

Estando a folha em posição fechada e não travada com seus dois cantos inferiores imobilizados, esta deve resistir a uma carga de 400N, aplicada no seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova a sua abertura, conforme prescrito em A.4.2.3.

4.5.2.3 Tombar

4.5.2.3.1 Resistência ao esforço torsor

Estando a folha em posição fechada e não travada com um de seus cantos superiores imobilizados, esta deve resistir a uma carga de 400N, aplicada no seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova a sua abertura, conforme prescrito em A.4.3.1.

4.5.2.3.2 Arrancamento das articulações

Estando a folha em posição aberta a 7° e calçada com uma cunha colocada em sua parte inferior, junto ao seu eixo de rotação, esta deve resistir a uma carga de 200N, aplicada no puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.3.2.

4.5.2.3.3 Resistência à deflexão da travessa superior

Estando a folha em posição fechada e não travada, com seus dois cantos inferiores imobilizados, esta deve resistir a uma carga de 400N, aplicada no seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova a sua abertura, conforme prescrito em A.4.3.3.

4.5.2.4 Basculante

4.5.2.4.1 Resistência ao esforço torsor

Estando a folha em posição fechada e não travada com um de seus cantos mais distantes, em relação ao puxador imobilizado, esta deve resistir a uma carga de 400N, aplicada no seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova a sua abertura, conforme prescrito em A.4.4.1.

4.5.2.4.2 Arrancamento das articulações

Estando a folha próxima à alavanca em posição aberta a 7° e calçada com uma cunha, junto ao eixo de rotação no ponto oposto ao da alavanca, esta deve resistir a uma carga de 200N, aplicada no puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.4.2.

4.5.2.5 Reversível

4.5.2.5.1 Resistência ao esforço torsor

Estando a folha em posição fechada e não travada, com um de seus cantos imobilizados, esta deve resistir a uma carga de 400N, aplicada no seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova a sua abertura, conforme prescrito em A.4.5.1.

4.5.2.5.2 Arrancamento das articulações

Estando a folha aberta a 7° e calçada com uma cunha junto ao eixo de rotação, esta deve resistir a uma carga de 200N, aplicada no puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.5.2.

4.5.2.6 Correr

4.5.2.6.1 Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um canto imobilizado

Estando a folha na posição intermediária entre abertura e fechamento com um dos seus vértices mais distantes imobilizados, no mesmo montante do puxador, esta deve resistir a um esforço horizontal de 400N, aplicado em seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.6.1.

4.5.2.6.2 Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados

Estando a folha na posição intermediária entre abertura e fechamento, com seus dois vértices imobilizados, no mesmo montante do puxador, esta deve resistir a um esforço horizontal de 400N, aplicado em seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova a sua abertura, conforme prescrito em A.4.6.2.

4.5.2.6.3 Resistência à flexão

Estando a folha na posição intermediária entre abertura e fechamento, esta deve resistir a um esforço horizontal de 400N, aplicado em seu puxador ou posição equivalente, no sentido do interior para o exterior e vice-versa, conforme prescrito em A.4.6.3.

4.5.2.7 Guilhotina

4.5.2.7.1 Resistência ao esforço vertical no plano da folha, com um canto imobilizado

Estando a folha na posição intermediária entre abertura e fechamento, com um de seus vértices imobilizados na mesma travessa do puxador, esta deve resistir a um esforço vertical de 400N, aplicado em seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.7.1.

4.5.2.7.2 Resistência ao esforço vertical no plano da folha, com dois cantos imobilizados

Estando a folha na posição intermediária entre abertura e fechamento, com seus dois vértices imobilizados na mesma travessa do puxador, esta deve resistir a um esforço vertical de 400N, aplicado em seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.7.2.

4.5.2.7.3 Resistência à flexão

Estando a folha na posição de máxima abertura, tendo os dois vértices imobilizados no mesmo montante do puxador, esta deve resistir a um esforço horizontal de 400N, aplicado no puxador ou posição equivalente, no sentido do interior para o exterior e vice-versa, conforme prescrito em A.4.7.3.

4.5.2.7.4 Resistência do sistema de travamento da folha

Estando a folha ou folhas travadas, na posição de máxima abertura, estas devem resistir a um esforço vertical de 400N, aplicado no puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.7.4.

4.5.2.7.5 Segurança da guilhotina

A guilhotina deve possuir um sistema de segurança que impeça a queda livre da folha.

4.5.2.8 Projetante-deslizante (maxim-ar)

4.5.2.8.1 Resistência ao esforço torsor

Estando a folha em posição fechada e não travada, com um de seus cantos inferiores fixos, esta deve resistir a um esforço de 400N, aplicado no puxador ou posição equivalente, no sentido que promova a sua abertura, conforme prescrito em A.4.8.1.

4.5.2.8.2 Resistência à flexão

Estando a folha na posição de máxima abertura de uso, tendo os dois braços laterais imobilizados, esta deve resistir a um esforço horizontal de 400N, aplicado no puxador ou posição equivalente no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.8.2.

4.5.2.8.3 Arrancamento das articulações

Estando a folha na posição de máxima abertura de uso, tendo os dois braços laterais imobilizados, esta deve resistir a uma carga vertical de cima para baixo de 200N, aplicada no puxador ou posição equivalente, conforme prescrito em A.4.8.3.

4.5.2.9 Sanfona-vertical (sanfona que desloca no sentido vertical)

4.5.2.9.1 Resistência ao esforço vertical no plano da folha, com um canto imobilizado

Estando as folhas na posição intermediária entre abertura e fechamento, com um dos vértices mais distantes imobilizado na mesma travessa do puxador, estas devem resistir a um esforço vertical de 400N, aplicado em seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.9.1.

4.5.2.9.2 Resistência ao esforço vertical no plano da folha, com dois cantos imobilizados

Estando as folhas na posição intermediária entre abertura e fechamento, com os dois vértices imobilizados na mesma travessa do puxador, estas devem resistir a um esforço vertical de 400N, aplicado em seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.9.2.

4.5.2.9.3 Resistência do sistema de travamento da folha

Estando as folhas travadas, na posição de máxima abertura, estas devem resistir a um esforço horizontal de 400N, aplicado no puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.9.3.

4.5.2.9.4 Resistência à flexão

Estando as folhas na posição intermediária entre abertura e fechamento, estas devem resistir a um esforço horizontal de 400N, aplicado no puxador ou posição equivalente, no sentido do interior para o exterior e vice-versa, conforme prescrito em A.4.9.4.

4.5.2.9.5 Arrancamento das articulações

Estando as folhas na posição máxima de abertura e imobilizadas com cunhas colocadas na parte inferior das folhas, junto aos eixos de rotação posicionados no mesmo plano do marco, estas devem resistir a um esforço vertical de 200N, aplicado no meio dos montantes das articulações intermediárias, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.9.5.

4.5.2.9.6 Segurança da sanfona vertical

A sanfona vertical deve possuir um sistema de segurança que impeça a queda livre da folha.

4.5.2.10 Sanfona-horizontal (sanfona que desloca no sentido horizontal)

4.5.2.10.1 Resistência ao esforço vertical no plano da folha, com um canto imobilizado

Estando as folhas na posição intermediária entre abertura e fechamento, com um dos vértices mais distantes imobilizado na mesma travessa do puxador, estas devem resistir a um esforço vertical de 400N, aplicado em seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.10.1.

4.5.2.10.2 Resistência ao esforço vertical no plano da folha, com dois cantos imobilizados

Estando as folhas na posição intermediária entre abertura e fechamento, com os dois vértices imobilizados na mesma travessa do puxador, estas devem resistir a um esforço vertical de 400N, aplicado em seu puxador ou posição equivalente, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.10.2.

4.5.2.10.3 Resistência à flexão

Estando as folhas na posição intermediária entre abertura e fechamento, estas devem resistir a um esforço horizontal de 400N, aplicado no puxador ou posição equivalente, no sentido do interior para o exterior e vice-versa, conforme prescrito em A.4.10.3.

4.5.2.10.4 Arrancamento das articulações

Estando as folhas na posição máxima de abertura e imobilizadas com cunhas colocadas na parte inferior das folhas, junto aos eixos de rotação posicionados no mesmo plano do marco, estas devem resistir a um esforço vertical de 200N, aplicado no meio dos montantes das articulações intermediárias, no sentido que promova o seu fechamento, conforme prescrito em A.4.10.4.

4.5.2.11 Especial

Nas janelas do tipo especial (de acordo com a NBR 10820), devem ser realizados todos os ensaios previstos nesta Norma, mais aqueles que se fizerem necessários, definidos pelos interessados.

4.6 Atenuação sonora

4.6.1 O objetivo desta subseção é o de orientar os especificadores sobre os parâmetros de desempenho acústico que devem ser considerados em relação às condições de tolerância ao ruído (função do uso de um determinado ambiente) e às condições de exposição ao ruído (função do local de implantação do edifício).

4.6.2 O caixilho, de acordo com seu tipo, as condições de uso do ambiente e as ações sonoras externas, deve ter uma atenuação sonora cujo valor da CTS (Classe de Transmissão Sonora) é apresentado na tabela 4.

4.6.3 As condições de tolerância ao ruído constante da Tabela 4 são estabelecidas como segue:

- a) Tolerância alta; pode ser admitida nos casos em que a expectativa dos usuários aos ruídos externos é alta. Ex.: estações rodoviárias, ginásios de esportes, redação de jornal, lojas de varejo, ambientes públicos de alta demanda, etc.;
- b) Tolerância média; pode ser atendida nos casos em que a expectativa dos usuários aos ruídos externos é moderada. Ex.: restaurantes, escritórios multifuncionais, salas de espera, etc.;
- c) Tolerância baixa; pode ser admitida nos casos em que a expectativa dos usuários aos ruídos externos é baixa. Ex.: dormitórios, salas de estar, salas de aula, escritórios privativos, salas de reunião, igrejas, etc.;
- d) Tolerância Nula; pode ser admitida nos casos em que a expectativa dos usuários aos ruídos externos é nula. Ex.: estúdios de gravação, bibliotecas, auditórios para música sinfônica, etc.

4.6.4 As condições de exposição da edificação ao ruído externo da Tabela 4 são estabelecidos como segue:

- a) Naturais ocasionais; exposição exclusiva a ruídos ocasionais da natureza. Ex.: animais de campo, insetos, aves, farfalhar das folhas, chuva branda, etc.;

- b) Incipientes; exposição a ruídos com níveis de intensidade baixos, inferiores a 45 dB(A), com espectro amplo, sem frequências discretas e com baixo conteúdo de informações. Ex.: ruído de rodovia a grande distância;
- c) Moderadas; exposição a ruídos com níveis de intensidade moderados entre 45 dB(A) e 65 dB(A), com predominância de espectros amplos e sem frequências discretas e com baixo conteúdo de informação. Ex.: trânsito de veículos leves, burburinho urbano, etc.;
- d) Acentuadas; exposição a ruídos com níveis de intensidade altos entre 65 dB(A) e 85 dB(A), com predominância de espectros amplos e com eventual ocorrências discretas e moderado conteúdo de informações. Ex.: ruídos nas laterais de vias com trânsito intenso de veículos pesados, proximidade de ferrovias, etc.;
- e) Críticas; exposição a ruídos com níveis de intensidade muito altos, superiores a 85 dB(A) com predominância de espectros restritos, e/ou ruídos em frequências discretas e/ou com elevado conteúdo de informações e/ou ocorrendo numa sucessão rápida. Ex.: vizinhança de aeroportos, indústrias ruidosas, laterais de ferrovia, etc.;

NOTA: As normas NBR 10829 e NBR 10830 referem-se a ensaios de campo que são facilmente exequíveis, dada a escassez de laboratórios de acústica instalados no país.

Tabela 4 - Classe de transmissão sonora

Condições de tolerância ao ruído				
Condições de exposição ao ruído	Alta	Média	Baixa	Nula
Naturais ocasionais	$CTS \leq 10$	$CTS \leq 10$	$CTS \leq 10$	$40 < CTS$
Incipientes	$CTS \leq 10$	$CTS \leq 10$	$CTS \leq 10$	$40 < CTS$
Moderadas	$CTS \leq 10$	$10 < CTS \leq 20$	$10 < CTS \leq 20$	$40 < CTS$
Acentuadas	$10 < CTS \leq 20$	$20 < CTS \leq 30$	$30 < CTS \leq 40$	$40 < CTS$
Críticas	$20 < CTS \leq 30$	$30 < CTS \leq 40$	$40 < CTS$	$40 < CTS$
NOTAS 1 CTS Classe de Transmissão Sonora. É um indicador de desempenho quanto à atenuação sonora. Quanto maior o seu valor, maior a atenuação sonora e, portanto, menor a quantidade de ruídos ou sons externos que adentram ao ambiente. 2 Ruído com espectro amplo - Ruído com conteúdo de energia distribuído pelas baixas, médias e altas frequências (graves, médios e agudos), numa mistura sem predominância notória. Ex.: barulho do mar. 3 Frequências discretas - Destaque sonoro em meio a um ruído. Ex.: ruído de aeronave turbo-hélice, onde se destaca chiado da turbina. 4 Ruído com conteúdo de informação - Ruídos com significado ou ritmo (ruído que desperta a atenção). Ex.: freadas de veículos, apresentação de diferentes eventos tais como bailes de carnaval, etc.				

ANEXO A (Normativo)

Verificação da resistência às operações de manuseio

A.1 Objetivo

A.1.1 Este anexo prescreve o método de verificação de caixilhos - janelas, quais sejam:

A.1.1.1 Janela dos tipos de abrir e pivotante

- a) resistência ao esforço torsor;
- b) resistência ao esforço vertical no plano da folha (deformação diagonal);
- c) arrancamento das articulações;
- d) comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

A.1.1.2 Janela do tipo projetante

- a) resistência ao esforço torsor;
- b) arrancamento das articulações;
- c) resistência à deflexão da travessa inferior;
- d) comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

A.1.1.3 Janela do tipo de tombar

- a) resistência ao esforço torsor;
- b) arrancamento das articulações;
- c) resistência à deflexão da travessa superior;
- d) comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

A.1.1.4 Janela do tipo basculante

- a) resistência ao esforço torsor;
- b) arrancamento das articulações;
- c) comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

A.1.1.5 Janela do tipo reversível

- a) resistência ao esforço torsor;
- b) arrancamento das articulações;
- c) comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

A.1.1.6 Janela do tipo de correr

- a) resistência a esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizados;
- b) resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados;
- c) resistência à flexão;
- d) comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

A.1.1.7 Janela do tipo guilhotina

- a) resistência a esforço vertical, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado;
- b) resistência ao esforço vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados;
- c) resistência à flexão;
- d) resistência do sistema de travamento da folha;
- e) comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

A.1.1.8 Janela do tipo projetante-deslizante (maxim-ar)

- a) resistência ao esforço torsor;
- b) resistência à flexão;
- c) arrancamento das articulações;
- d) comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

A.1.1.9 Janela do tipo sanfona vertical

- a) resistência a esforço vertical, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado;
- b) resistência ao esforço vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados;
- c) resistência do sistema de travamento da folha;
- d) resistência à flexão;
- e) arrancamento das articulações;
- f) comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

A.1.1.10 Janela do tipo sanfona horizontal

- a) resistência a esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado;
- b) resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados;
- c) resistência à flexão;
- d) arrancamento das articulações;
- e) comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

A.1.2 Este anexo se aplica a janelas para edificações de uso residencial e comercial.

A.2 Definições

Os termos técnicos utilizados nesta Norma estão definidos na NBR 10820.

A.3 Aparelhagem

A aparelhagem necessária para a execução dos ensaios está descrita a seguir.

A.3.1 Conjunto de contrapesos constituído por peças de 5 kg ou sistema de aplicação de carga com capacidade de até 600 N, com resolução de 5 N.

A.3.2 Cunhas de material indeformável (madeira dura tipo peroba, cedro, jacarandá ou espécie similar), com comprimento de 50 mm, largura de 50 mm e espessura máxima de 10 mm.

A.3.3 Calços de material indeformável (madeira dura tipo peroba, cedro, jacarandá ou espécie similar), ou sistema para tratamento das folhas.

A.3.4 Sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento das folhas a serem ensaiadas.

A.3.5 Contador de ciclos.

A.3.6 Dinamômetro ou outro equipamento de medição de esforços, com resolução de 1N.

A.3.7 Relógios comparadores, com resolução de 0,1 mm.

A.4 Execução dos ensaios

A.4.1.2.3 Instalar o relógio comparador ou instrumento equivalente no canto inferior mais distante do eixo de rotação.

A.4.1.2.4 Aplicar no canto inferior mais distante do eixo de rotação uma força de 500 N, progressivamente, de 50 N em 50 N.

A.4.1.2.5 Manter a força aplicada por um período de 3 min e então ler a deformação ocorrida sob carga, utilizando a expressão 1.

A.4.1.2.6 Descarregar o sistema e, após decorridos mais 3 min, proceder à leitura de deformações residuais eventualmente ocorridas, utilizando a expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.1.2.7 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Dimensões em milímetros

- : PONTO DE FIXAÇÃO QUE PERMITA O DESLOCAMENTO VERTICAL
- : PONTO P/ APLICAR A CARGA
- × : PONTO DE MEDIÇÃO

Figura A.2 - Esquema do ensaio de deformação diagonal para janela dos tipos de abrir e pivotante

A.4.1.3 Arrancamento das articulações

A.4.1.3.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.1.3.2 Colocar a cunha no canto inferior junto ao eixo de rotação, de maneira que a folha seja mantida em posição aberta a 7° em relação ao plano que contém o marco, conforme o esquema da Figura A.3.

A.4.1.3.3 Instalar os relógio comparadores ou instrumentos equivalentes nas posições indicadas na Figura A.3.

A.4.1.3.4 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força de 200 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover seu fechamento.

A.4.1.3.5 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema e, após mais 3 min, verificar as articulações e as eventuais deformações residuais, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.1.3.6 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.3 - Esquema do ensaio de arrancamento das articulações para janela dos tipos de abrir e pivotante

A.4.1.4 Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

A.4.1.4.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.1.4.2 Instalar no puxador, ou na posição equivalente, o sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento. A ação de abertura deve-se processar num ângulo mínimo de 90° em relação ao plano do marco.

A.4.1.4.3 Medir as forças necessárias para abertura e fechamento no início e a cada 1000 ciclos.

A.4.1.4.4 O esforço aplicado, quando do fechamento, não deve ser maior que 50 N e, quando da abertura, não maior do que 100 N.

A.4.1.4.5 Regular o sistema de modo que tenha uma frequência de aproximadamente 300 ciclos por hora.

A.4.2 Janela do tipo projetante

A.4.2.1 Resistência ao esforço torsor

A.4.2.1.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.4.

A.4.2.1.2 Estando a folha em posição fechada e não travada (ver Figura A.4), imobilizar um de seus cantos mais distantes em relação ao eixo de rotação eixo de rotação.

A.4.2.1.3 Aplicar no puxador, ou na posição equivalente, uma força de 400 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover sua abertura.

A.4.2.1.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.2.1.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.4 - Esquema do ensaio de resistência ao esforço torsor para janela do tipo projetante

A.4.2.2 Arrancamento das articulações

A.4.2.2.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.2.2.2 Colocar as cunhas nos cantos junto à articulação, de maneira que a folha seja mantida em posição aberta a 7°, em relação ao plano que contém o marco, conforme o esquema da Figura A.5.

A.4.2.2.3 Instalar os relógios comparadores ou instrumentos equivalentes nas posições indicadas na Figura A.5.

A.4.2.2.4 Aplicar no puxador, ou na posição equivalente, uma força de 200 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover o seu fechamento.

A.4.2.2.5 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema e após mais 3 min, verificar as articulações e as eventuais deformações residuais, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.2.2.6 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.5 - Esquema do ensaio de arrancamento das articulações para janela do tipo projetante

A.4.2.3 Resistência à deflexão da travessa inferior

A.4.2.3.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.6.

A.4.2.3.2 Estando a folha em posição fechada e não travada, imobilizar os dois cantos mais distantes em relação ao eixo de rotação.

A.4.2.3.3 Aplicar no puxador, ou na posição equivalente, uma força de 400 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover sua abertura.

A.4.2.3.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deflexões máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.2.3.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.6 - Esquema do ensaio de resistência à deflexão da travessa inferior para janela do tipo projetante

A.4.2.4 Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

A.4.2.4.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.2.4.2 Instalar no puxador, ou na posição equivalente, o sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento. A ação de abertura deve-se processar num ângulo máximo de abertura em relação ao plano do marco.

A.4.2.4.3 Medir as forças necessárias para abertura e fechamento no início e a cada 1000 ciclos.

A.4.2.4.4 O esforço aplicado, quando do fechamento, não deve ser maior que 50 N e, quando da abertura, não maior do que 100 N.

A.4.2.4.5 Regular o sistema de modo que tenha uma frequência de aproximadamente 300 ciclos por hora.

A.4.3 Janela do tipo de tombar

A.4.3.1 Resistência ao esforço torsor

A.4.3.1.1 Montar o caixilho em um suporte rígido na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.7.

A.4.3.1.2 Estando a folha em posição fechada e não travada (ver Figura A.7), imobilizar um de seus cantos mais distantes em relação ao eixo de rotação.

A.4.3.1.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força de 400 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover sua abertura.

A.4.3.1.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.3.1.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e de fechamento.

Figura A.7 - Esquema do ensaio de resistência ao esforço torsor para janela do tipo de tombar

A.4.3.2 Arrancamento das articulações

A.4.3.2.1 Montar o caixilho em um suporte rígido na posição vertical.

A.4.3.2.2 Colocar a cunha no canto inferior junto ao eixo de rotação, de maneira que a folha seja mantida em posição aberta a 7° em relação ao plano que contém o marco, conforme o esquema da Figura A.8.

A.4.3.2.3 Instalar os relógios comparadores ou instrumentos equivalentes nas posições indicadas na Figura A.8.

A.4.3.2.4 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força de 200 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover seu fechamento.

A.4.3.2.5 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema e, após mais 3 min, verificar as articulações e as eventuais deformações residuais, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.3.2.6 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.8 - Esquema do ensaio de arrancamento das articulações para janela do tipo de tombar

A.4.3.3 Resistência à deflexão da travessa superior

A.4.3.3.1 Montar o caixilho em um suporte rígido na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.9.

A.4.3.3.2 Estando a folha em posição fechada e não travada, imobilizar os dois cantos mais distantes em relação eixo de rotação.

A.4.3.3.3 Aplicar no puxador, ou na posição equivalente, uma força de 400 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover sua abertura.

A.4.3.3.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.3.3.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.9 - Esquema do ensaio de resistência à deflexão para janela do tipo de tombar

A.4.3.4 Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

A.4.3.4.1 Montar o caixilho em um suporte rígido na posição vertical.

A.4.3.4.2 Instalar no puxador, ou na posição equivalente o sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento. A ação de abertura deve-se processar num ângulo máximo de abertura em relação ao plano do marco.

A.4.3.4.3 Medir as forças necessárias para abertura e fechamento no início e a cada 1000 ciclos.

A.4.3.4.4 O esforço, quando do fornecimento, não deve ser maior que 50 N e, quando na abertura, não maior que 100 N.

A.4.3.4.5 Regular o sistema de modo que tenha uma frequência de aproximadamente 300 ciclos por hora.

A.4.4 Janela do tipo basculante

A.4.4.1 Resistência ao esforço torsor

A.4.4.1.1 Montar o caixilho em um suporte rígido na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.10.

A.4.4.1.2 Estando a folha em posição fechada e não travada (Figura A.10), imobilizar um de seus cantos mais distantes, em relação ao puxador.

A.4.4.1.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força de 400 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover sua abertura.

A.4.4.1.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.4.1.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.10 - Esquema do ensaio de resistência ao esforço torsor para janela do tipo basculante.

A.4.4.2 Arrancamento das articulações

A.4.4.2.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.4.2.2 Colocar as cunhas junto ao eixo de rotação, de maneira que a folha seja mantida em posição aberta a 7° em relação ao plano ao plano que contém o marco, conforme esquema da Figura A.11.

A.4.4.2.3 Instalar os relógios comparadores ou instrumentos equivalentes nas posições indicadas na Figura A.11.

A.4.4.2.4 Aplicar no puxador, ou na posição equivalente, uma força de 200 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover o seu fechamento.

A.4.4.2.5 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema e após mais 3 min, verificar as articulações e as eventuais deformações residuais, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.4.2.6 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.11 - Esquema do ensaio de arrancamento das articulações para janela do tipo basculante

A.4.4.3 Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

A.4.4.3.1 Montar o caixilho em um suporte rígido na posição vertical.

A.4.4.3.2 Instalar no puxador, ou na posição equivalente o sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento. A ação de abertura deve-se processar num ângulo máximo de abertura em relação ao plano do marco.

A.4.4.3.3 Medir as forças necessárias para abertura e fechamento no início e a cada 1000 ciclos.

A.4.4.3.4 O esforço aplicado, quando do fechamento, não deve ser maior que 50 N e, quando da abertura, não maior que 100 N.

A.4.4.3.5 Regular o sistema, de modo que tenha uma frequência de aproximadamente 300 ciclos por hora.

A.4.5 Janela do tipo reversível

A.4.5.1 Resistência ao esforço torsor

A.4.5.1.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.12.

A.4.5.1.2 Estando a folha em posição fechada e não travada (ver Figura A.12), imobilizar um de seus cantos mais distantes em relação ao eixo de rotação.

A.4.5.1.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força de 400 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover sua abertura.

A.4.5.1.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (A.4.1.1.4).

A.4.5.1.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.12 - Esquema de ensaio de resistência ao esforço torsor para janela do tipo reversível

A.4.5.2 Arrancamento das articulações

A.4.5.2.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.5.2.2 Colocar as cunhas junto ao eixo de rotação, de maneira que a folha seja mantida em posição aberta a 7° em relação ao plano que contém o marco, conforme o esquema da Figura A.13.

A.4.5.2.3 Instalar os relógios comparadores ou instrumentos equivalentes nas posições indicadas na Figura A.13.

A.4.5.2.4 Aplicar no puxador, ou na posição equivalente, uma força de 200 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover o seu fechamento.

A.4.5.2.5 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema e, após mais 3 min, verificar as articulações e as eventuais deformações residuais, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.5.2.6 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.13 - Esquema do ensaio de arrancamento das articulações para janela do tipo reversível

A.4.5.3 Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

A.4.5.3.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.5.3.2 Instalar no puxador, ou na posição equivalente o sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento. A ação de abertura deve-se processar num ângulo máximo de abertura em relação ao plano do marco.

A.4.5.3.3 Medir as forças necessárias para abertura e fechamento no início e a cada 1000 ciclos.

A.4.5.3.4 O esforço aplicado, quando do fechamento, não deve ser maior que 50 N e, quando da abertura, não maior do que 100 N.

A.4.5.3.5 Regular o sistema, de modo que tenha uma frequência de aproximadamente 300 ciclos por hora.

A.4.6 Janela do tipo de correr

A.4.6.1 Resistência a esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado

A.4.6.1.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.6.1.2 Analisar qual o conjunto perfil/vidro ou perfil/veneziana é menos resistente (menor momento de inércia).

A.4.6.1.3 Executar no conjunto de menor inércia, cinco ciclos de abertura e fechamento, e verificar através de 3 (três) medições (cada) a média da força necessária para abrir e fechar a folha.

A.4.6.1.4 Estando a folha em posição intermediária de abertura (figuras A.14 e A.15), imobilizar um dos cantos do montante que contém o puxador. Instalar os relógios comparadores e posicioná-los conforme as figuras A.14 e A.15.

A.4.6.1.5 Aplicar no puxador ou na posição equivalente, uma força de 400N, horizontal e perpendicular à folha, progressivamente, de 50N em 50N (no caso de 2 puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério).

A.4.6.1.6 Decorridos 3 (três) min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme a expressão ($D_{\text{máx}} = D_3 - D_1$), na qual a flecha residual máxima admissível será igual a 0,4% do comprimento do perfil (2l), descarregar o sistema de aplicação de força.

A.4.6.1.7 Depois de retirada de toda a carga, verificar a leitura dos relógios após, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 20, 25 e 30 min. Caso ocorram duas leituras simultâneas com variações inferiores a 5%, as leituras posteriores poderão ser suspensas, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.6.1.8 Executar 5 ciclos completos de abertura e fechamento e verificar a força necessária para abrir e fechar a folha ensaiada (conforme o item A.4.6.1.3 deste método de ensaio).

Figura A.14: Esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado para janela do tipo de correr

Figura A.15: Esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado para portas do tipo de correr (com travessa)

A.4.6.2 Resistência a esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado

A.4.6.2.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.6.2.2 Analisar qual o conjunto perfil/vidro ou perfil/veneziana é menos resistente (menor momento de inércia).

A.4.6.2.3 Executar no conjunto de menor inércia, cinco ciclos de abertura e fechamento, e verificar através de 3 (três) medições (cada) a média da força necessária para abrir e fechar a folha.

A.4.6.2.4 Estando a folha em posição intermediária de abertura (figuras A.16 e A.17), imobilizar os dois cantos do montante que contém o puxador. Instalar os relógios comparadores e posicioná-los conforme as figuras A.16 e A.17.

A.4.6.2.5 Aplicar no puxador ou na posição equivalente, uma força de 400N, horizontal e perpendicular à folha, progressivamente, de 50N em 50N (no caso de 2 puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério).

A.4.6.2.6 Decorridos 3 (três) min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme a expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.6.2.7 Depois de retirada de toda a carga, verificar a leitura dos relógios após, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 20, 25 e 30 min. Caso ocorram duas leituras simultâneas com variações inferiores a 5%, as leituras posteriores poderão ser suspensas, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.6.2.8 Executar 5 ciclos completos de abertura e fechamento e verificar a força necessária para abrir e fechar a folha ensaiada (conforme o item A.4.6.2.3 deste método de ensaio).

Figura A.16: Esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados para janela do tipo de correr

Figura A.17: Esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados para portas do tipo de correr (com travessa)

A.4.6.3 Resistência à flexão

A.4.6.3.1 Montar o caixilho em um suporte rígido na posição vertical.

A.4.6.3.2 Verificar qual o perfil menos resistente (menor momento de inércia).

A.4.6.3.3 Executar no perfil de menor inércia, cinco ciclos de abertura e fechamento, e verificar através de 3 (três) medições (cada) a média da força necessária para abrir e fechar a folha.

A.4.6.3.4 Posicionar a folha a ser ensaiada o mais próximo que o equipamento/bancada permitir (limitado à metade de sua abertura) da posição de seu fechamento. Instalar os relógios comparadores e posicioná-los conforme as figuras A.18 e A.19.

A.4.6.3.5 Aplicar no puxador ou na posição equivalente, uma força de 400N, horizontal e perpendicular à folha, progressivamente, de 50N em 50N (no caso de 2 puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério).

A.4.6.3.6 Decorridos 3 (três) min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme a expressão 1 (ver A.4.1.1.4) e descarregar o sistema de aplicação de força.

A.4.6.3.7 Depois de retirada de toda a carga, verificar a leitura dos relógios após, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 20, 25 e 30 min. Caso ocorram duas leituras simultâneas com variações inferiores a 5%, as leituras posteriores poderão ser suspensas.

A.4.6.3.8 Executar 5 ciclos completos de abertura e fechamento e verificar a força necessária para abrir e fechar a folha ensaiada (conforme o item A.4.6.3.3 deste método de ensaio).

A.4.6.3.9 Verificar o 2º perfil menos resistente e repetir os itens A.4.6.3.3 a A.4.6.3.8 em sentido contrário ao aplicado inicialmente.

Figura A.18: Esquema proposto para o ensaio de resistência à flexão para janela do tipo de correr

Figura A.19: Proposta de esquema do ensaio de resistência à flexão para portas do tipo de correr (com travessa)

A.4.6.4 Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

A.4.6.4.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.6.4.2 Instalar no puxador da folha escolhida (preferencialmente a folha mais pesada) ou na posição equivalente, o sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento.

A.4.6.4.3 Medir as forças necessárias para abertura no início e a cada 1000 ciclos.

Figura A.20 - Esquema do ensaio de resistência ao esforço vertical com um dos cantos imobilizado para janela do tipo quilhotina

A.4.7.2 Resistência ao esforço vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados

A.4.7.2.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.21.

A.4.7.2.2 Estando a folha em posição intermediária de abertura (ver Figura A.21), imobilizar os dois cantos da travessa que contém o puxador.

A.4.7.2.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente, uma força de 400 N, no plano da folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles), a fim de promover seu fechamento.

A.4.7.2.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.7.2.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.21 - Esquema do ensaio de resistência ao esforço vertical com dois cantos imobilizados para janela do tipo guilhotina

A.4.7.3 Resistência à flexão

A.4.7.3.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.22.

A.4.7.3.2 Estando a folha na posição de máxima abertura (ver Figura A.22), imobilizar os dois cantos da travessa que contém o puxador.

A.4.7.3.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força de 400 N, horizontal e perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério).

A.4.7.3.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.7.3.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

A.4.7.3.6 Repetir o ensaio aplicando a força no sentido oposto.

Figura A.22 - Esquema do ensaio de resistência à flexão para janela do tipo guilhotina

A.4.7.4 Resistência do sistema de travamento da folha

A.4.7.4.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na figura A.21.

A.4.7.4.2 Estando as folhas em posição de máxima abertura, travar as folhas utilizando o sistema de travamento disponível na janela.

A.4.7.4.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente, uma força de 400N, no plano da janela, progressivamente, de 50N em 50N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles), a fim de promover seu fechamento.

A.4.7.4.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema de fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.7.4.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

A.4.7.5 Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

A.4.7.5.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.7.5.2 Instalar no puxador ou na posição equivalente o sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento.

A.4.7.5.3 Medir as forças necessárias para abertura e fechamento no início e a cada 1000 ciclos.

NOTA: Independente da janela possuir ou não um sistema de contrapeso, o esforço aplicado, quando do fechamento, não deve ser maior que 50 N e, quando da abertura, não maior que 100 N.

A.4.8 Janela do tipo projetante-deslizante

A.4.8.1 Resistência ao esforço torsor

A.4.8.1.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.23.

A.4.8.1.2 Estando a folha em posição fechada e não travada (ver Figura A.23), imobilizar um de seus cantos inferiores.

A.4.8.1.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força de 400 N, perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover sua abertura.

A.4.8.1.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana, e após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.8.1.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.23 - Esquema de ensaio de resistência ao esforço torsor para janela do tipo projetante-deslizante

A.4.8.2 Resistência à flexão

A.4.8.2.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na figura A.24.

A.4.8.2.2 Estando a folha em posição de máxima abertura de uso (ver Figura A.24), imobilizar os dois braços laterais.

A.4.8.2.3 Aplicar no puxador, ou na posição equivalente, uma força horizontal de 400 N, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover seu fechamento.

A.4.8.2.4 Decorridos 3 min da força aplicada medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.8.2.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

A.4.8.2.6 Repetir o ensaio aplicando a força no sentido oposto.

Figura A.24 - Esquema do ensaio de resistência à flexão para janela do tipo projetante-deslizante

A.4.8.3 Arrancamento das articulações

A.4.8.3.1 Montar o caixilho em suporte rígido, na posição vertical com os relógios comparadores nas posições indicadas na figura A.25.

A.4.8.3.2 Estando a folha em posição de máxima abertura de uso (ver figura A.25), imobilizar os dois braços laterais.

A.4.8.3.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força vertical de 200 N, de cima para baixo, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover seu fechamento.

A.4.8.3.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema e, após mais 3 min, verificar as articulações e as eventuais deformações residuais, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.8.3.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.25 - Esquema do ensaio de arrancamento das articulações para janela do tipo projetante-deslizante.

A.4.8.4 Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

A.4.8.4.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.8.4.2 Instalar no puxador, ou na posição equivalente, o sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento. A ação de abertura deve-se processar num ângulo máximo de abertura do uso em relação ao plano do marco.

A.4.8.4.3 Medir as forças necessárias para abertura e fechamento no início e a cada 1000 ciclos.

A.4.8.4.4 O esforço aplicado, quando do fechamento, não deve ser maior que 50 N e, quando da abertura, não maior do que 100 N.

A.4.8.4.5 Regular o sistema de modo que tenha uma frequência de aproximadamente 300 ciclos por hora.

A.4.9 Janela do tipo sanfona vertical

A.4.9.1 Resistência ao esforço vertical, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado

A.4.9.1.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.26.

A.4.9.1.2 Estando as folhas em posição intermediária de abertura (ver figura A.26), imobilizar um dos cantos da travessa que contém o puxador.

A.4.9.1.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente, uma força de 400 N, no plano da folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles), a fim de promover seu fechamento.

A.4.9.1.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.9.1.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.26 - Esquema do ensaio de resistência ao esforço vertical com um dos cantos imobilizado para janela do tipo sanfona vertical

A.4.9.2 Resistência ao esforço vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados

A.4.9.2.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.27.

A.4.9.2.2 Estando as folhas em posição intermediária de abertura (ver figura A.27), imobilizar os dois cantos da travessa que contém o puxador.

A.4.9.2.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente, uma força de 400 N, no plano da folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles), a fim de promover seu fechamento.

A.4.9.2.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.9.2.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.27 - Esquema do ensaio de resistência ao esforço vertical com dois cantos imobilizados para janela do tipo sanfona vertical

A.4.9.3 Resistência do sistema de travamento da folha

A.4.9.3.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na figura A.28.

A.4.9.3.2 Estando as folhas em posição de máxima abertura, travar as folhas utilizando o sistema de travamento disponível na janela.

A.4.9.3.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente, uma força de 400N, no plano da janela, progressivamente, de 50N em 50N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles), a fim de promover seu fechamento.

A.4.9.3.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar os sistema de fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.9.3.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.28 - Esquema do ensaio de resistência do sistema de travamento da folha para janela do tipo sanfona vertical

A.4.9.4 Resistência à flexão

A.4.9.4.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.29.

A.4.9.4.2 Estando a folha na posição de máxima abertura (ver Figura A.29), imobilizar os dois cantos da travessa que contém o puxador.

A.4.9.4.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força de 400 N, horizontal e perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério).

A.4.9.4.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.9.4.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

A.4.9.4.6 Repetir o ensaio aplicando a força no sentido oposto.

Figura A.29 - Esquema do ensaio de resistência à flexão para janela do tipo sanfona vertical

A.4.9.5 Arrancamento das articulações

A.4.9.5.1 Montar o caixilho em suporte rígido, na posição vertical com os relógios comparadores nas posições indicadas na figura A.30.

A.4.9.5.2 Estando as folhas em posição de máxima abertura de uso (ver figura A.30), imobilizar as folhas com cunhas colocadas na parte inferior das folhas, junto aos eixos de rotação posicionados no mesmo plano do marco.

A.4.9.5.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força vertical de 200 N, de cima para baixo, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover seu fechamento.

A.4.9.5.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema e, após mais 3 min, verificar as articulações e as eventuais deformações residuais, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.9.5.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.30 - Esquema do ensaio de arrancamento das articulações para janela do tipo sanfona vertical.

A.4.9.6 Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

A.4.9.6.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.9.6.2 Instalar no puxador ou na posição equivalente o sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento.

A.4.9.6.3 Medir as forças necessárias para abertura e fechamento no início e a cada 1000 ciclos.

NOTA: Independente da janela possuir ou não um sistema de contrapeso, o esforço aplicado, quando do fechamento, não deve ser maior que 50 N e, quando da abertura, não maior que 100 N.

A.4.10 Janela do tipo sanfona horizontal

A.4.10.1 Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com um dos cantos imobilizado

A.4.10.1.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.31.

A.4.10.1.2 Estando as folhas em posição intermediária de abertura (ver figura A.31), imobilizar um dos cantos do montante que contém o puxador.

A.4.10.1.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente, uma força de 400 N, no plano da folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles), a fim de promover seu fechamento.

A.4.10.1.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.10.1.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.31 - Esquema do ensaio de resistência ao esforço horizontal com um dos cantos imobilizado para janela do tipo sanfona horizontal

A.4.10.2 Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados

A.4.10.2.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.32.

A.4.10.2.2 Estando as folhas em posição intermediária de abertura (ver figura A.32), imobilizar os dois cantos do montante que contém o puxador.

A.4.10.2.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente, uma força de 400 N, no plano da folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles), a fim de promover seu fechamento.

A.4.10.2.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.10.2.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.32 - Esquema do ensaio de resistência ao esforço vertical com dois cantos imobilizados para janela do tipo sanfona vertical

A.4.10.3 Resistência à flexão

A.4.10.3.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical, com os relógios comparadores nas posições indicadas na Figura A.33.

A.4.10.3.2 Estando a folha na posição de máxima abertura (ver Figura A.33), imobilizar os dois cantos do montante que contém o puxador.

A.4.10.3.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força de 400 N, horizontal e perpendicular à folha, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério).

A.4.10.3.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema fio de aço/roldana e, após mais 3 min, verificar a deformação residual eventualmente ocorrida, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.10.3.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

A.4.10.3.6 Repetir o ensaio aplicando a força no sentido oposto.

Figura A.33 - Esquema do ensaio de resistência à flexão para janela do tipo sanfona horizontal

A.4.10.4 Arrancamento das articulações

A.4.10.4.1 Montar o caixilho em suporte rígido, na posição vertical com os relógios comparadores nas posições indicadas na figura A.34.

A.4.10.4.2 Estando as folhas em posição de máxima abertura de uso (ver figura A.34), imobilizar as folhas com cunhas colocadas na parte inferior das folhas, junto aos eixos de rotação posicionados no mesmo plano do marco.

A.4.10.4.3 Aplicar no puxador ou na posição equivalente uma força vertical de 200 N, de cima para baixo, progressivamente, de 50 N em 50 N (no caso de dois puxadores, repartir a força igualmente entre eles e seguir o mesmo critério), a fim de promover seu fechamento.

A.4.10.4.4 Decorridos 3 min da força aplicada, medir as deformações máximas conforme expressão 1, descarregar o sistema e, após mais 3 min, verificar as articulações e as eventuais deformações residuais, utilizando a mesma expressão 1 (ver A.4.1.1.4).

A.4.10.4.5 Executar cinco ciclos completos de abertura e fechamento.

Figura A.34 - Esquema do ensaio de arrancamento das articulações para janela do tipo sanfona horizontal.

A.4.10.5 Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento

A.4.10.5.1 Montar o caixilho em um suporte rígido, na posição vertical.

A.4.10.5.2 Instalar no puxador ou na posição equivalente o sistema que promova repetitivamente ações de abertura e fechamento.

A.4.10.5.3 Medir as forças necessárias para abertura e fechamento no início e a cada 1000 ciclos.

A.5 Resultados

O relatório apresentando os resultados do ensaio deve conter:

a) Identificação do componente ensaiado, constando:

- ✘ nome do fabricante;
- ✘ dimensões;
- ✘ modelo e tipo;
- ✘ materiais utilizados;
- ✘ outras informações pertinentes.

b) Desenhos detalhados do corpo-de-prova ensaiado, constando de:

- ✘ vista geral;
- ✘ corte horizontal;
- ✘ corte vertical;
- ✘ detalhes característicos necessários ao entendimento completo do componente.

c) Registro de todas as observações visuais efetuadas durante e ao término de cada ensaio.

d) Determinação da deformação máxima e da deformação residual eventualmente ocorrida.

e) Registro dos esforços aplicados, necessários para promover abertura e fechamento das folhas, no início e ao término do ensaio objeto da nota indicada em A.4.1.4.3, A.4.2.4.3, A.4.3.4.3, A.4.4.3.3, A.4.5.3.3, A.4.6.4.3, A.4.7.4.3, A.4.8.4.3, A.4.9.6.3 e A.4.10.5.3.

f) Identificação das normas utilizadas para o ensaio, bem como das exigências específicas do mesmo.

ANEXO B (Informativo)

Roteiro de Cálculo de Pressão de Ensaio para Estanqueidade à água e Resistência às Cargas Uniformemente Distribuídas, para Casos Especiais de Exposição ao Vento

B.1 Generalidades

Este anexo apresenta um exemplo de um roteiro de cálculo de pressão de ensaio para estanqueidade à água e pressão de ensaio para resistência às cargas uniformemente distribuídas, nos casos especiais de exposição da janela ao vento.

B.2 Exemplo de roteiro de cálculo

Seja um edifício residencial com 50 metros de altura (cerca de 20 andares) e pavimento-tipo retangular de dimensões (20m x 15m), nestas condições calcula-se:

a) Coeficientes de pressão e forma externos (C_e)

$$a = 20\text{m} \quad b = 15\text{m} \quad a/b = 1,33 \quad h/b = 3,33$$

Consultando a tabela 4 da NBR 6123:1968, tem-se:

A NBR 6123 prevê redução de um terço nos coeficientes C_e destacados acima, se o edifício for paralelepípedo e estiver em local de ventos de alta turbulência. Nesse caso esses coeficientes seriam $-0,4$ e não $-0,6$. A redução se aplica apenas a edifícios cuja altura não ultrapasse o dobro da altura das edificações vizinhas, situado em zona de alta concentração de edificações e cuja relação profundidade/largura seja maior que $0,33$.

b) Coeficiente de pressão interna (C_i)

Seguindo o item 6.2 da NBR 6123:1968, para as condições abaixo, tem-se:

- 1) Todas as janelas fechadas **-0,3** ou **0** (adotar o mais crítico);
- 2) Abertura dominante a barlavento **+0,6** (considerando a proporção entre a área das aberturas a barlavento e a área de aberturas em zonas de sucção externa igual a 3);
- 3) Abertura dominante a sotavento **-0,6**;
- 4) Abertura dominante em face paralela ao vento, mas não em zona de alta sucção externa **-0,6**;
- 5) Abertura dominante em face paralela ao vento nem zona de alta sucção externa **-0,9** (considerando a proporção entre áreas na face da abertura dominante e áreas de aberturas em outras zonas de sucção externa igual a 3).

c) Verificação dos valores máximos de $|C_e - C_i|$ em cada caso

Situações	Face A	Face B	Face C	Face D
1	+1,1 ($\alpha=90^\circ$)	-1,0 ($\alpha=0^\circ$)	+1,1 ($\alpha=0^\circ$)	-1,0 ($\alpha=90^\circ$)
2	-1,6 ($\alpha=0^\circ$)	-1,6 ($\alpha=0^\circ$)	-1,6 ($\alpha=90^\circ$)	-1,6 ($\alpha=90^\circ$)
3	+1,4 ($\alpha=90^\circ$)	-0,4 ($\alpha=0^\circ$)	+1,4 ($\alpha=0^\circ$)	-0,4 ($\alpha=90^\circ$)
4	+1,4 ($\alpha=90^\circ$)	-0,4 ($\alpha=0^\circ$)	+1,4 ($\alpha=0^\circ$)	-0,4 ($\alpha=90^\circ$)
5	+1,7 ($\alpha=90^\circ$)	+0,3 (ambos) ¹⁾	+1,7 ($\alpha=0^\circ$)	+0,3 (ambos) ¹⁾
¹⁾ se os ventos forem de alta turbulência, $C_e - C_i$ será igual a +0,5 e não +0,3.				

Conclui-se que a situação mais desfavorável ocorrerá na face barlavento quando houver abertura dominante em zona de alta sucção externa. Nessas condições, $C_e - C_i = +1,7$

d) Determinação das pressões de ensaio para resistência a cargas uniformemente distribuídas e das pressões de ensaio de estanqueidade à água.

B.3 Estudo de duas situações

B.3.1 Situação 1 – Edifício localizado em São Paulo – Região III

- Velocidade característica do vento (V_0)

$$V_0 = 40 \text{ m/s}$$

$$S_1 = 1,0 \text{ (fator topográfico)}$$

$$S_2 = 1,10 \text{ (fator } S_2, \text{ rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno)}$$

$$S_3 = 0,88 \text{ (fator estatístico)}$$

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

$$V_k = 40 \times 1,0 \times 1,10 \times 0,88$$

$$V_k = 38,72 \text{ m/s}$$

- Pressão de obstrução (pressão de projeto P_p)

$$\begin{aligned}P_p &= V_k^2 / 1,6 \\P_p &= (38,72)^2 / 1,6 \\P_p &= 937,0 \text{ N/m}^2 \\P_p &= 937 \text{ Pa}\end{aligned}$$

- Estanqueidade à água

Pressão de ensaio (P_e)

$$\begin{aligned}P_e &= P_p \times 0,15 \\P_e &= 937,0 \times 0,15 \\P_e &= 140,6 \text{ N/m}^2 \\P_e &= 141 \text{ Pa} > 120 \text{ Pa}\end{aligned}$$

- Resistência à cargas uniformemente distribuídas

Pressão de ensaio (P_e)

$$\begin{aligned}P_e &= P_p \times (C_e - C_i) \\P_e &= 937,0 \times (0,8 - (-0,9)) \\P_e &= 937,0 \times (+1,7) \\P_e &= 1592,9 \text{ N/m}^2 \\P_e &= 1593 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Pressão de sucção (P_s)

$$\begin{aligned}P_s &= P_e \times 0,8 \\P_s &= 1592,9 \times 0,8 \\P_s &= 1274,4 \text{ N/m}^2 \\P_s &= 1274 \text{ Pa}\end{aligned}$$

B.3.2 Situação 2 – Edifício localizado no Nordeste – Região I

- Velocidade característica do vento (V_0)

$$\begin{aligned}V_0 &= 30 \text{ m/s} \\S_1 &= 1,0 \text{ (fator topográfico)} \\S_2 &= 1,12 \text{ (fator } S_2, \text{ rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno)} \\S_3 &= 0,88 \text{ (fator estatístico)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_k &= V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3 \\V_k &= 30 \times 1,0 \times 1,12 \times 0,88 \\V_k &= 29,57 \text{ m/s}\end{aligned}$$

- Pressão de obstrução (pressão de projeto P_p)

$$\begin{aligned}P_p &= V_k^2 / 1,6 \\P_p &= (29,57)^2 / 1,6 \\P_p &= 546,4 \text{ N/m}^2 \\P_p &= 546 \text{ Pa}\end{aligned}$$

- Estanqueidade à água

Pressão de ensaio (P_e)

$$P_e = P_p \times 0,15$$

$$P_e = 546,4 \times 0,15$$

$$P_e = 82,0 \text{ N/m}^2$$

$$P_e = 82 \text{ Pa} > 65 \text{ Pa}$$

- Resistência à cargas uniformemente distribuídas

Pressão de ensaio (P_e)

$$P_e = P_p \times (C_e - C_i)$$

$$P_e = 546,4 \times (0,8 - (-0,9))$$

$$P_e = 546,4 \times (+1,7)$$

$$P_e = 928,9 \text{ N/m}^2$$

$$P_e = 929 \text{ Pa}$$

Pressão de sucção (P_s)

$$P_s = P_e \times 0,8$$

$$P_s = 928,9 \times 0,8$$

$$P_s = 743,1 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = 743 \text{ Pa}$$

ANEXO C (Informativo)

Referências bibliográficas sobre durabilidade

BRITISH Standard INSTITUTE – BSI. Guide to durability of buildings and buildings elements, products and components. BS 7543. London, March, 31, 1992.

FLAUZINO, W.D. Durabilidade de materiais e componentes das edificações: metodologias e suas aplicações no caso de pinturas externas e chapas onduladas de plástico. São Paulo, 1983. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

HACHICH, V.C.F. Critérios mínimos para a avaliação expedita da durabilidade de produtos de PVC rígido para uso exterior nas edificações. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social – Durabilidade. Texto para discussão / SEPURB – MPO, abril de 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Fichas de características das madeiras brasileiras. IPT, São Paulo, 1989.

PANOSSIAN, Z. Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas. IPT, São Paulo, 1993 (1ª ed.).

SJÖSTRÖM, Christer, ed. Durability of building materials and components 7: proceedings – Volume one: prediction, degradation & materials. In: International Conference on Durability of Building Materials and Components. Stockholm, 1996.

SJÖSTRÖM, Christer, ed. Durability of building materials and components 7: proceedings – Volume two: testing, design & standardisation. In: International Conference on Durability of Building Materials and Components. Stockholm, 1996.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A.: **PBQP, Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas de interesse social**. São Paulo, 1998.
- [2] **MANUAL TÉCNICO DE CAIXILHOS, JANELAS: aço, alumínio, vidros, PVC, madeira, acessórios, juntas e materiais de vedação**. São Paulo, Pini, 1991.
- [3] IIZUKA, Marson T. **Instalação de esquadrias de alumínio: prática e inovação**. São Paulo, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, 2001 (Dissertação de Mestrado).
- [4] FERNANDES, Vera C. **Janelas de PVC rígido: características da qualidade**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1991 (Dissertação de Mestrado).
- [5] FERNANDES, Vera C. **Critérios mínimos para a avaliação expedita da durabilidade de produtos de PVC rígido para uso exterior nas edificações**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999 (Tese de Doutorado).
- [6] AAMA (American Architectural Manufacturers Association) / NWWDA (National Wood Window and Door Association). **Voluntary Specifications for aluminum, vinyl (PVC) and wood windows and glass doors**. 101/I.S. 2-97. Illinois, 1997.
- [7] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors by Uniform Static Air Pressure Difference**. ASTM – E 330, Philadelphia, 2002.

[8] __. **Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors by Cyclic Static Air Pressure Differential.** ASTM – E 547, Philadelphia, 2000.

[9] __. **Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors by Uniform Static Air Pressure Difference.** ASTM - E 331, Philadelphia, 2000.

[10] __. **Standard Test Method for Determination of Operating Force of Sliding Windows and Doors.** ASTM - E 2068, Philadelphia, 2000.

[11] __. **Standard Test Method for Determining the Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Curtains Walls, and Doors Under Specified Pressure and Temperature Differences Across the Specimen.** ASTM - E 1424, Philadelphia, 1991 (Reapproved 2000).

[12] __. **Standard Test Method for Determining the Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Curtains Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen.** ASTM - E 283, Philadelphia, 1991 (Reapproved 1999).

[13] __. **Standard Specification for Generic Performance Requirements for Exterior Residential Windows Assemblies.** ASTM - E 1017, Philadelphia, 1988 (Reapproved 1994).

[14] __. **Standard Test Method for Measuring the Forced Entry Resistance of Window Assemblies, Excluding Glazing Impact.** ASTM - F 588, Philadelphia, 1997.

[15] __. **Standard Test Method for Measuring the Forced Entry Resistance of Sliding Door Assemblies, Excluding Glazing Impact.** ASTM - F 842, Philadelphia, 1997.

- [16] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE FACHADAS LIGERAS Y VENTANAS. **Ventanas PVC**, Madrid, 1996.
- [17] COMITÊ BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL. **CE-02:136.01 - Comissão de Estudos - Desempenho de Edificações – Desempenho de edificações habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais, Projeto 02:136.01.001**, Rio de Janeiro, ABNT, 2004.
- [18] __. **Desempenho de edificações habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas, Projeto 02:136.01.001**, Rio de Janeiro, ABNT, 2004.
- [19] __. **Perfis e Janelas de PVC rígido – Requisitos e métodos de Ensaio, Projeto 02:111.04.011**, Rio de Janeiro, ABNT, 2004.
- [20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Forças devidas ao vento em edificações - procedimento**, NBR 6123. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
- [21] __. **Caixilho para edificação – Janela fachada-cortina e porta externa – Verificação da penetração de ar**, NBR6485. Rio de Janeiro, ABNT, 2000.
- [22] __. **Caixilho para edificação – Janela fachada-cortina e porta externa – Verificação da estanqueidade à água**, NBR6486. Rio de Janeiro, ABNT, 2000.
- [23] __. **Caixilho para edificação – Janela fachada-cortina e porta externa – Verificação do comportamento, quando submetido a cargas uniformemente distribuídas**, NBR6487. Rio de Janeiro, ABNT, 2000.
- [24] __. **Projeto, execução e aplicações – vidros na construção civil – procedimento**, NBR 7199. Rio de Janeiro, ABNT, 1988.
- [25] __. **Vidro na construção civil**, NBR 7210. Rio de Janeiro, ABNT, 1988.

[26] **_.** **Caixilho para edificação – janela – terminologia**; NBR 10820. Rio de Janeiro, ABNT, 1989.

[27] **_.** **Caixilho para edificação – janela – especificação**; NBR 10821. Rio de Janeiro, ABNT, 2000.

[28] **_.** **Desempenho de janelas de alumínio em edificação de uso residencial e comercial**; NBR 7202. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.

[29] **_.** **Caixilho para edificação – janela do tipo abrir e pivotante – verificação da resistência às operações de manuseio – método de ensaio**; NBR 10822. Rio de Janeiro, ABNT, 1989 (norma cancelada e substituída).

[30] **_.** **Caixilho para edificação – janela do tipo projetante – verificação da resistência às operações de manuseio – método de ensaio**; NBR 10823. Rio de Janeiro, ABNT, 1989 (norma cancelada e substituída).

[31] **_.** **Caixilho para edificação – janela do tipo tombar – verificação da resistência às operações de manuseio – método de ensaio**; NBR 10824. Rio de Janeiro, ABNT, 1989 (norma cancelada e substituída).

[32] **_.** **Caixilho para edificação – janela do tipo basculante – verificação da resistência às operações de manuseio – método de ensaio**; NBR 10825. Rio de Janeiro, ABNT, 1989 (norma cancelada e substituída).

[33] **_.** **Caixilho para edificação – janela do tipo reversível – verificação da resistência às operações de manuseio – método de ensaio**; NBR 10826. Rio de Janeiro, ABNT, 1989 (norma cancelada e substituída).

[34] **_.** **Caixilho para edificação – janela do tipo de correr – verificação da resistência às operações de manuseio – método de ensaio**; NBR 10827. Rio de Janeiro, ABNT, 1989 (norma cancelada e substituída).

- [35] __. **Caixilho para edificação – janela do tipo guilhotina – verificação da resistência às operações de manuseio – método de ensaio**; NBR 10828. Rio de Janeiro, ABNT, 1989 (norma cancelada e substituída).
- [36] __. **Caixilho para edificação – janela – medição da atenuação acústica – método de ensaio**; NBR 10829. Rio de Janeiro, ABNT, 1989.
- [37] __. **Caixilho para edificação – acústica em edificações – terminologia**; NBR 10830. Rio de Janeiro, ABNT, 1989.
- [38] __. **Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial – janelas – procedimento**; NBR 10831. Rio de Janeiro, ABNT, 1989.
- [39] MATTOS, Deborah Martinez de. **Desenvolvimento de bloco cerâmico de vedação**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1988 (Dissertação de mestrado).
- [40] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered**. ISO 6241, Suíça, 1984.
- [41] SOUZA, R.; TAMAKI, M. R. Especificação e Recebimento de Materiais de Construção. São Paulo, O Nome da Rosa, 2001. p. 55-65.
- [42] TIMOSHENKO, S. P.; GERE, J. E. **Mecânica dos Sólidos**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994. v1.
- [43] TIMOSHENKO, S. P.; GERE, J. E. **Mecânica dos Sólidos 2**. 3ª edição. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1989. v2.

- [44] II ENCONTRO TECNOLOGIA DE SISTEMAS PLÁSTICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, São Paulo, 1997. **Anais**. São Paulo. EPUSP, 1997. p. 134-180.
- [45] UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION. Directives communes pour l'agrément des fenêtres. **Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Batiment 146** (1227), juillet, 1974.
- [46] SOUZA, Roberto de. **A contribuição do conceito de desempenho para a avaliação do edifício e suas partes: aplicação às janelas de uso habitacional**. São Paulo, 1983. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [47] SANDERS, T. R. B. **Objetivos e princípios da normalização**. Rio de Janeiro, ABNT, 1984
- [48] CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Atuação da CAIXA junto aos Programas Setoriais da Qualidade. Disponível em: <<http://www.cef.com.br>>. Acesso em 30 de março de 2005.
- [49] CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo. Programas de Qualidade da CDHU - QUALIHAB. Disponível em: <<http://www.cdhu.sp.gov.br>>. Acesso em 30 de março de 2005.
- [50] PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. Programas Setoriais da Qualidade de Materiais e Serviços. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/pbqp-h>>. Acesso em 30 de março de 2005.
- [51] DERANI, Cristiane. **Estudo Jurídico: Fundamentos Legais do PBQP-Habitat**. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/doc_tecnicos>. Acesso em 14 de abril de 2005.

[52] CNI – Confederação Nacional da Indústria. Disponível em: <http://www.normalizacao.cni.org.br>. Acesso em 15 de abril de 2005.

[53] **Código de Defesa do Consumidor** – Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990.