

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Márcio Cagliari Tosin

**ORIGEM DAS INFILTRAÇÕES DE ÁGUA EM JANELAS DE
ALUMÍNIO E DE PVC EM OBRAS DE UMA CONSTRUTORA
DE PORTO ALEGRE**

Porto Alegre
julho 2011

MÁRCIO CAGLIARI TOSIN

**ORIGEM DAS INFILTRAÇÕES DE ÁGUA EM JANELAS DE
ALUMÍNIO E DE PVC EM OBRAS DE UMA CONSTRUTORA
DE PORTO ALEGRE**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre
julho 2011

MÁRCIO CAGLIARI TOSIN

**ORIGEM DAS INFILTRAÇÕES DE ÁGUA EM JANELAS DE
ALUMÍNIO E DE PVC EM OBRAS DE UMA CONSTRUTORA
DE PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2011

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Universidade de São Paulo
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)
Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria

Profa Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho a minha família: a meus irmãos e especialmente a meus pais, Moacir e Cleide, que sempre me apoiaram durante todo o período do meu Curso de Graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Thirzá Amaral Berquó pelo apoio e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Ruy Alberto Cremonini, orientador deste trabalho, pela atenção, dedicação, e por todo empenho que aplicou para a concretização desse trabalho.

Agradeço à Prof^a Carin Maria Schmitt, coordenadora dessa disciplina, pela dedicação em fazer com que seus alunos compreendessem a importância desse trabalho e conseguissem desenvolvê-lo da melhor forma.

Agradeço ao Eng. Ricardo Santos, pelo apoio e contribuição na realização desse trabalho.

Agradeço à Eng^a Eunice Merlotti, por sua atenção e pelas informações que disponibilizou para o desenvolvimento do trabalho.

Agradeço ao Eng. Paulo Mayorca, pelo apoio e auxílio técnico na realização do trabalho.

O sucesso é uma consequência e não um objetivo.

Gustave Flaubert

RESUMO

TOSIN, M. C. **Origem das Infiltrações de Água em Janelas de Alumínio e de PVC em Obras de uma Construtora de Porto Alegre.** 2011. 66 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Este trabalho apresenta um estudo realizado com a finalidade de descobrir a origem das infiltrações em janelas de alumínio e de PVC empregadas por uma Construtora de Porto Alegre em suas obras: se por falha na instalação ou por problemas nas esquadrias que não atendem aos requisitos mínimos estabelecidos por norma. Nas obras da Construtora, vêm sendo utilizadas predominantemente como fechamento das aberturas esquadrias de alumínio, as quais, a partir de acompanhamento *in loco*, têm apresentado uma incidência significativa de defeitos, principalmente no que se refere à estanqueidade à água. Em vista dessa realidade, a Construtora começou a empregar, nos seus novos empreendimentos, esquadrias de PVC, como tentativa de diminuir o número de defeitos. O objetivo deste estudo foi acompanhar um edifício com esquadrias de alumínio e outro com esquadrias de PVC, a fim de registrar ocorrências de infiltrações de água, avaliando suas causas e, em paralelo, buscar maiores informações técnicas quanto ao atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos por norma pelas janelas dos dois materiais, consultando a Norma 10821, de 2000, e a nova Norma, publicada em janeiro de 2011, que especifica os métodos de ensaio para a avaliação de desempenho e classificação de esquadrias externas para edificações, independentemente do tipo de material. Para tanto, utilizou-se o histórico de ocorrências de defeitos registrados pela Construtora relacionados a esquadrias em suas obras, bem como a coleta de laudos de ensaios de janelas de correr de alumínio e de PVC junto aos seus respectivos fabricantes. Esses laudos foram analisados em consulta à Norma em vigência na época do ensaio, certificando o atendimento das janelas aos requisitos mínimos de desempenho quanto à estanqueidade à água. Desta forma, almejou-se conhecer a origem das infiltrações de água nas janelas estudadas a fim de prevenir a ocorrência deste tipo de defeito em futuras obras.

Palavras-chave: janelas de alumínio, janelas de PVC; estanqueidade à água de esquadrias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: diagrama das etapas de pesquisa.....	18
Figura 2: altura a ser considerada em relação ao ponto mais baixo do terreno (H) e a esquadria mais alta da edificação.....	27
Figura 3: mapa das isopletas da velocidade básica do vento; - V_0 - em m/s.....	28
Figura 4: distribuição % dos defeitos encontrados nos edifícios analisados.....	32
Figura 5: armazenagem das esquadrias de alumínio.....	35
Figura 6: posicionamento do contramarco.....	35
Figura 7: instalação do contramarco.....	35
Figura 8: chumbamento do contramarco.....	36
Figura 9: preparação para instalação da esquadria.....	36
Figura 10: arremates e finalização.....	36
Figura 11: recebimento e armazenagem de esquadrias de PVC.....	37
Figura 12: preparação do vão para recebimento da esquadria.....	38
Figura 13: conferência das medidas do vão.....	38
Figura 14: marcação e ancoragem dos perfis.....	38
Figura 15: preenchimento com espuma de poliuretano.....	38
Figura 16: instalação dos perfis de arremate.....	39
Figura 17: aplicação de silicone.....	39
Figura 18: infiltração verificada na parede ao lado da guarnição.....	42
Figura 19: infiltração verificada na parede abaixo da janela.....	43
Figura 20: detalhe da água no piso junto à janela.....	43
Figura 21: detalhe do escoamento d'água.....	44
Figura 22: infiltração por falha na vedação entre contramarco e peitoril.....	44
Figura 23: infiltração em janela do 17º pavimento.....	45
Figura 24: detalhe do painel de madeira empenado devido à infiltração.....	45
Figura 25: janela de correr padrão do edifício.....	47
Figura 26: janela de correr de alumínio com infiltração.....	48
Figura 27: detalhe da água no piso decorrente da infiltração.....	48
Figura 28: detalhe da marca na parede devido ao escoamento d'água.....	49
Figura 29: formação de bolhas abaixo da janela devido à infiltração.....	50
Figura 30: detalhe da formação de bolhas abaixo da janela.....	50
Figura 31: janela de correr de alumínio quando já iniciados os reparos.....	51
Figura 32: janela de correr de PVC.....	52

Figura 33: janela de PVC recém instalada.....	52
Figura 34: cuidados na instalação – ligação contramarco e peitoril.....	53
Figura 35: especificação da janela de correr de alumínio ensaiada.....	56
Figura 36: especificação da janela de correr de PVC ensaiada.....	58
Figura 37: especificação da porta de correr de PVC ensaiada.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: vantagens e desvantagens dos principais tipos de janelas.....	20
Quadro 2: pressões para ensaio de estanqueidade à água segundo a NBR 10821/2000.....	29
Quadro 3: valores de pressão de vento conforme região do país (mapa das isopletas - figura 3) e número de pavimentos da edificação.....	30
Quadro 4: níveis de desempenho das esquadrias quanto ao seu uso.....	31
Quadro 5: registros de defeitos por motivo feitos até 2009.....	41
Quadro 6: registros de infiltrações de água no edifício com janelas de alumínio.....	47
Quadro 7: resultados obtidos no teste de estanqueidade à água de janela de correr de alumínio.....	57
Quadro 8: resumo dos desempenhos medidos.....	57
Quadro 9: resultados obtidos no teste de estanqueidade à água de porta de correr de PVC.....	60
Quadro 10: resumo dos ensaios de estanqueidade à água em janela de correr de alumínio e de porta de correr de PVC.....	60

LISTA DE SIGLAS

ABCI: Associação Brasileira da Construção Industrializada

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

NBR: norma brasileira

PBQP-H: Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PVC: policloreto de vinila

Secovi-SP: Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação, e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	15
2.2.1 Objetivo Principal	15
2.2.2 Objetivos Secundários	16
2.3 HIPÓTESE	16
2.4 PREMISA	16
2.5 DELIMITAÇÕES	16
2.6 LIMITAÇÕES	17
2.7 DELINEAMENTO	17
3 JANELAS	19
3.1 JANELAS DE MADEIRA	21
3.2 JANELAS DE AÇO	21
3.3 JANELAS DE ALUMÍNIO	22
3.4 JANELAS DE PVC	22
3.5 DESEMPENHO DAS JANELAS.....	23
3.6 ESQUADRIAS EXTERNAS PARA EDIFICAÇÕES: REQUISITOS E CLASSIFICAÇÃO	25
3.6.1 Requisitos	25
3.6.2 Classificação e Desempenho	27
3.6.2.1 Classificação	29
3.6.2.2 Desempenho	31
3.6.3 Aceitação ou Rejeição da Esquadria	32
3.7 DEFEITOS EM JANELAS	32
3.8 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA A INSTALAÇÃO DE JANELAS DE ALUMÍNIO E DE PVC.....	34
3.8.1 Instalação de Janela de Alumínio	34
3.8.2 Instalação de Janela de PVC	37
4 DEFEITOS EM JANELAS EM OBRAS DE CONSTRUTORA EM PORTO ALEGRE	40
4.1 CONSTRUTORA ALVO	40
4.2 DEFEITOS EM JANELAS DE ALUMÍNIO REGISTRADOS HISTORICAMENTE PELA CONSTRUTORA.....	40

4.3 LEVANTAMENTO <i>IN LOCO</i> DE DEFEITOS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM JANELAS DE ALUMÍNIO E DE PVC	46
4.3.1 Levantamento <i>in loco</i> no Edifício com Esquadrias de Alumínio	46
4.3.2 Levantamento <i>in loco</i> no Edifício com Esquadrias de PVC	51
4.3.3 Cuidados na Instalação de Janelas de Alumínio	52
5 ANÁLISE DE LAUDOS DE ENSAIOS DE JANELAS DE CORRER DE ALUMÍNIO E DE PVC	55
5.1 ANÁLISE DE LAUDO DE ENSAIO DE JANELA DE CORRER DE ALUMÍNIO	55
5.2 ANÁLISE DE LAUDO DE ENSAIO DE JANELA E DE PORTA DE CORRER DE PVC	58
6 CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS	64
ANEXO A	65

1 INTRODUÇÃO

Uma esquadria de boa qualidade, instalada da maneira recomendada pelo fabricante e atendendo aos requisitos mínimos de desempenho das Normas vigentes, certamente atenderá às expectativas do usuário. Mas uma situação corriqueira nas obras de uma construtora de Porto Alegre é a incidência de defeitos encontrados nas esquadrias, como, por exemplo, os problemas de infiltração de água.

Devido ao crescimento da indústria da construção civil, com prazos cada vez mais curtos para as construtoras, a execução de uma atividade qualquer, como a da instalação de uma janela, por exemplo, é realizada às pressas. Assim sendo, correm-se grandes riscos desta instalação não ser realizada da maneira correta. Isto se agrava na medida em que o fabricante, também pressionado pela alta demanda de seus produtos, vê-se obrigado a acelerar seu processo de produção, o que pode resultar em produtos de menor qualidade.

Esquadrias de alumínio, PVC, madeira ou aço, podem ser muito eficientes, desde que fabricadas e instaladas com um controle rigoroso de qualidade. Para tanto, devem ser efetuados testes de qualidade destes produtos. Ensaios normatizados podem e devem ser realizados, a fim de confirmar a eficiência, ou não, das esquadrias.

Ter maior conhecimento da esquadria a ser utilizada proporciona ganhos quanto a sua boa utilização. O produto tem seu desempenho confirmado e as suas fragilidades serão melhor administradas em futuras obras. A consequência é um aprimoramento das técnicas de execução e a garantia de menor incidência de defeitos nas esquadrias.

Dessa forma, nesse trabalho, foi analisado qual era o defeito mais recorrente nas esquadrias das obras de uma Construtora. A partir de levantamentos feitos pela própria Empresa, constatou-se que as infiltrações de água eram as ocorrências mais frequentes nas janelas.

Assim, esta pesquisa fundamentou-se na verificação da origem das infiltrações de água encontradas nas janelas de correr de dois materiais, em alumínio e em PVC: se de má instalação ou do não atendimento da esquadria aos requisitos mínimos quanto à estanqueidade à água previstos nas normas técnicas. Isto se deu por meio da verificação de ocorrências de

infiltração de água, em janelas dos dois materiais em edifícios de uma Construtora de Porto Alegre, e da análise de laudos de ensaios normatizados (coletados junto às empresas fabricantes das esquadrias). Os resultados dos ensaios foram comparados com os requisitos mínimos indicados pela Norma vigente na época do ensaio, NBR 10821, de 2000, e a sua compatibilidade com a nova Norma, publicada em janeiro de 2011, NBR 10821-2.

Este trabalho é composto por seis capítulos. Primeiramente, é feita uma apresentação do tema, indicando as razões de sua escolha. No segundo capítulo, são descritas as diretrizes do trabalho (questão de pesquisa, objetivos, hipótese, premissa, delimitações, limitações e delineamento).

O terceiro capítulo é fruto da revisão bibliográfica, sendo comentados os principais tipos de janelas, bem como seus diferentes materiais constituintes e suas características (vantagens e desvantagens). É dada ênfase também as recomendações para melhor especificar o tipo e material da janela de uma edificação. Neste capítulo também são abordadas, numa seção especial, as prescrições da antiga (NBR 10821/2000) e da nova Norma (NBR 10821-2/2011), com os requisitos mínimos de desempenho impostos para as esquadrias externas. Nas duas últimas seções, foram comentados o histórico de defeitos em esquadrias no Brasil e descritas recomendações para uma boa instalação de janelas de alumínio e de PVC.

No quarto capítulo, apresentou-se a Construtora, comentando o histórico de defeitos até então registrados pela mesma destacando os relacionados com infiltrações em esquadrias de alumínio. Neste capítulo também foram apresentados os registros de infiltração de água computados em janelas de alumínio e de PVC no levantamento *in loco* realizado em dois edifícios da Construtora.

No capítulo seguinte foram apresentados e analisados os laudos de ensaios de uma janela de correr de alumínio e outro de uma de PVC, fornecidos pelos mesmos fabricantes das esquadrias empregadas nos edifícios onde se fez o levantamento *in loco*. E o sexto e último capítulo retoma os principais assuntos discutidos ao longo do estudo, salientando pontos importantes e apontando as conclusões alcançadas.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Esta pesquisa foi elaborada com base e orientação no que é descrito nos itens que seguem.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão respondida nesta pesquisa é: considerando-se o defeito mais recorrente registrado nas janelas de correr em alumínio e PVC empregadas nas obras pela Construtora que participa do estudo, qual a sua origem?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

Esta pesquisa teve como objetivo principal a verificação da origem das infiltrações de água encontradas nas janelas de correr de dois materiais, alumínio e PVC, empregadas em obras da Construtora estudada, se de falha na instalação ou do não atendimento aos requisitos mínimos quanto à estanqueidade à água previstos em norma técnica.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) levantamento do defeito mais comum em janelas de correr registrado pela Construtora em estudo em suas obras;
- b) levantamento e análise das infiltrações de água em janelas de correr de alumínio e de PVC registradas em obras da Construtora;
- c) verificação, através de laudos de ensaios normatizados, do atendimento aos requisitos mínimos de desempenho quanto à estanqueidade à água, estabelecidos por norma técnica, de janelas de correr de alumínio e de PVC.

2.3 HIPÓTESE

A hipótese considerada neste estudo é a de que as janelas de correr de alumínio e de PVC instaladas nas obras da Construtora atendem aos requisitos mínimos da norma técnica vigente e que as causas das infiltrações de água registradas nas esquadrias decorrem de falhas na instalação das mesmas.

2.4 PREMISSA

Todos os modelos de esquadrias empregados em uma edificação devem atender aos requisitos mínimos de desempenho prescrito na norma técnica vigente, sendo submetidas aos ensaios normatizados que qualificam seus desempenhos, bem como serem instaladas de acordo com as instruções especificadas pelo fabricante.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimitou-se à verificação da origem das infiltrações de água encontradas nas janelas de correr de dois materiais, alumínio e PVC, empregadas em obras de uma Construtora de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

2.6 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) o levantamento dos registros de infiltrações de água em janelas de alumínio e de PVC foi realizado somente nas obras abordadas na pesquisa, num intervalo de tempo de até um ano a partir de sua instalação;
- b) para a avaliação dos requisitos mínimos de desempenho quanto à estanqueidade à água das janelas prescritos em norma técnica, foram consultados laudos de ensaios normatizados de uma janela de correr de alumínio e de uma porta de correr de PVC, fornecidos pelos mesmos fabricantes das esquadrias instaladas nos edifícios abordados.

2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, as quais estão representadas na figura 1 e descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) definição do tipo de defeito a ser pesquisado nas obras;
- c) levantamento das infiltrações de água em janelas em obras;
- d) análise dos principais casos de infiltrações de água registrados;
- e) coleta de laudos de ensaios junto às empresas fabricantes;
- f) análise de laudos de ensaios;
- g) conclusões.

A pesquisa bibliográfica voltou-se para a análise da antiga, NBR 10821/2000, e da nova Norma, NBR 10821-2, publicada em janeiro de 2011, que especifica os requisitos e classificação de esquadrias externas para edificações. Também foram levantadas maiores informações técnicas sobre os diferentes tipos de janelas e materiais constituintes, bem como recomendações para instalação de janelas de correr de alumínio e de PVC, e sobre como proceder na especificação das janelas para uma edificação.

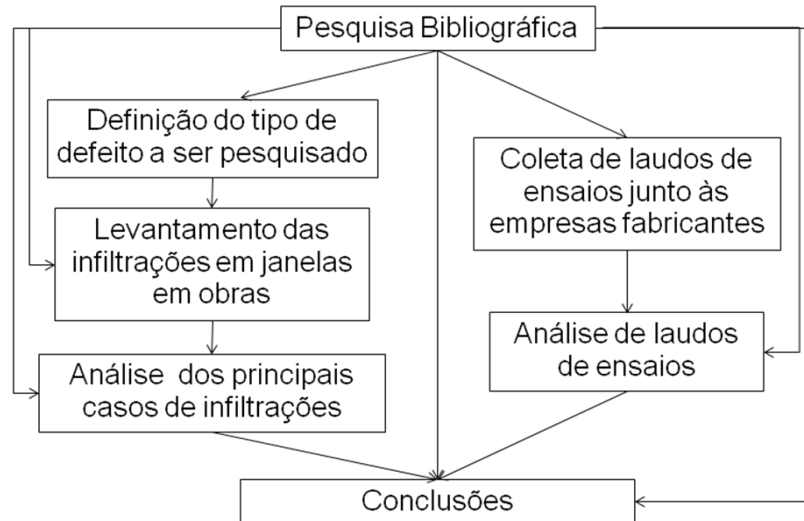


Figura 1: diagrama das etapas de pesquisa

Após a revisão bibliográfica, iniciou-se o desenvolvimento do estudo definindo o tipo de defeito a ser pesquisado nas obras, sendo escolhido aquele que era mais recorrente. Tendo em vista que as infiltrações de água se mostraram as ocorrências mais frequentes nas verificações realizadas nesse estudo, esse foi o defeito escolhido. Então, foram levantados os principais casos de infiltrações encontrados em janelas de correr dos dois materiais estudados, a partir do histórico de ocorrências de vícios registrados em obras já finalizadas e daqueles encontrados no acompanhamento de obras em execução da Construtora (obras que utilizaram esquadrias de alumínio e de PVC). Na sequência, foram analisadas as ocorrências de infiltrações encontradas nas janelas de correr de alumínio e PVC, com base no levantamento da etapa anterior, de forma a descobrir sua origem (se de má instalação ou de fabricação da esquadria).

Numa atividade em paralelo, duas empresas fabricantes de esquadrias, uma de alumínio e outra de PVC, as mesmas que forneceram as esquadrias dos edifícios analisados, foram contatadas com o objetivo de obter laudos de ensaios de janelas de correr. De posse desses laudos, foi feita a análise da conformidade dos seus resultados com os requisitos mínimos prescritos nas normas que regem estes ensaios.

Concluídas as etapas anteriores, foram analisados os resultados do levantamento das infiltrações de água encontradas nas janelas de correr em situações reais em obra e os resultados da avaliação dos laudos dos ensaios dessas janelas dos dois materiais. Assim, foi verificada a origem das infiltrações registradas – se de má instalação ou do não atendimento aos requisitos mínimos quanto à estanqueidade à água previstos em norma técnica –.












3 JANELAS

No mercado existem diversos tipos de janelas de diferentes materiais constituintes, cada um com vantagens e desvantagens. Para se fazer a escolha da janela que irá atender às exigências requeridas em determinada edificação, é preciso conhecer muito bem os diferentes tipos e os prós e contras na escolha de uma janela de madeira, de PVC ou metálica.

O tipo de janela e o material de que ela é composta irão determinar algumas características que influenciarão no seu desempenho final quanto à resistência à corrosão, estanqueidade à água e permeabilidade ao ar, por exemplo. A melhor escolha do tipo e material dependerá do que o usuário final esperará desta janela.

Com essa grande variedade, no momento de selecionar esquadrias para um empreendimento, opções não faltam às construtoras e projetistas, e isso é justamente o que preocupa. A diversidade do mercado abrange também diferentes níveis de qualidade, até produtos que não atendem aos requisitos mínimos da Norma (MENDES, 2006, p. 58). No quadro 1 são listados os diferentes tipos de janelas com suas respectivas vantagens e desvantagens.

Quanto aos materiais constituintes das janelas, podem-se destacar os seguintes: aço, alumínio, madeira e PVC. Nos próximos itens serão descritas algumas características de cada um desses materiais, bem como dos seus empregos na fabricação de esquadrias. Em seguida é comentada a determinação do desempenho de janelas, a partir das características próprias de cada uma. Após, são apresentados os requisitos e classificação de esquadrias externas para edificações de acordo com a NBR 10821/2000 e a nova Norma NBR 10821-2 e, na sequência, é discutida a ocorrência de defeitos em janelas em obras no Brasil. Por fim, são descritas algumas recomendações técnicas referentes à instalação de janelas de alumínio e de PVC.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS TIPOS DE JANELAS MAIS UTILIZADOS		
Tipos	Vantagens	Desvantagens
Correr 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Simplicidade de manobra 2) Ventilação regulada conforme abertura das folhas 3) Não ocupa áreas internas ou externas (possibilidade de grades e/ou telas no vão total) 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Vão para ventilação quando aberta totalmente a 50% do vão da janela 2) Dificuldade de limpeza na face externa 3) Vedações necessárias nas juntas abertas
Guilhotina 	<ol style="list-style-type: none"> 1) As mesmas vantagens da janela tipo de correr caso as folhas tenham sistemas de contrapeso ou sejam balanceadas, caso contrário as folhas devem ter retentores no percurso das guias nos montantes do marco 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Caso as janelas tenham sistemas de contrapeso ou de balanceamento, a quebra dos cabos ou a regulagem do balanceamento constitui problemas 2) As desvantagens já citadas das janelas de correr
Projetante 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Não ocupa espaço interno 2) Possibilita ventilação nas áreas inferiores do ambiente, mesmo com chuva sem vento 3) Boa estanqueidade, pois a pressão do vento sobre a folha ajuda esta condição 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Dificuldade de limpeza na face externa 2) Não permite o uso de grades e/ou telas na parte externa 3) Libera parcialmente o vão
Projetante Deslizante 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Todas as vantagens da janela tipo projetante 2) Possibilidade de abertura até 90° (horizontal) devido aos braços de articulação apropriados 3) A abertura na parte superior facilita a limpeza e melhora a ventilação 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Todas as desvantagens da janela tipo projetante quando não utiliza braço de articulação de abertura até 90°
Tombar 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ventilação boa principalmente na parte superior, mesmo com chuva sem vento 2) Facilidade de comando à distância 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Não libera o vão 2) Dificuldade de limpeza na parte externa
Abrir Folha dupla  Abrir Folha simples 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Boa estanqueidade ao ar e à água 2) Libera completamente o vão na abertura máxima 3) Fácil limpeza na face externa 4) Permite telas e/ou grades e/ou persianas quando as folhas abrem para dentro 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ocupa espaço interno caso as folhas abram para dentro 2) Não é possível regular a ventilação 3) As folhas se fixam apenas na posição de máxima abertura ou no fechamento total 4) Dificultam a colocação de tela e/ou grade e/ou persiana se as folhas abrirem para fora 5) Impossibilidade de abertura para ventilação com chuva oblíqua
Pivotante horizontal (reversível) (*) 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Facilidade de limpeza na face externa 2) Ocupa pouco espaço na área de utilização 3) Quando utiliza pivôs com ajuste de freio, permite abertura a qualquer ângulo para ventilação, mesmo com chuva sem vento, tanto na parte superior quanto na parte inferior 4) Possibilita a movimentação de ar em todo o ambiente 	<ol style="list-style-type: none"> 1) No caso de grandes vãos necessita-se de uso de fechos perimétricos 2) Dificulta a utilização de telas e/ou grades e/ou persianas
Pivotante vertical (*) 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Facilidade de limpeza na face externa 2) Abertura de grandes dimensões com um único vidro 3) Abertura em qualquer ângulo quando utiliza pivôs com ajuste de freio, o que permite o controle da ventilação 4) Possibilita a movimentação de ar em todo o ambiente. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Dificuldade de utilização de telas e/ou grades e/ou persianas 2) Ocupa espaço interno caso o eixo seja no centro da folha
	(*) O eixo pivotante pode ser localizado no meio do plano da folha ou mais próximo de uma de suas bordas	
Basculante 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Janela que permite ventilação constante, mesmo com chuva sem vento, na totalidade do vão, caso não tenha panos fixos 2) Pequena projeção para ambos os lados não prejudicando as áreas próximas a ela 3) Fácil limpeza 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Não libera o vão para passagem total 2) Reduzida estanqueidade
Ribalta abrir e tombar 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Devido às possibilidades de abrir e tombar permite amplo controle da ventilação 2) Boa estanqueidade ao ar e à água 3) Facilidade de limpeza 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Necessidade de grande rigidez no quadro da folha para evitar deformações 2) Acessórios de custo mais elevado

Quadro 1: vantagens e desvantagens dos principais tipos de janelas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 12)

3.1 JANELAS DE MADEIRA

A madeira é a primeira matéria-prima utilizada na fabricação de esquadrias, com processamento que exige baixo consumo de energia e ferramentas simples (FERNANDES, 2004, p. 52). Possui boa resistência e rigidez em relação ao seu peso, bem como excelentes propriedades térmicas (BECKETT; GODFREY, 1978, p. 166).

A utilização de esquadrias de madeira apresenta diversas vantagens, haja vista sua resistência a esforços de compressão e de tração na flexão, a substâncias químicas inorgânicas e a choques e esforços dinâmicos. Além disso, apresenta bom isolamento térmico e acústico. Contudo, podem ser apontadas como desvantagens a degradação de suas propriedades em decorrência do sol e da umidade, a limitação de suas dimensões e a deterioração pela ação de agentes externos, tais como insetos e fungos (FERNANDES, 2004, p. 59).

3.2 JANELAS DE AÇO

Muito presente no nosso cotidiano, o aço é um dos produtos mais versáteis desenvolvidos pelo homem, aparecendo como principal material constituinte de geladeiras, fogões, automóveis, estruturas dos edifícios, etc. No que se refere a esquadrias, o aço veio substituir com vantagens os antigos caixilhos de ferro. As portas e janelas fabricadas em aço possuem condições de resistência e de desenvolvimento tecnológico capazes de concorrer em igualdade com outras matérias-primas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 48).

Um dos principais problemas relativo às janelas de aço é a corrosão. Para evitá-la, as chapas que compõem as esquadrias passam por tratamentos de superfície, a fim de dispensar a manutenção e pintura frequentes. A adição de cobre ao aço (Aço COR), assim como a galvanização com zinco, aumentam a resistência ao processo corrosivo (SOUZA, 2010, [p. 4]).

Todavia, para garantir o bom desempenho da esquadria a longo prazo, o consumidor final deverá seguir as orientações de limpeza, para evitar o início da oxidação, favorecida pelo acúmulo de sujeira. Ocorrido o problema, o mesmo pode ser eliminado com um lixamento do local e a repintura da janela (SOUZA, 2010, [p. 5]).

3.3 JANELAS DE ALUMÍNIO

O alumínio começou a ser utilizado na fabricação de janelas como componente das esquadrias de aço. Somente a partir da década de 1960 houve o aprimoramento da tecnologia de extrusão, permitindo o fabrico das esquadrias de alumínio. Hoje, ele ocupa uma fatia expressiva do mercado de esquadrias, devido a sua versatilidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 62).

As esquadrias de alumínio são de fácil conservação, não necessitando de raspagens e pinturas periódicas, além de aliar a leveza do material a uma grande resistência mecânica, boa durabilidade e estabilidade dimensional. Apresenta facilidade de transporte e colocação, bem como garante uma boa resistência à ação das intempéries e de agentes agressivos naturais. Ainda, permite uma grande diversidade de formas e acabamentos na fabricação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 65).

3.4 JANELAS DE PVC

Há pouco tempo no mercado brasileiro, as janelas de PVC vêm aparecendo como um material de qualidade por apresentar bom desempenho quanto à estanqueidade, boa performance térmica e acústica, instalação ágil, durabilidade e fácil manutenção. Desde 1980 no Brasil, a esquadria de PVC nunca foi a primeira opção dos construtores pelo seu custo elevado, porém a atuação de empresas européias e norte-americanas nos mercados emergentes tende a difundir seu uso em nosso país (NAKAMURA, 2009, p. 64).

O uso das esquadrias de PVC apresenta bons resultados, graças à grande aplicabilidade do material e sua boa resistência mecânica, além de se adaptar a quaisquer condições climáticas, oscilações de temperatura ou umidade, mantendo a estabilidade dimensional, vedando e resistindo satisfatoriamente a cargas de vento e chuva (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 88). Normalmente, os problemas nestas esquadrias ocorrem por não conformidade intencional do produto, pela redução proposital da espessura dos perfis, da presença de almas e do tamanho dos perfis, que acarretam a diminuição da resistência mecânica das janelas, como modo de diminuir os custos de

produção, podendo também haver deficiências no projeto e no dimensionamento (NAKAMURA, 2009, p. 66).

Dessa forma, a engenheira Vera Hachich¹ recomenda (NAKAMURA, 2009, p. 66):

[...] atenção ao detalhamento dos projetos, em especial no que diz respeito às especificações da drenagem e dos selantes.

[...] evitar folgas ou frestas entre o caixilho e a parede. As esquadrias de PVC podem ser instaladas por meio de ancoragem direta na alvenaria com a utilização de grapas, fixação direta nos vãos acabados, com parafusos e buchas e, ainda, com contramarcos instalados por meio de grapas ou parafusos, anteriormente aos caixilhos.

As esquadrias de PVC, se seguidas as recomendações descritas acima, podem atingir altos índices de absorção sonora e de resistência mecânica.

3.5 DESEMPENHO DAS JANELAS

A determinação do perfil de desempenho das janelas considera vários parâmetros funcionais característicos do tipo e material. Pela simultaneidade de funções que as janelas apresentam esta análise se torna difícil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991).

De acordo com a NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008, p. 9), que trata do desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, a avaliação de desempenho presta-se para a análise da adequação ao uso de um sistema ou de um processo construtivo destinado a cumprir uma função. Dessa forma, realiza-se uma investigação sistemática, a fim de produzir uma interpretação objetiva sobre o comportamento esperado do sistema conforme as condições de uso previamente definidas. Portanto, a avaliação de desempenho envolve o conhecimento científico sobre cada aspecto funcional de uma edificação (materiais e técnicas de construção), bem como sobre as diversas exigências dos usuários.

¹ Gerente técnica de programas da qualidade da empresa Tesis.

A definição do perfil de desempenho objetiva analisar as variadas exigências de desempenho que a janela tem de atender para uma certa obra, permitindo a comparação entre produtos de forma completa, e não somente a tradicional análise do custo de aquisição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 18). Fernandes (2004, p. 91), propõe as principais variáveis de desempenho que influenciarão na formulação do perfil da janela. São elas:

- a) **resistência:** resistência à deformação, à carga de vento, ao uso, ao fogo, contra roubo e vandalismo;
- b) **técnico – funcional habitabilidade:** relacionado à funcionalidade, iluminação natural, ventilação natural, isolamento térmico e acústico;
- c) **estanqueidade:** estanqueidade à água de chuva, ao ar, à poeira e insetos;
- d) **acessibilidade e ergonômico:** acessibilidade aos comandos, facilidade de movimentação e manutenção;
- e) **estético:** adequação ao conjunto arquitetônico, ordem, complexidade, forma, superfície e cor;
- f) **econômico (manutenção):** custo de limpeza, custo de reposição de peças, economia de energia elétrica e economia de uso de inseticidas;
- g) **exigências de interesse ecológico:** sustentável e reciclável.

O bom desempenho e a durabilidade das janelas ao longo do tempo são garantidos pelo controle de qualidade, o qual se realiza em três momentos: no projeto, na produção e na instalação. Este controle de qualidade é efetuado conforme as condições de desempenho preconizadas na NBR 10821/1989² (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 166). Na próxima seção, será abordada a última versão da NBR 10821, publicada em janeiro de 2011. Ao longo desta vão aparecer comentários sobre os itens que foram acrescentados em comparação com a versão anterior NBR 10821/2000.

² Primeira versão dessa Norma.

3.6 ESQUADRIAS EXTERNAS PARA EDIFICAÇÕES: REQUISITOS E CLASSIFICAÇÃO

Nos próximos itens serão comentados os requisitos, classificação e desempenho das esquadrias, bem como os critérios para sua aceitação ou rejeição, conforme a Norma NBR 10821-2: Esquadrias Externas para Edificações - Parte 2: Requisitos e Classificação, publicada em janeiro de 2011, com validade a partir de 11 de fevereiro de 2011, bem como são estabelecidas algumas comparações entre esta nova versão da Norma com a anterior NBR 10821/2000.

3.6.1 Requisitos

No capítulo 4 da nova versão da Norma, são definidos os requisitos para as esquadrias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 2):

4.1 Materiais

A esquadria deve ser fornecida com todos os componentes necessários ao seu funcionamento e características do produto ensaiado, conforme projeto.

4.1.1 Os componentes devem ser de materiais compatíveis com aquele utilizado na fabricação da esquadria atendendo às Normas específicas de cada componente e não podem sofrer alterações químicas, físicas ou mecânicas que prejudiquem o seu desempenho durante os ensaios previstos nesta Norma.

4.1.2 Os contatos bimetálicos devem ser evitados. Caso eles existam, deve-se prever isolamento ou utilização de materiais cuja diferença de potencial elétrico não ocasione corrosão galvânica. Como exemplo, pode-se utilizar o alumínio em contato com aço inox austenítico.

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

Todos esses itens constam também na versão anterior da Norma, com exceção do 4.1.2 que fala dos cuidados que se deve ter nos contatos bimetálicos. A NBR 10821/2000, nos requisitos específicos para **esquadrias de alumínio**, cita somente a NBR 12609 como Norma a ser consultada, enquanto que a nova versão diz que os perfis “[...] devem ser protegidos por anodização ou pintura, conforme especificado nas Normas NBR 12609³, NBR 12613⁴ e NBR

³ Norma técnica sobre tratamento de superfície do alumínio e suas ligas (anodização para fins arquitetônicos - requisitos), de agosto de 2009.

14125⁵.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 2). Quanto às **esquadrias de PVC**, a nova Norma fala que elas “[...] devem atender aos requisitos quanto ao material da UNE-EN 12608⁶ que trata da especificação dos perfis para a fabricação de janelas e portas.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 3). A versão anterior de 2000, nada fala a respeito de esquadrias de PVC.

Na sequência estão listados outros requisitos que também devem ser verificados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 3-4):

4.6 Fechamentos com vidro

No caso de fechamentos com vidro, sem montante estrutural, devem ser utilizados vidros em conformidade com a ABNT NBR 7199⁷. Os vidros empregados devem atender às normas específicas.

4.6.1 Os vidros empregados na esquadria devem atender a ABNT NBR 7199.

4.6.2 Podem ser utilizados outros materiais no lugar do vidro, desde que atendam os requisitos desta Norma.

4.7 Amostragem

A amostragem de lotes para a inspeção da produção fica a critério das partes, que podem se reportar à ABNT NBR 5426⁸.

4.8 Informações do fabricante

O fabricante de esquadrias deve fornecer informação sobre o produto ao contratante, através de uma das seguintes opções:

- a) catálogos, projetos ou certificados;
- b) etiquetas fixadas na esquadria ou marcação indelével, da marca ou logomarca do produto.

Em ambos os casos, devem ser informados o nome ou logomarca do fabricante, o número desta Norma, a pressão máxima de carga de vento que a esquadria resiste, bem como a sua classificação e desempenho.

⁴ Norma técnica sobre tratamento de superfície do alumínio e suas ligas (determinação da selagem de camadas anódicas – método de absorção de corantes), de novembro de 2006.

⁵ Norma técnica sobre tratamento de superfície do alumínio e suas ligas (revestimento orgânico para fins arquitetônicos – requisitos), de março de 2009.

⁶ Norma técnica espanhola sobre perfis de policloreto de vinilo (PVC-U) para o fabrico de janelas e portas (classificação, requisitos e métodos de ensaio), de novembro de 2003.

⁷ Norma técnica sobre projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil, de novembro de 1989.

⁸ Norma técnica sobre planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos, versão corrigida em outubro de 1989.

Sugere-se descrição adicional, de forma clara, do uso ao qual a esquadria se destina, conforme exemplo do Anexo A⁹.

4.9 Altura da esquadria

A altura da esquadria em relação ao solo deve ser considerada, para efeito de cálculo, para a determinação das pressões de ensaio de cargas uniformemente distribuídas e das pressões de ensaio de estanqueidade à água. Quando houver edifícios com desnível, deve ser considerada a diferença de cota em relação ao ponto mais baixo do terreno e a esquadria mais alta da edificação, como parâmetro de cálculo, conforme Figura [...] [2].

4.10 Instalação da esquadria

A instalação da esquadria deve estar conforme instrução do fabricante, constante no manual de instalação ou no projeto.

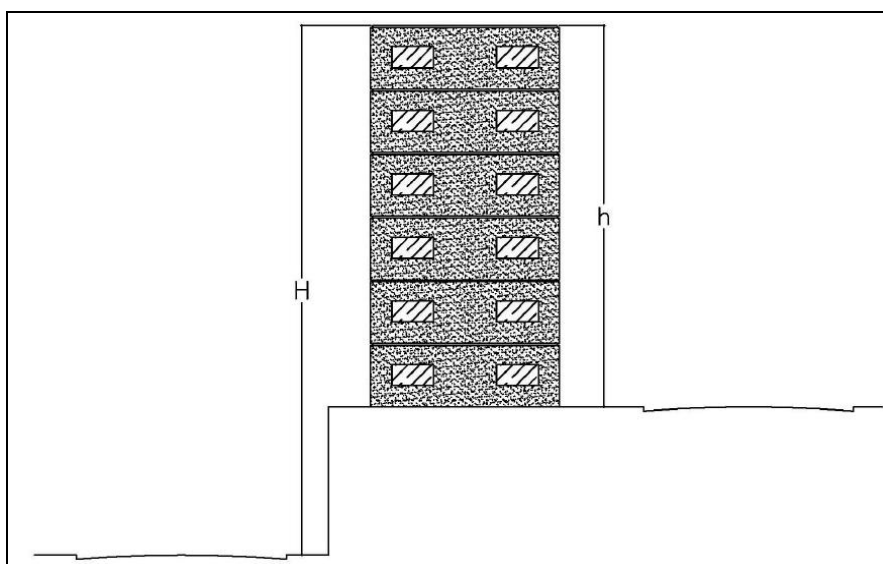


Figura 2: altura a ser considerada em relação ao ponto mais baixo do terreno (H) e a esquadria mais alta da edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 4)

Todos os itens de 4.6 a 4.10 da NBR 10821-2/2011, também são abordados na versão anterior. O que foi acrescido na nova versão foi a ilustração apresentada pela figura 2.

3.6.2 Classificação e Desempenho

Quanto à classificação e desempenho houve grandes mudanças da nova Norma em relação à versão anterior. Na NBR 10821/2000, para os requisitos de desempenho das janelas eram

⁹ Vide Anexo A da Norma e deste projeto de pesquisa.

estabelecidas quatro categorias de edifício que conseqüentemente eram relacionadas a quatro classes de utilização. São elas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 3):

- **classe normal:** são janelas que serão instaladas em edifícios de caráter residencial ou comercial simples de até dois pavimentos;
- **classe melhorada:** são janelas que serão instaladas em edifícios de caráter residencial ou comercial de até quatro pavimentos ou 12 m de altura;
- **classe reforçada:** são janelas que serão instaladas em edifícios de caráter comercial pesado ou edifícios residenciais que possuam cinco ou mais pavimentos;
- **classe excepcional:** janelas que serão instaladas em edifícios de arquiteturas especiais (shoppings, indústrias, hospitais, etc.).

Nos ensaios para a determinação da estanqueidade à água a NBR 10821/2000 especifica que (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 4):

4.3.2 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 (ver figura [...] [3]) onde é utilizada, conforme indicado na tabela 2 (quadro 2 deste trabalho).

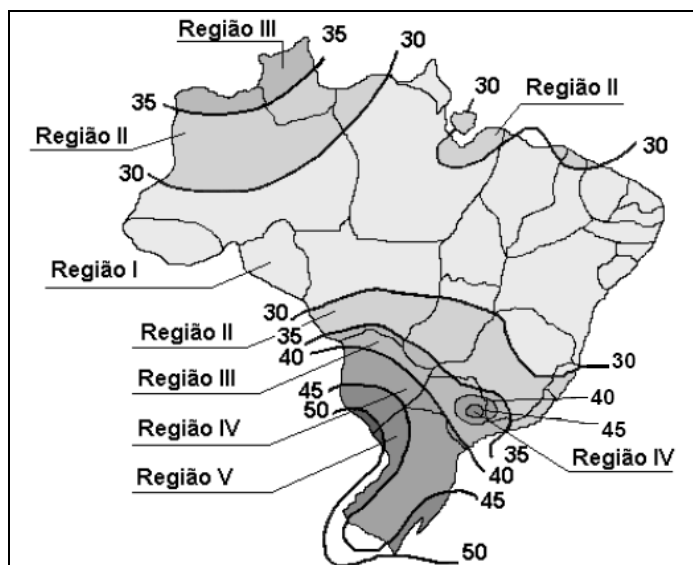


Figura 3: mapa das isopletas da velocidade básica do vento (V_0 em m/s) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS¹⁰, 1988, apud ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 5)

¹⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123:** forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

Classe de utilização	Região do País	Pressão de ensaio de estanqueidade à água - Pressão de projeto de vento - $P_p \times 0,15$ (Pa)
Residencial unifamiliar ou comercial simples - até dois pavimentos Normal	I	40
	II	60
	III	80
	IV	100
	V	120
Residencial ou comercial até quatro pavimentos ou 12 m Melhorada	I	60
	II	90
	III	120
	IV	150
	V	180
Comercial pesada ou edifícios residenciais com mais de cinco pavimentos Reforçada	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
Arquiteturas especiais (shopping, indústrias, hospitais, etc.) Excepcional	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

Quadro 2: pressões para ensaio de estanqueidade à água segundo a NBR 10821/2000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 5)

Nos próximos itens, são apresentados os requisitos referentes à classificação e desempenho das esquadrias, segundo a Norma 10821-2/2011 da ABNT.

3.6.2.1 Classificação

Como é indicado na Norma, os requisitos de classificação das esquadrias em edifícios de caráter residencial ou comercial, são no mínimo os estabelecidos para as cinco classes em relação ao número de pavimentos e à altura da edificação. As pressões de ensaio a serem adotadas estão indicadas no quadro 3 e na figura 3, considerando-se sempre o último pavimento da edificação onde as esquadrias estiverem instaladas, e estes valores devem ser mantidos para todos os pavimentos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 6).

Nas situações descritas a seguir, a NBR 6123¹¹ (figura 3) deve ser consultada para a determinação da pressão de projeto (P_p) e pressão de ensaio (P_e), prevalecendo como mínimo os valores do quadro 3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 6):

- a) edifícios em que as esquadrias não sejam instaladas na posição vertical;
- b) edifícios de forma não retangular;
- c) edifícios com especificações, localização, necessidades e exigências especiais de utilização;

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

Quadro 3: valores de pressão de vento conforme região do País (mapa das isopletas figura 3) e número de pavimentos da edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 7)

¹¹ Norma técnica sobre forças devidas ao vento em edificações, versão corrigida em dezembro de 1990.

Importa lembrar que, para o cálculo da pressão de segurança (P_s) multiplica-se uma vez e meia (1,5) a pressão de ensaio (P_e). Já para o cálculo da pressão de água (P_a) utiliza-se 20% do valor obtido na pressão de projeto (P_p).

3.6.2.2 Desempenho

As esquadrias recebem uma qualificação de nível de desempenho (mínimo, intermediário ou superior) de acordo com seu comportamento nos testes realizados nos ensaios. A caracterização de um nível de desempenho requer o atendimento de todos os seus requisitos técnicos. O quadro 4 mostra os níveis de desempenho a serem seguidos pelas esquadrias em diversos itens.

Para a avaliação da estanqueidade à água, foco deste trabalho, segundo a nova Norma, a janela não deve apresentar vazamentos que provoquem o escoamento de água pelas paredes sobre as quais esteja fixada. Essa verificação ocorre com a exposição da janela a uma vazão mínima de água de 2 L/min por cada bico e às pressões de ensaio correspondentes às regiões do Brasil onde será utilizada, conforme indicado na figura 3 e no quadro 3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 11).

Ensaio	Desempenho		
	Mínimo (M)	Intermediário (I)	Superior (S)
Permeabilidade ao ar	Ver figura do Anexo B da Norma	Ver figura do Anexo B da Norma	Ver figura do Anexo B da Norma
Estanqueidade à água	Passagem de água na face interna da esquadria, sem molhar o peitoril ou a face interna da parede	Presença de água restrita ao perfil inferior, com escoamento para o lado externo sem molhar o peitoril ou a face interna da parede.	Sem presença de água no interior da esquadria, inclusive marco inferior.
Resistência às cargas de vento	Vide valores de pressão de acordo com altura da edificação e região do País da edificação – Quadro 2 deste trabalho		
Operações de manuseio	Esforço aplicado conforme ABNT NBR 10821-3, com avaliação da deformação residual obtida		
Segurança nas operações de manuseio	Esforço aplicado conforme ABNT NBR 10821-3, sem avaliação da deformação obtida, apenas da ruptura e queda de componentes da esquadria		

Quadro 4: níveis de desempenho das esquadrias quanto ao seu uso (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p. 8)

3.6.3 Aceitação ou Rejeição da Esquadria

A NBR 10821/2000 não possui um item específico que trata a aceitação ou rejeição da esquadria após o ensaio. Este item apenas aparece na nova versão da Norma NBR 10821-2/2011. Nele é dito que o modelo ou tipo de esquadria que não atender a qualquer um dos requisitos da Norma descritos deverá ser rejeitado, portanto é necessário que ele atenda a todos os requisitos impostos. Ainda como novidade da nova Norma sugere-se a descrição adicional do uso ao qual a esquadria se destina. Essas informações devem ser apresentadas como o exemplo mostrado no Anexo A.

3.7 DEFEITOS EM JANELAS

Defeitos ou vícios em esquadrias cada vez mais são verificados nas obras em São Paulo, atualmente. Segundo uma pesquisa coordenada pelo Secovi-SP (Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação, e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo), foram levantados defeitos de diversas naturezas em 52 edifícios de 8 construtoras de São Paulo, dentre os quais foram registrados aproximadamente 16% relacionados à esquadrias, sendo 8% referentes a esquadrias de alumínio e 8% a esquadrias de madeira (BLANCO, 2007, p. 29). O gráfico da figura 4 apresenta os resultados da pesquisa.



Figura 4: distribuição % dos defeitos encontrados nos edifícios analisados (BLANCO, 2007, p. 29)

Essa quantidade de incidência de defeitos é significativa e a ela deve ser dada a devida importância. Identificar a origem do problema é fundamental para que se possa definir a melhor ação a ser tomada. É preciso saber se o que ocasionou o defeito na esquadria foi um erro de projeto ou de execução na obra. Conforme Ercio Thomas¹², as origens dos vícios construtivos, em mais de 50% estão relacionados à falhas de projeto e, aproximadamente, 25% relacionados à falhas na execução da obra (BLANCO, 2007, p. 29).

Antigamente, nas edificações convencionais, não havia uma fiscalização ou um grau de exigência maior quanto aos requisitos mínimos de desempenho que as esquadrias de alumínio instaladas nas edificações deveriam ter. Era comum que elas apresentassem defeitos, principalmente nos quesitos de vedação à água e deformidade dos perfis, que não aguentavam esforços mecânicos. A qualidade na fabricação de esquadrias começou a ser levada mais a sério quando passou a vigorar o Programa Setorial da Qualidade, do PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat). O objetivo era de conscientizar os fabricantes e usuários de esquadrias de alumínio da importância delas estarem em conformidade com as normas técnicas. No começo do programa eram exigidos somente alguns itens da norma, mas atualmente, todos os quesitos deverão ser atendidos (ANTUNES, 2004, p. 189).

A eficiência das medidas para controle do desempenho das esquadrias de alumínio do Programa Setorial da Qualidade é verificada por Carlos Yamamoto, engenheiro coordenador dos programas de qualidade de esquadrias de alumínio e PVC da empresa Tesis (Tecnologia de Sistemas em Engenharia). Segundo ele, no início do Programa, em 2001, das esquadrias das empresas participantes, 37,5% foram reprovadas quanto à resistência à flexão. Já em 2003, 100% das esquadrias das empresas foram aprovadas neste item. No quesito estanqueidade à água, em 2001, 62,5% das janelas das empresas participantes do Programa receberam aprovação, enquanto que em 2003, todas foram aprovadas (ANTUNES, 2004, p. 191).

Para Carlos Yamamoto (ANTUNES, 2004, p. 191), o controle rigoroso na instalação é peça fundamental para se eliminar problemas de desempenho das esquadrias. A boa instalação evita problemas em praticamente todas as exigências, como segurança, habitabilidade,

¹² Pesquisador do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo).

durabilidade e qualidade dos acessórios e dos dispositivos complementares de estanqueidade. Quando há falhas na instalação podem ocorrer:

- a) penetração de água para o interior da unidade por meio de frestas ou juntas mal vedadas da janela;
- b) deformações no perfil de marco, quando não se tem o controle do material utilizado para a calafetação entre a parede e o marco;
- c) mal funcionamento das janelas (operações de manuseio) e infiltração de água pela esquadria, podem ocorrer por desvios de esquadro, nível ou prumo.

Especificamente sobre a infiltração de água pela esquadria, Yamamoto destaca que podem resultar as seguintes patologias: fissuras nas paredes, eflorescências, bolhas na pintura, manchas na parede, esboroamento da pintura, diminuição do conforto acústico e térmico (ANTUNES, 2004, p. 191).

3.8 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA A INSTALAÇÃO DE JANELAS DE ALUMÍNIO E DE PVC

São descritas nos próximos itens algumas recomendações técnicas que devem ser levadas em consideração na instalação de janelas de alumínio e de PVC.

3.8.1 Instalação de Janela de Alumínio

Para a boa instalação de esquadrias de alumínio, recomendam-se cuidados especiais em todas as etapas da instalação, desde a armazenagem até os arremates finais. As esquadrias devem ser entregues em embalagens individuais, e o armazenamento deve ser feito sobre calços posicionados nas extremidades do vão e devem estar dispostas na posição vertical, em local seco e coberto, como mostrado na figura 5 (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 16).



Figura 5: armazenagem das esquadrias de alumínio (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 16)

O vão que receberá a esquadria deve ter folga suficiente para permitir o chumbamento posterior. Por exemplo, esquadrias de 60 cm x 60 cm são instaladas em vãos de 64 cm x 64 cm (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 16).

O contramarco deve ser posicionado a partir da prumada da fachada. A sua instalação é iniciada após cuidadosa conferência do nível e prumo (figura 6), quando então são fixados os perfis do contramarco (figura 7). Para tanto, são utilizadas grapas instaladas a cada 50 cm a partir do ponto onde se dará a fixação da esquadria (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 16). Estes perfis serão o anteparo entre esquadria e alvenaria.



Figura 6: posicionamento do contramarco (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 16)



Figura 7: instalação do contramarco (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 16)

Para o chumbamento do contramarco (figura 8), a recomendação é de que se faça com argamassa de cimento e areia, traço 1:3, a qual precisa preencher completamente as reentrâncias (figura 9). Esta medida objetiva evitar infiltração de água da chuva e formação de

bolor na parede do peitoril, patologias que geralmente decorrem de falhas nessa etapa da instalação da esquadria (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 17).



Figura 8: chumbamento do contramarco (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 17)



Figura 9: preparação para instalação da esquadria (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 17)

Antes de instalar a esquadria no contramarco, é preciso verificar se os perfis estão limpos e em esquadro. É recomendável, para a garantia da estanqueidade, a colagem de uma fita de borracha de vedação (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 17).

Por fim, para calafetagem entre a esquadria e o contramarco, é preciso o preenchimento com um cordão de silicone, conforme a figura 10. Depois de todas essas etapas, a janela então pode ser instalada, sendo parafusada, juntamente com as presilhas de fixação dos arremates (perfis de acabamento, persianas, etc.). Por fim, realiza-se a inspeção (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 17).



Figura 10: arremates e finalização (INSTALAÇÃO..., 2010a, p. 17.)

3.8.2 Instalação de Janela de PVC

Os cuidados na instalação das esquadrias devem começar logo na armazenagem, momento no qual as peças devem ficar na posição vertical, recostadas na parede e sob calços de madeira, sempre apoiando a menor na maior, consoante a figura 11 (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 20). É recomendável que a esquadria seja recebida um pouco antes de ser instalada, de preferência quando os vãos já estão pintados ou revestidos.

O vão que receberá a esquadria deve ter folgas de 10 mm na largura e 5 mm na altura, para facilitar o encaixe e prever a dilatação do perfil de PVC (figura 12) . Na instalação de janela de PVC, não é necessária a utilização de contramarco. É preciso que o vão esteja com as dimensões exatas, de acordo com o projeto e com caimento de 5 mm para o peitoril. Assim, a verificação do esquadro e do nivelamento deve levar em conta a largura, a altura e o comprimento das diagonais (figura 13). Caso o vão não esteja no quadro, deve-se tomar como base a menor medida (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 20).



Figura 11: recebimento e armazenagem de esquadrias de PVC (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 20)



Figura 12: preparação do vão para recebimento da esquadria (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 20)



Figura 13: conferência das medidas do vão (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 20)

Antes da ancoragem dos perfis (figura 14), é necessário, com as cunhas nas extremidades da altura e da largura da esquadria, verificar o nível e prumo, e se o perfil está alinhado e sem curvas. Na perfuração dos marcos pode ser utilizada bucha de náilon ou parafuso de fixação direta, sempre a 150 mm dos cantos, com espaçamento máximo de 700 mm (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 21).

Na fixação e vedação da janela, após parafusar as folhas, posicionar os encaixes de vedação e umedecer os vãos para melhorar a aderência e acelerar o processo de cura. Após, faz-se o preenchimento da junção entre parede e perfil com espuma de poliuretano, conforme a figura 15 (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 21).



Figura 14: marcação e ancoragem dos perfis (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 21)



Figura 15: preenchimento com espuma de poliuretano (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 21)

Na instalação dos perfis de arremate, deve-se marcar o ponto de instalação no perfil do marco, utilizando gabarito e lápis (figura 16). Em seguida, para o corte com a serra, realiza-se a medição justa de altura e largura da esquadria entre os pontos demarcados (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 21).

A aplicação de silicone é utilizada para fixação dos perfis de arremate no marco, entre os dois perfis e do lado externo (figura 17). Também é empregado entre a esquadria e a alvenaria, para garantir estanqueidade e vedação (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 21).



Figura 16: instalação dos perfis de arremate (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 21)



Figura 17: aplicação de silicone (INSTALAÇÃO..., 2010b, p. 21)

4 DEFEITOS EM JANELAS EM OBRAS DE CONSTRUTORA EM PORTO ALEGRE

Nos próximos itens será brevemente apresentada a Construtora alvo da pesquisa, serão descritas as principais ocorrências de defeitos registrados em janelas de correr, ao longo do tempo por essa empresa, e no levantamento realizado durante o desenvolvimento desse trabalho. Será justificada a escolha do tipo de defeito pesquisado no levantamento *in loco* realizado e uma breve análise de cada ocorrência registrada.

4.1 CONSTRUTORA ALVO

A Construtora escolhida para o desenvolvimento da pesquisa é a que o autor deste estudo estagia. Quando solicitado, ela disponibilizou acesso a dados e informações para o desenvolvimento do trabalho.

Essa Construtora foi fundada em Porto Alegre e tem crescido muito nos últimos anos, sempre aliando o crescimento à qualidade dos empreendimentos construídos. A erradicação do número de defeitos nas obras está como principal meta da Empresa e, estudos como este, visam justamente isso: analisar os problemas recorrentes, encontrar suas origens e propor medidas que os evitarão em obras futuras.

4.2 DEFEITOS EM JANELAS DE ALUMÍNIO REGISTRADOS HISTORICAMENTE PELA CONSTRUTORA

Para este trabalho, foram utilizados os registros feitos pela própria construtora de defeitos de diversas naturezas encontrados em 25 edifícios já entregues e habitados desde meados de 1996 até 2009. A observação de tais registros mostrou que aproximadamente 21% dos defeitos contabilizados estavam relacionados com esquadrias (resultado similar ao da pesquisa realizada em obras de São Paulo, comentada anteriormente), o que coloca este item

em segundo lugar nessa lista, atrás apenas de defeitos em instalações hidráulicas, como ilustrado no quadro 5. Estes dados são preocupantes e fizeram com que a empresa começasse a estudar outras opções de esquadrias, pois, até então, somente esquadrias de alumínio e de madeira eram as opções da Construtora para o fechamento das aberturas de seus empreendimentos.

REGISTROS DE DEFEITOS POR MOTIVO		
ATÉ 2009		
Motivo	Registros	Porcentagem
Hidráulico	276	22,28%
Esquadrias	256	20,66%
Elétrico	153	12,35%
Fachadas	134	10,82%
Alvenaria	116	9,36%
Impermeabilização	87	7,02%
Cerâmica	76	6,13%
Gesso	50	4,04%
Pintura	43	3,47%
Churrasqueira/Lareira	24	1,94%
Mármore/Granitos	20	1,61%
Dry Wall	4	0,32%

Quadro 5: registros de defeitos por motivo feitos até 2009¹³

O problema de infiltração de água pelas janelas de alumínio foi o mais recorrente entre os registros relacionados com esquadrias no levantamento mencionado anteriormente. Nesse contexto, as esquadrias de PVC apareceram como uma alternativa principalmente pelo fato de terem menor número de juntas nos seus perfis, o que dificultaria a infiltração de água, e também por sua instalação ter uma etapa a menos (eliminação da instalação do contramarco), diminuindo as chances de erros na execução dessa atividade. Este fato levou a construtora a também implantar essas esquadrias nas suas novas obras.

Todos os defeitos listados no quadro 5 foram comunicados pelos moradores dos respectivos apartamentos, já que estes já estavam habitados quando das ocorrências. Dentre os defeitos de infiltrações de água em janelas de correr de alumínio registrados, está o representado pela

¹³ Dados fornecidos pela Construtora.

figura 18, na qual foi constatada infiltração à direita da guarnição da janela (na foto, o indício é a mancha amarela na parede). A janela é de um apartamento no décimo sexto pavimento de um edifício residencial da Construtora. A origem da infiltração se deu por falha na vedação do contramarco da esquadria com a alvenaria. Constatação feita pela equipe técnica de manutenção da Construtora, que observou a infiltração em dia de chuva quando chamados pelo cliente, e por meio de testes com água, jogando-a sob pressão pelo lado externo da janela.



Figura 18: infiltração verificada na parede ao lado da guarnição¹⁴

Outro registro de infiltração de água informado à construtora é o representado nas figuras 19 a 21. Este é um caso de infiltração por falha de vedação entre o contramarco e o peitoril da janela. Da mesma forma como no caso anterior, esta verificação foi da equipe de manutenção, que também realizou testes empíricos de estanqueidade e verificou a ocorrência em dias de chuva. Como se pode ver pela figura 21, há um escoamento d'água pela parede na parte inferior da janela. As janelas dessas fotos se encontram no décimo quarto andar de outro edifício residencial da Construtora.

¹⁴ Foto fornecida pela Construtora.



Figura 19: infiltração verificada na parede abaixo da janela¹⁵



Figura 20: detalhe da água no piso junto à janela¹⁶

¹⁵ Foto fornecida pela Construtora.

¹⁶ *Idem.*



Figura 21: detalhe do escoamento d'água¹⁷

O problema de infiltração de água por falha na vedação entre peitoril e contramarco também foi verificado em outras duas janelas de outro edifício residencial da mesma construtora. A figura 22 mostra uma janela situada no décimo oitavo pavimento, enquanto que as figuras 23 e 24, uma janela no décimo sétimo pavimento.

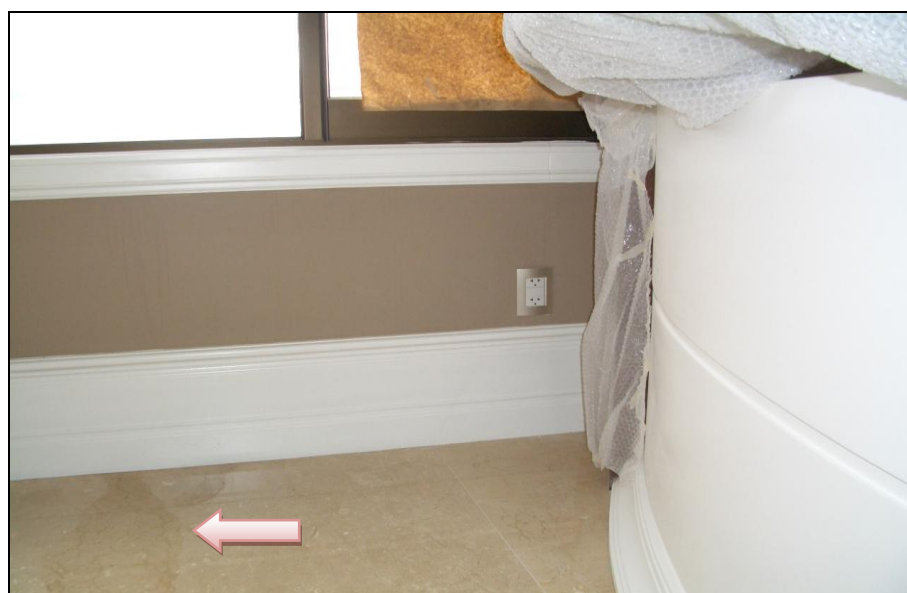


Figura 22: infiltração por falha na vedação entre contramarco e peitoril¹⁸

¹⁷ Foto fornecida pela Construtora.

¹⁸ *Idem.*



Figura 23: infiltração em janela do 17º pavimento¹⁹



Figura 24: detalhe do painel de madeira empenado devido à infiltração²⁰

¹⁹ Foto fornecida pela Construtora.

²⁰ *Idem.*

Todas as ocorrências de infiltração de água comentadas nos parágrafos anteriores foram ocasionadas por falhas na instalação das esquadrias, ou por falha na vedação entre contramarco e alvenaria, ou por falha na vedação entre contramarco e peitoril da janela. Na próxima seção serão apresentadas as ocorrências registradas no levantamento *in loco* realizado para esta pesquisa.

4.3 LEVANTAMENTO *IN LOCO* DE DEFEITOS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM JANELAS DE ALUMÍNIO E DE PVC

Devido ao significativo número de ocorrências de infiltração de água em janelas de alumínio registradas ao longo do tempo pela Construtora, este tipo de manifestação patológica foi o pesquisado no levantamento *in loco* realizado para este estudo. Para tanto, na busca por possíveis problemas de infiltração nas janelas de correr instaladas, foram visitados dois edifícios residenciais da Construtora, um com esquadrias de alumínio e outro com esquadrias de PVC. No edifício com esquadrias de alumínio, estas já haviam sido instaladas, enquanto que o edifício com esquadrias de PVC, elas tinham sido recém instaladas. Ambos não estavam habitados.

4.3.1 Levantamento *in loco* no Edifício com Esquadrias de Alumínio

O primeiro edifício analisado foi o que emprega esquadrias de alumínio. O edifício possui 21 pavimentos, sendo os seis primeiros compostos por salas comerciais e os outros quinze por unidades residenciais. O levantamento foi realizado em diversas visitas à obra entre junho e setembro de 2010, muitas delas em dias de chuva, possibilitando o registro fotográfico das infiltrações. Os casos de infiltrações de água nas janelas eram primeiramente constatados pelos próprios trabalhadores da obra, que comunicavam aos responsáveis técnicos, e eles, por sua vez, iam até os locais informados e analisavam as situações. Para se saber a origem das infiltrações, foram realizados testes de estanqueidade, jogando-se água sob pressão, por alguns minutos, pelo lado externo das janelas, principalmente nas junções das janelas com a alvenaria e peitoril, e nas junções dos vidros com os montantes das folhas.

No levantamento, de um total de 420 janelas, foram registradas 10 ocorrências de infiltrações de água, seis delas em janelas de folha fixa e quatro em janelas de correr. Nesse edifício, todas as ocorrências foram originadas por falha de vedação quando da instalação das esquadrias, problema executivo e não da esquadria. Estas falhas eram provenientes da vedação inexistente ou inadequada entre o peitoril da janela e o contramarco. O quadro 6 apresenta os registros dessas infiltrações.

REGISTROS DE INFILTRAÇÕES DE ÁGUA NO EDIFÍCIO COM JANELAS DE ALUMÍNIO		
Tipo de esquadria	Registros	Origem da infiltração
janela de folha fixa	6	falha na vedação entre peitoril e contramarco da janela
janela de correr	4	falha na vedação entre peitoril e contramarco da janela
Total	10	

Quadro 6: registros de infiltrações de água no edifício com janelas de alumínio

As janelas de correr em que se observaram 3 das infiltrações são iguais a da figura 25. Dois casos de infiltração de água em janelas desse edifício são descritos a seguir.



Figura 25: janela de correr padrão do edifício

Um dos casos de infiltração de água constatado foi numa janela em um apartamento do vigésimo pavimento (figura 26). Na visita, fez-se um teste de estanqueidade projetando-se água com mangueira pelo lado externo da janela na região de encontro do peitoril com a

esquadria. Como se pode verificar na figura 27, ocorreu infiltração de água pela parte inferior da janela, constatando-se falha na vedação entre contramarco e peitoril da janela. Na figura 27, pode-se observar a água acumulada no piso, consequência da infiltração, e na figura 28 a marca na parede decorrente do escoamento d'água.



Figura 26: janela de correr de alumínio com infiltração



Figura 27: detalhe da água no piso decorrente da infiltração



Figura 28: detalhe da marca na parede devido ao escoamento d'água

Outro caso de infiltração foi registrado num apartamento do décimo quarto andar, verificado em decorrência do surgimento de bolhas na pintura da parede logo abaixo do peitoril. Novamente, a infiltração foi causada por falha na vedação do contramarco com o peitoril, o que foi confirmado com a execução do mesmo teste de estanqueidade descrito anteriormente (lançamento de água sob pressão na parte externa, na região entre peitoril e esquadria). As figuras 29 e 30 mostram detalhes da formação de bolhas na parede abaixo da janela. Trata-se de uma janela de correr, de dimensões maiores que a do caso anterior, conforme ilustrado na figura 31. Na foto, já se tinha iniciado a ação corretiva.



Figura 29: formação de bolhas abaixo da janela devido à infiltração



Figura 30: detalhe da formação de bolhas abaixo da janela



Figura 31: janela de correr de alumínio quando já iniciados os reparos

4.3.2 Levantamento *in loco* no Edifício com Esquadrias em PVC

O edifício com esquadrias em PVC é residencial e tem 14 pavimentos, havendo um apartamento por andar. Foram realizadas três visitas à obra, entre janeiro e março de 2011. Em um dia de chuva, foi verificada uma única ocorrência de infiltração de água. Esta se deveu a uma falha no preenchimento da junção entre parede e perfil com a espuma de poliuretano. Refeito o preenchimento e passados alguns dias de chuva, constatou-se que o problema não retornou. As figuras 32 e 33 mostram algumas janelas recém instaladas nesse edifício.



Figura 32: janela de correr de PVC



Figura 33: janela de PVC recém instalada

4.3.3 Cuidados na Instalação de Janelas de Alumínio

Como pode-se perceber dos dois levantamentos, os registros feitos de infiltração de água em janelas de correr de alumínio e de PVC não estão ligados a alguma falha da esquadria

propriamente dita. As infiltrações constatadas não eram provenientes de alguma junta da janela ou da junção do vidro com os montantes da folha, por exemplo. Elas eram originadas de falhas na instalação: ou na vedação entre contramarco e alvenaria, entre contramarco e peitoril nas janelas de alumínio ou no preenchimento com espuma de poliuretano da junção da janela com a alvenaria no caso registrado da janela de PVC.

Em virtude dos inúmeros casos de infiltração de água encontrados nas janelas de alumínio da Construtora, um estudo foi realizado, pela mesma e pelo autor deste trabalho, com o intuito de verificar a principal causa de infiltração em janelas de alumínio e como proceder para evitá-la. A infiltração de que se fala é a que ocorre por falha na vedação entre contramarco e peitoril. Para evitar esse tipo de infiltração, deve-se ter cuidado na escolha e colocação do selante que fará a ligação entre ambos. Sugere-se um selante de base acrílica com 5 mm de espessura, conforme a figura 34.

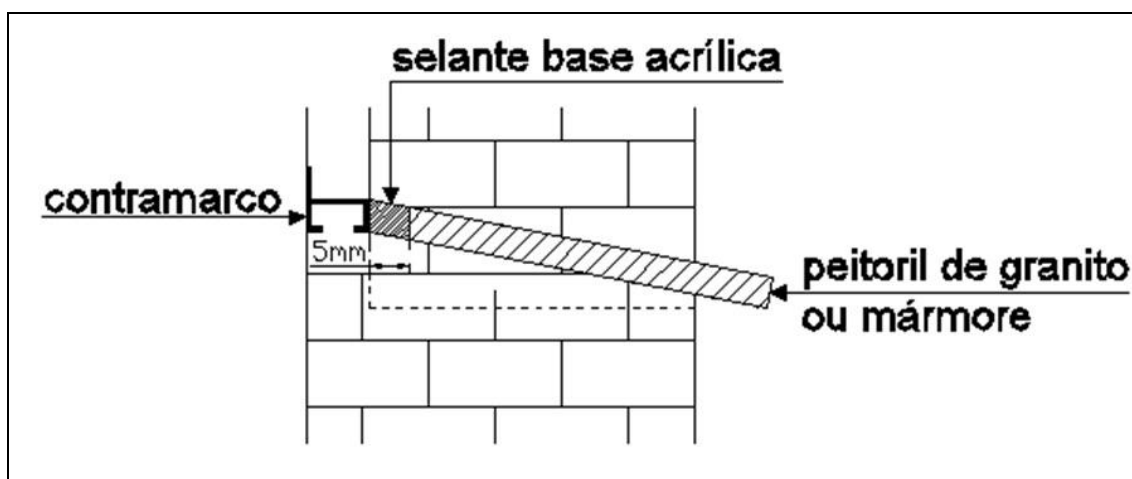


Figura 34: cuidados na instalação – ligação contramarco e peitoril

Nos casos registrados de infiltração de água no levantamento feito *in loco* no edifício com as esquadrias em alumínio, todas as ocorrências decorriam de falha nessa etapa de execução. Na obra em questão, a instalação das esquadrias era realizada seguindo as seguintes etapas:

- 1) instalação do contramarco;
- 2) colocação do peitoril de mármore;
- 3) aplicação do selante de base acrílica entre peitoril e contramarco; e
- 4) instalação da janela.

A aplicação do selante de base acrílica era de responsabilidade do colocador do peitoril de mármore. Portanto, vale salientar a importância de se ter um rigoroso controle de qualidade em todas as etapas que compõem a instalação de uma janela, principalmente quando se tem a alternância de serviços e de empresas. Deve-se fazer a conferência no término de cada etapa e somente autorizar a execução da próxima quando a última estiver aprovada.

No próximo capítulo serão comentados os resultados de dois laudos de ensaios obtidos junto a empresas fabricantes de esquadrias: um laudo de uma janela de correr de alumínio e outro, de uma de PVC. As empresas contatadas são as fabricantes das esquadrias instaladas nos edifícios abordados no levantamento relatado anteriormente.

5 ANÁLISE DE LAUDOS DE ENSAIOS DE JANELAS DE CORRER DE ALUMÍNIO E DE PVC

Com o intuito de se verificar o atendimento ou não aos requisitos mínimos de desempenho estabelecidos por norma técnica, das esquadrias instaladas pela Construtora em suas obras, foram contatadas as empresas fabricantes das esquadrias de alumínio e de PVC empregadas nos edifícios abordados na pesquisa, a fim de se obter laudos de ensaios. Os responsáveis técnicos de cada empresa forneceram laudos de ensaios de vários tipos de esquadrias (portas de correr, janelas de correr, janelas maxim-ar e outros). Os dois laudos de ensaios utilizados neste estudo referem-se a janelas empregadas em edifícios da cidade de São Paulo.

Nas próximas seções, os laudos de ensaios das janelas de correr de alumínio e de PVC fornecidos serão apresentados e comentados. Os laudos apresentam a descrição dos ensaios, incluindo os procedimentos de montagem e execução, materiais utilizados e normas aplicadas. Os comentários foram feitos seguindo as prescrições da NBR 10821/2000, norma técnica em vigência quando dos ensaios, e comparações dos resultados desses ensaios com os requisitos da nova Norma, NBR 10821-2/2011.

5.1 ANÁLISE DE LAUDO DE ENSAIO DE JANELA DE CORRER DE ALUMÍNIO

O ensaio da janela de correr de alumínio foi realizado no laboratório de ensaio da empresa Falcão Bauer na cidade de São Paulo, em setembro de 2009. O laudo de ensaio fornecido foi de uma janela composta por duas folhas de correr de dimensões totais de 1.500 x 1.200 mm. A parte inicial deste laudo onde consta a apresentação do protótipo a ser ensaiado é mostrada na figura 35.

1. IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRA(S):	
01 (um) protótipo de janela de alumínio composta por duas folhas de correr, entregue pelo interessado em nosso laboratório central.	
1.1. Dimensões do protótipo	
- Folha de vidro direita:	(755 x 1 150) mm;
- Folha de vidro esquerda:	(755 x 1 150) mm;
- Dimensão total do protótipo:	(1 500 x 1 200) mm.

Figura 35: especificação da janela de correr de alumínio ensaiada (trabalho não publicado)²¹

Para essa pesquisa, destaca-se somente os resultados do atendimento aos requisitos mínimos de desempenho quanto à estanqueidade à água das esquadrias ensaiadas, foco do estudo. Para o teste de estanqueidade à água, os parâmetros empregados no ensaio não seguiram as mesmas diretrizes estabelecidas pela nova Norma, portanto, não é possível a comparação dos resultados com os requisitos mínimos nela elencados, pois a verificação deve se dar em consulta à Norma em vigor quando da realização do ensaio.

No ensaio analisado, a vazão de água aplicada foi de 7 L/min. A NBR 10821/2000 especifica uma vazão mínima de 4 L/min por m² para o ensaio, enquanto que a nova Norma, um mínimo de 2 L/min por bico. Além da vazão, outro parâmetro para o teste é a pressão da água, critério em que também há diferença nas prescrições das duas normas. As pressões de ensaio especificadas pela nova Norma são as indicadas no quadro 3 deste trabalho, e as pressões indicadas na NBR 10821/2000, que foram as seguidas no ensaio analisado, são as do quadro 2.

Os resultados do ensaio de verificação do desempenho da esquadria quanto à estanqueidade à água são apresentados no quadro 7. Observa-se, analisando esses resultados em consulta à tabela do quadro 2, que a janela oferece desempenho para ser instalada em edifícios de até 4 pavimentos em Região V do país (região da cidade de Porto Alegre), exatamente como está especificado no laudo do ensaio.

²¹ Grupo Falcão Bauer – Centro Tecnológico de Controle de Qualidade, Relatório de Ensaio Nº CCC/182.697/09: esquadria de alumínio, realizado em São Paulo no ano de 2009.

A vazão de água aplicada foi 7 L/min.

Classe e Região de Utilização da Janela	Pressão De Ensaio (Pa)	Tempo (min)	Observações
Normal Região I	40	15	Nenhuma ocorrência
Melhorada Região III	120	15	Nenhuma ocorrência.
Melhorada Região IV	150	15	PI – Escorrimento de água no encontro do montante direito da folha esquerda com o trilho superior.
Melhorada Região V	180	15	Idem ao anterior

PI - permeabilidade inicial, na qual **não ocorre** escorrimento ou respingos de água pela alvenaria
PE - permeabilidade excessiva, na qual **ocorre** escorrimento de água pela alvenaria.

Quadro 7: resultados obtidos no teste de estanqueidade à água de janela de correr de alumínio (trabalho não publicado)²²

Como resultado final do ensaio, no penúltimo capítulo do laudo é apresentada uma tabela com o resumo do desempenho da esquadria para três quesitos. O quadro 8 apresenta esse resultado. Logo, em relação à estanqueidade à água, constata-se que a janela ensaiada está em conformidade com os requisitos técnicos em vigor na época do ensaio.

Ensaio	Classe de Utilização	Região do país	Pressão de projeto (Pa)	Velocidade do ar (km/h)	Conclusão
Penetração de ar Ambientes não climatizados	Todas	Todas	-	-	Atende
Estanqueidade à água	Melhorada	V	1 200	158	Atende
	Reforçada	-	1 200	158	Atende
	Excepcional	-	1 200	158	Atende
Cargas Uniformemente distribuídas	Melhorada	V	1 200	158	Atende
	Reforçada	-	1 200	158	Atende
	Excepcional	-	1 200	158	Atende

Quadro 8: resumo dos desempenhos medidos (trabalho não publicado)²³

²² Grupo Falcão Bauer – Centro Tecnológico de Controle de Qualidade, Relatório de Ensaio N° CCC/182.697/09: esquadria de alumínio, realizado em São Paulo no ano de 2009.

²³ *Idem*

5.2 ANÁLISE DE LAUDO DE ENSAIO DE JANELA E DE PORTA DE CORRER DE PVC

O ensaio da esquadria de correr de PVC também foi realizado no laboratório de ensaio da empresa Falcão Bauer, na cidade de São Paulo, em junho de 2003, portanto, também anterior à publicação da NBR 10821-2/2011. Os laudos de ensaio fornecidos foram de uma janela composta por uma folha de vidro móvel, uma veneziana ventilada móvel e outra veneziana cega fixa, sendo as dimensões do vão de 1.395 x 1.180 mm, e de uma porta de correr, constituída por duas folhas fixas e duas folhas móveis, sendo as dimensões do vão de 3.200 x 2.235 mm. A parte inicial destes dois laudos, onde consta a apresentação do protótipo a ser ensaiado, é mostrada nas figuras 36 e 37.

<p>1.1 - Tipo</p> <p>Janela do tipo de correr, composta por uma folha de vidro móvel, uma veneziana ventilada móvel e outra veneziana cega fixa.</p>								
<p>1.2 - Dimensões do protótipo</p> <p>Dimensões das folhas:</p> <table><tr><td>- Folha de vidro móvel:</td><td>(685 x 1 094) mm;</td></tr><tr><td>- Veneziana ventilada móvel (direita):</td><td>(685 x 1 094) mm;</td></tr><tr><td>- Veneziana cega fixa (esquerda):</td><td>(685 x 1 090) mm;</td></tr><tr><td>- Vão:</td><td>(1 395 x 1 180) mm.</td></tr></table>	- Folha de vidro móvel:	(685 x 1 094) mm;	- Veneziana ventilada móvel (direita):	(685 x 1 094) mm;	- Veneziana cega fixa (esquerda):	(685 x 1 090) mm;	- Vão:	(1 395 x 1 180) mm.
- Folha de vidro móvel:	(685 x 1 094) mm;							
- Veneziana ventilada móvel (direita):	(685 x 1 094) mm;							
- Veneziana cega fixa (esquerda):	(685 x 1 090) mm;							
- Vão:	(1 395 x 1 180) mm.							

Figura 36: especificação da janela de correr de PVC ensaiada (trabalho não publicado)²⁴

²⁴ Grupo Falcão Bauer – Centro Tecnológico de Controle de Qualidade, Relatório de Ensaio E/73 000/03: janela de correr de PVC, realizado em São Paulo no ano de 2003.

<p>1. MATERIAL ENSAIADO:</p> <p>Uma porta de PVC constituída por duas folhas fixas e duas folhas móveis, instalada na câmara de testes da AFEAL (Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio).</p>
<p>2. ACOMPANHAMENTO DOS ENSAIOS:</p> <p>Os ensaios foram realizados em equipamento da AFEAL, com acompanhamento de dois técnicos da equipe deste laboratório, nos dias 18/07/03, 30/07/03 e 04/08/03, sendo a desmontagem realizada em 18/08/03.</p>
<p>3. CARACTERÍSTICAS DO PROTÓTIPO:</p> <p>Fabricação: MEDABIL TESSENDERLO S/A.</p> <p>3.1- Dimensões:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Folha fixa esquerda: (825X2150) mm; - Folha móvel esquerda: (825X2150) mm; - Folha fixa direita: (825X2150) mm; - Folha móvel direita: (840X2150) mm; - Vão: (3200X2235)mm.

Figura 37: especificação da porta de correr de PVC ensaiada (trabalho não publicado)²⁵

Como já foi comentado anteriormente, somente serão analisados nesta pesquisa os resultados dos testes relativos à estanqueidade à água dos laudos. Quanto aos resultados desse teste, o laudo fornecido da janela de correr pela empresa fabricante das esquadrias em PVC não continha este dado. Quando questionada pela ausência deste teste, a empresa informou que os resultados para este item seriam iguais aos do laudo enviado sobre uma porta de correr de PVC, pois se tratam de dois produtos de uma mesma linha. Todavia, tratando-se de esquadrias com dimensões diferentes, é possível que não haja equivalência entre os resultados dos testes de estanqueidade. Porém, tendo em vista que este foi o único laudo de esquadria de correr de PVC com teste de estanqueidade obtido durante a realização deste trabalho, serão considerados os seus resultados (quadro 9).

²⁵ Grupo Falcão Bauer – Centro Tecnológico de Controle de Qualidade, Relatório de Ensaio E/73 321/03/A: porta de correr de PVC, realizado em São Paulo no ano de 2003.

A vazão de água aplicada foi 4 l/ min. m².

Classe e Região de Utilização da Janela	Pressão de Ensaio (Pa)	Tempo (min)	Observações
Pressão de Projeto – 800 Pa (classe reforçada)	120	15	Nenhuma Ocorrência.

PI - permeabilidade inicial, na qual **não ocorre** escoamento de água pela alvenaria.
 PE - permeabilidade excessiva, na qual **ocorre** escoamento de água pela alvenaria.

Quadro 9: resultados obtidos no teste de estanqueidade à água de porta de correr de PVC (trabalho não publicado)²⁶

Os comentários referentes aos resultados desse teste podem ser os mesmos já feitos em relação ao teste de estanqueidade à água da janela de correr de alumínio. Como se pode verificar no quadro 9, a vazão empregada no teste foi de 4 L/min, e a pressão de ensaio foi de 120 Pa, conforme o quadro 6, para região III do país e classe melhorada. Também da mesma forma que no caso da janela de alumínio, esses resultados estão de acordo com os requisitos da norma em vigência quando deste ensaio, o laudo é válido, estando a porta de correr de PVC ensaiada em conformidade com eles. O quadro 10 apresenta o resumo dos ensaios de estanqueidade à água da janela de correr de alumínio e da porta de correr de PVC comentados.

	Vazão de água em (L/min)	Pressão de Projeto em (Pa)	Pressão de água em (Pa)	Classificação
Ensaio de Janela de alumínio	7	1200*	Pressão de Projeto x 0,15 Pp x 0,15 = 180	Região V - Classe melhorada **
Ensaio de Janela de PVC	4	800*	Pressão de Projeto x 0,15 Pp x 0,15 = 120	Região III - Classe melhorada **
Critério NBR 10821/2000	4	Calculado segundo os critérios da NBR 6123	Pressão de água = Pressão de Projeto x 0,15 (Quadro 2 deste trabalho)	Ver Quadro 6 deste trabalho
Critério NBR 10821-2/2011	2	Calculado segundo os critérios da NBR 6123	Pressão de água = Pressão de Projeto x 0,20 (Quadro 3 deste trabalho)	Ver Quadro 3 deste trabalho
* Calculado segundo os critérios da NBR 6123 - forças devidas ao vento em edificações, Rio de Janeiro, 1988.				
** Classificação segundo NBR 10821/2000, quadro 6 deste trabalho, conforme a região do país onde as janelas foram instaladas.				

Quadro 10: resumo dos ensaios de estanqueidade à água em janela de correr de alumínio e porta de correr de PVC

²⁶ Grupo Falcão Bauer – Centro Tecnológico de Controle de Qualidade, Relatório de Ensaio E/73 321/03/A: porta de correr de PVC, realizado em São Paulo no ano de 2003.

6 CONCLUSÕES

Inicialmente, a partir de revisão bibliográfica, foram abordados os principais tipos de janelas, seus diferentes materiais constituintes (madeira, aço, alumínio e PVC) e suas características (vantagens e desvantagens). Em seguida, foram analisadas as prescrições da nova Norma, NBR 10821-2, publicada em janeiro de 2011, com os requisitos mínimos de desempenho impostos para as esquadrias externas e comentados o histórico de defeitos em esquadrias no Brasil, bem como descritas recomendações para uma boa instalação de janelas de alumínio e de PVC.

No presente estudo, a partir de levantamentos feitos pela própria Empresa que participou da pesquisa, verificou-se qual era o defeito mais recorrente nas esquadrias das obras da Construtora. Como se constatou que as infiltrações de água eram as ocorrências mais frequentes nas janelas, esse foi o defeito analisado.

Para o estudo dos casos de infiltração em janelas, foram escolhidas janelas de correr de dois materiais, alumínio e PVC. Assim, primeiramente, foi analisado o levantamento do histórico de defeitos em janelas de edifícios já em uso executados pela Construtora. Depois, foi observado e registrado por meio fotográfico o comportamento em relação à estanqueidade à água das janelas de correr de alumínio e de PVC em dois edifícios da Construtora, nos quais a instalação das mesmas não havia ultrapassado um ano. Por fim, foram coletados e analisados um laudo de ensaio sobre uma janela de correr de alumínio e outro sobre uma de PVC para confirmar o atendimento aos requisitos mínimos de desempenho em relação à estanqueidade à água prescritos em norma.

Após a análise das ocorrências registradas ao longo do tempo em janelas de alumínio pela Construtora que participou do estudo em seus empreendimentos, e também dos registros de infiltrações verificados nos dois edifícios abordados na pesquisa (janelas de correr de alumínio e de PVC), constatou-se que a origem dessas eram de falhas na instalação. Em todos os casos analisados não houve a constatação de infiltração por alguma junta de algum perfil da janela, bem como pela borracha do vidro, ou outro local. Confirmando a importância da qualidade na instalação, como o comentário de Carlos Yamamoto, engenheiro da empresa

Tesis²⁷, que afirmou que a boa instalação evita problemas em praticamente todas as exigências, como segurança, habitabilidade, durabilidade e qualidade dos acessórios e dos dispositivos complementares de estanqueidade.

Nas janelas de alumínio, as infiltrações eram oriundas de má execução da vedação entre os perfis do contramarco com a alvenaria ou com o peitoril da janela, sendo esta última a situação mais recorrente. No edifício com as esquadrias de alumínio, foram verificados 10 casos de infiltrações de água e todos tinham essa origem. Nas janelas de PVC, constatou-se que a causa de infiltração, no único caso registrado, era a falha no preenchimento da junção do perfil da janela com a alvenaria com a espuma de poliuretano e, quando esta foi reparada, sanou-se o problema.

Quanto à análise dos laudos dos ensaios das janelas de correr de alumínio e de PVC, não se encontrou nenhuma não conformidade. No teste de estanqueidade à água verificou-se que as esquadrias estão de acordo com os requisitos de desempenho impostos pela norma em vigor na época dos ensaios, NBR 10821/2000, e classificadas exatamente como especificado nesta Norma (classe da esquadria e região do país onde pode ser instalada). As janelas não foram classificadas segundo os critérios da NBR 10821-2/2011 porque as pressões de água empregadas nos ensaios foram as indicadas pela NBR 10821/2000, as quais são diferentes das especificadas pela nova Norma. Assim, se utilizássemos os critérios da nova Norma, teríamos resultados distorcidos.

Contudo, conclui-se que ao almejar desempenhos satisfatórios em relação às janelas que se queira instalar, a fim de se evitar infiltrações ou outros problemas que possam ocorrer posteriores à instalação das mesmas, é preciso ter alguns cuidados em cada uma das etapas desde a especificação da janela até a sua instalação. Cuidados como os listados a seguir:

- 1) determinação do perfil de desempenho da janela que objetive analisar as variadas exigências que a janela tem de atender para uma certa obra, permitindo a comparação entre produtos de forma completa, e não somente a tradicional análise do custo de aquisição;
- 2) especificação correta do tipo e do material de que será composta a janela: essenciais para o atendimento das exigências dos usuários. Essa especificação é feita a partir das diferentes características que cada tipo e material e suas implicações no desempenho da janela;

²⁷ Vide p. 32, seção 3.7 desse trabalho.

- 3) escolha do melhor fabricante da janela especificada: é nesta etapa que se irá conferir o laudo de ensaio da janela, para ver se ela atende aos requisitos mínimos impostos pela NBR 10821-2. A etiqueta para identificação da classificação e do desempenho da esquadria (anexo A deste trabalho) deve ser analisada cuidadosamente, a fim de que se tenha a confirmação de que ela é apta para ser instalada nesta edificação;
- 4) instalação da janela com um controle rigoroso de qualidade, seguindo exatamente as instruções do fabricante e conferindo-se a correta execução dos arremates de vedação entre a esquadria com a alvenaria e no encontro dela com o peitoril. Esta etapa é fundamental para que o processo todo tenha sucesso.

Portanto, neste estudo, por meio do levantamento de dados *in loco*, do histórico de ocorrências e da análise de laudos de ensaio, constatou-se que a origem das infiltrações em janelas de correr de alumínio e de PVC nas obras da Construtora eram decorrentes de falhas na instalação das mesmas. Assim, para evitar o surgimento desse problema, um rigoroso controle de qualidade na instalação das janelas, principalmente nos arremates de vedação, nos encontros da alvenaria e do peitoril com a esquadria, é essencial.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de caixilhos, janelas:** aço, alumínio, vidros, PVC, madeira, acessórios, juntas e materiais de vedação. 1. ed. São Paulo: Pini, 1991.

ANTUNES, B. Janelas da norma. **Revista Construção Mercado**, São Paulo: Pini, ano 57, n. 35, p. 189-194, jun. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821:** caixilhos para edificação – janelas. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 15575-1:** edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 10821-2:** esquadrias externas para edificações: requisitos e classificação. Rio de Janeiro, 2011.

BECKETT, H. E.; GODFREY, J. A. **Ventanas:** function, diseño e instalación. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

BLANCO, M. Danos Construtivos. **Revista Construção Mercado**, São Paulo: Pini, ano 60, n. 72, p. 26-30, jul. 2007.

FERNANDES, A. G. **Esquadrias residenciais em madeira:** contextualização de variáveis para otimizações de projetos. 2004. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

INSTALAÇÃO de caixilhos de alumínio. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 18, n. 155, p. 16-17, fev. 2010a.

INSTALAÇÃO de esquadrias de PVC. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 18, n. 160, p. 20-21, jul. 2010b.

MENDES, G. Qualidade na janela. **Revista Construção Mercado**, São Paulo: Pini, n. 61, p. 58-61, ago. 2006.

NAKAMURA, J. Janelas de conforto. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 17, n. 152, p. 64-66, nov. 2009.

SOUZA, R. C. Iniciativas asseguram a qualidade das esquadrias de aço. Disponível em: <<http://engenhariaarquitectura.com.br/wp/?p=5553>>. Acesso em: 12 dez. 2010.

**ANEXO A – ETIQUETA PARA IDENTIFICAÇÃO DA
CLASSIFICAÇÃO E DO DESEMPENHO DE ESQUADRIAS**

Produto: Janela de Correr 02 fls	Dimensão: altura x largura 1000x1200 mm		
CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA DO PRODUTO (ABNT NBR 10821)	Região do País	Quant. Pav.	
NÍVEL DE DESEMPENHO	M	III	02
RESISTÊNCIA À CORROSÃO	(Específica para esquadrias de aço) - CM		
ISOLAMENTO ACÚSTICO	AM		
APLICAÇÃO: - Edificação com até dois pavimentos (térreo mais um pavimento)			
REGIÃO DE UTILIZAÇÃO: Demarcar a região do mapa			
<ul style="list-style-type: none"> - São Paulo - Capital - São Paulo – Litoral - Grande ABC - Norte de Mato Grosso do Sul - Sul de Mato Grosso e Goiás - Norte de Amazonas e Roraima 			
RECOMENDAÇÕES: - Este produto deve ser utilizado apenas em edificações com até dois pavimentos e altura máxima de 6 metros. - Desempenho térmico e acústico mínimo.			
Características Técnicas de Acordo com a ABNT NBR 10821:			
Ensaio:	Resultados:		
- Permeabilidade ao Ar:	Vazão obtida		
- Estanqueidade à Água:	Mínimo 120 Pa		
- Pressão de vento para o ensaio de deformação:	Mínimo 1000 Pa		
- Resistência às operações de manuseio:	Atende		
- Isolamento acústico	dB		

Figura A1: modelo de etiqueta para identificação da classificação e do desempenho de esquadrias (ABNT, 2010, p. 22)