

# TEMA 01: Desempenho e normalização

## Janelas enquadradas

### Techne, 31

A revisão da norma de caixilhos para edificações gera movimentação entre construtores, arquitetos e fabricantes, com benefícios à vista para os usuários finais. Novas normas em gestação e trabalhos multissetoriais também devem ajudar a melhorar a qualidade das **esquadrias** nas construções brasileiras de todos os padrões

As janelas dos edifícios brasileiros devem exibir melhores índices de desempenho já a partir do início de 1998, afastando os problemas de falta de estanqueidade ao ar e, principalmente, à água, comuns especialmente em edifícios residenciais com mais de 10 m de altura. Além disso, procedimentos inseridos no espírito de programas como o Qualihab, desenvolvido pelo governo paulista a partir da CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano), também devem impulsionar a melhoria da qualidade nesse item, responsável por quase 10% do custo de moradias populares. O motor dessas mudanças é a revisão da NBR 10821/EB 1968 (Caixilho para edificação ? Janela ? Especi-fi-cação), norma pioneira e que estava sensivelmente defasada ? sua última revisão ocorreu em 1989, há uma década, portanto.

Como é habitual nesses casos, as mudanças estão acontecendo porque os principais integrantes da cadeia de consumo e fiscalização da qualidade, os construtores e técnicos dos laboratórios de controle tecnológico, estavam reclamando bastante. ?De maneira geral, pode-se dizer que a maioria das janelas dos edifícios não passaria pelo teste de ensaios rigorosos em itens como estanqueidade ao ar e à água?, destaca a pesquisadora do IPT e presidente da comissão revisora da NBR 10821, Vera Fernandes Hachich.

A pesquisadora explica que existem diversos motivos técnicos para proceder à revisão da norma. A normalização atual define parâmetros de desempenho relacionados com a resistência a cargas uniformemente distribuídas - vento (o cálculo das pressões de ensaio é feito para alturas de janelas até 10 m, coeficiente aerodinâmico de 1,5 e parâmetros definidos de localização e topografia), estanqueidade à água e ao ar e com esforços de uso ? estes últimos para qualquer tipo de edifício. O mais problemático deles, no entanto, relaciona-se com as **esquadrias** utilizadas em edifícios (dos mais variados padrões) com altura superior a 10 m, nos quais as pressões relativas às cargas de vento podem ser calculadas, conforme uma fórmula que envolve altura de instalação da janela, localização (cidade, região do País, posicionamento geográfico etc.) e a adoção de um coeficiente aerodinâmico, que pode variar, em módulo, de 0 a 2,5.

Construtores pouco comprometidos com a qualidade, ou com restrito conhecimento do significado das exigências, manipulam esses valores, recorrendo a artifícios ? como o da redução do coeficiente aerodinâmico ou de inventar montanhas à frente do prédio ? para colocar janelas inadequadas, mais baratas e geradoras de problemas sérios quando em uso real. ?É comum edifícios de 20 m de altura apresentarem coeficientes até menores que os da casa térrea ao lado?, diz Vera. Esses problemas são mais frequentes em edifícios residenciais, pois os imóveis comerciais têm, quase sempre, consultores e projetos de **esquadrias**, e fiscalização especializada na instalação. Nessa área, faltam normas específicas, como as de fachada-cortina, por exemplo, lacuna que também deve ser sanada em 1998, com a instalação de comissão normalizadora para esse tipo de esquadria.

Cobrinco lacunas

O problema com as **esquadrias** foi detectado há bastante tempo e a busca de soluções também. Carta do IPT enviada à Afeal (Associação Nacional de Fabricantes de **Esquadrias** de Alumínio) em dezembro de 1994 já alertava sobre essas questões e listava as providências necessárias. Há cerca de um ano, os fabricantes de **esquadrias** de alumínio reunidos na Afeal, que conta com 65 associados atualmente, resolveram enfrentar a questão, com o início dos trabalhos de uma comissão integrada também por fabricantes de **esquadrias** de aço e PVC, técnicos do IPT e consultores de **esquadrias**. ?Chegamos ao consenso de que deveríamos revisar a norma existente, já bastante defasada. Os principais construtores e consultores de **esquadrias** reclamavam essa revisão há algum tempo?, constata o vice-presidente da Afeal, André Mehez Filho.

O longo tempo transcorrido entre a revisão da norma e a realidade do mercado impôs defasagens gritantes. Componentes como gaxetas, mástiques, selan-tes e colas especiais de alta qualidade, entre outros, propicia-dos pelo avanço tecnológico e a abertura às importações, eram quase impensáveis há dez anos. Os fabricantes de **esquadrias**, de alguns anos para cá, aceleraram a atividade normalizadora. Existem hoje quatro grupos de discussão (veja quadro), que devem gerar normalização brasileira sobre itens como projeto, fabricação e instalação de guarda-corpos, parafusos e fixadores, painéis colados e métodos de instalação. As mudanças em curso na NBR 10821 visam cobrir lacunas e deixar bem claro os parâmetros de desempenho de **esquadrias** em edificações classificadas por tipos de uso (residenciais térreas e em edifícios, comerciais, entre outros) e por regiões do País (veja quadro). ?Queremos corrigir as distorções com a

classificação por região e classe de uso?, diz Vera.

Os coeficientes devem ser elevados em **esquadrias** utilizadas em prédios com mais de 10 m de altura, mas rebaixados para casas de até dois pavimentos, por exemplo. ?Os ensaios para **esquadrias** utilizadas em casas térreas ou sobrados não podem ser iguais aos de **esquadrias** empregadas em edifícios?, enfatiza o engenheiro e consultor de **esquadrias** Nelson Firmino, integrante da comissão revisora da norma. Para José Carlos Rosa, da Multiplast, empresa que produz **esquadrias** de PVC, a atualização das normas é bem-vinda, mas ele alerta para a necessidade de fiscalização. ?Senão, na prática pouco resolve.?

A norma em gestação também deve ajustar as exigências e parâmetros em relação à estanqueidade ao vento e à água para números mais próximos dos praticados em países do Primeiro Mundo e mesmo do Mercosul. Na definição dos parâmetros como deformação máxima admissível para **esquadrias**, por exemplo, a norma brasileira tem exigências 25% menores que as equivalentes argentinas. As normas portenhas para fachadas contínuas admitem como deformação máxima a resultante da divisão da largura do vão por 200, em fachadas-cortina. No Brasil, essa mesma equação exige a divisão da largura do vão por 150, apenas. A oferta no mercado brasileiro de perfis, componentes e vidros com qualidade equivalente aos disponíveis nos Estados Unidos, Europa e Argentina, entre outros, permite posicionar as exigências aqui no mesmo nível das desses países, raciocina Firmino.

Coordenação modular

A elevação da qualidade e o atendimento às normas não deve encarecer as **esquadrias**. Com a modernização dos processos e dos equipamentos, os principais fabricantes têm condições de atender aos novos parâmetros e atingir taxa de conformidade elevada. Segundo Mehez Filho, o Brasil precisa de cerca de seis anos para alcançar a cultura da ISO 9000; e avalia que, hoje, boa parte dos associados da Afeal já passou por processos de modernização dos equipamentos, treinamento de mão-de-obra e informatização de projetos e produção. ?Os fabricantes terão de se preparar para atender às normas?, confirma Antonio Molina Spina, presidente da Afeal.

Os mais atentos às mudanças já se preparam para atender a essas exigências. A Adalume, por exemplo, fabricante de **esquadrias** metálicas com sede em Embu-SP, não perdeu tempo e ensaiou esquadria no laboratório L.A. Falcão Bauer, sob as condições que devem vigorar a partir de 1998. Segundo Domingos Moreira Cordeiro, diretor da empresa e integrante da comissão revisora da norma, a esquadria ensaiada, uma porta de correr de quatro folhas, de alumínio, passou nos testes apenas com pequenas mudanças no projeto original de drenagem e ?praticamente sem acréscimo de custo?.

O arquiteto Henrique Cambiaghi, da CFA Cambiaghi Arquitetura e vice-presidente da Asbea (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura) integra um grupo de trabalho tripartite, com o Sinduscon-SP e a Afeal, que desenvolve projeto visando justamente melhorar a qualidade das **esquadrias**, sem aumentar o custo. ?Detectamos, nesse grupo de trabalho, que seria possível melhorar a qualidade das **esquadrias** sem aumentar seu custo, com a padronização dos vãos e a coordenação modular dos vedos e **esquadrias**.?

Capitaneado pelo Comitê de Tecnologia e Qualidade do Sinduscon-SP, sob a coordenação técnica do CTE, o projeto tem também o mérito de unificar três entidades distintas (Sinduscon, Asbea e Afeal) e deve gerar, em meados de 1998, recomendações técnicas para a norma de Coordenação Modular da ABNT nas áreas de vedação e **esquadrias**. A interface dessas duas áreas não é casual, explica a engenheira Maria Angélica Covelo Silva, do CTE. ?Os fabricantes, em reuniões com construtores e arquitetos, criticaram a ?anarquia? dos projetos, que impossibilitava a fabricação de **esquadrias** em escala.?

A experiência da Encol, que definiu 23 tipos de vãos para todos os seus edifícios, com as respectivas **esquadrias** produzidas por fábrica própria, deverá servir de norte ao grupo. Para isso, foi contratado o mesmo consultor que desenvolveu o trabalho na Encol e que será o responsável pela formatação do projeto e da coordenação dos trabalhos de campo (pesquisa com construtoras para verificar existência de vãos-padrão, variabilidade, racionalidade dos vãos adotados, entre outros itens).

Segundo Maria Angélica, o trabalho verificará a racionalização das vedações/**esquadrias**, as normas existentes e até as posturas municipais relativas a essas questões. O resultado final deverá ser a proposta de sistema básico de coordenação modular e vinculação dos componentes, com ajuste dimensional, relação de pés-direitos, alturas de vigas e lajes com as **esquadrias**, entre outros. ?Criaríamos, assim, um sistema que amarraria alvenaria/estrutura/**esquadrias** e garantiria a modulação?, explica Maria Angélica. Ao final, os resultados seriam apresentados às empresas que participaram do projeto como patrocinadoras, em workshop, e seria confeccionado um manual com essas recomendações. Para Cambiaghi, com isso os fabricantes poderão superar a ?bagunça? de vãos existente e ter segurança para padronizar seus produtos.

O subproduto disso tudo, imaginam os técnicos, pode ser um manual com todos os tipos de **esquadrias**, suas dimensões e aplicações em vãos confeccionados com blocos e vedos de diversos tipos. Essa providência deve facilitar a vida de arquitetos e construtores, com redução do desperdício, imagina Cambiaghi. De quebra, todos ganhariam com o provável barateamento das **esquadrias**, pela produção em escala.

O vice-presidente da Asbea explica que, em seu escritório, os projetos já buscam essa padronização dimensional de vedos e **esquadrias**, como no do edifício residencial situado na Lapa, zona oeste de São Paulo, por exemplo, com vãos padronizados e coordenados com a alvenaria de blocos cerâmicos. Ali, os apartamentos de 69 m<sup>2</sup> de área útil têm **esquadrias** de correr de alumínio anodizado preto moduladas em 60 cm x 60 cm, de acordo com o vão da alvenaria. A arquiteta Cecília Harumi Deyama Saito, da construtora Pinto de Almeida, responsável pela obra, diz que essa padronização favorece a produtividade e a qualidade das obras. ?Assim, fica mais difícil errar no canteiro.?

Economia com técnica

É consensual, entre os técnicos, que a estanqueidade à água é o ponto mais preocupante em **esquadrias**, embora a falta de estanqueidade ao ar seja perceptível mais rapidamente. Prevenir a infiltração da água, porém, exige uma combinação tecnológica que envolve projeto e fabricação com qualidade em todos os níveis ? da concepção aos materiais utilizados, como gaxetas, mástiques, selantes e colas ?, além da instalação cuidadosa.

As deformações que comprometem a estanqueidade podem decorrer de projetos inadequados ou componentes mal empregados, segundo Firmino. ?É comum o fabricante, para economizar, utilizar apenas um fecho e não dois, como seria aconselhável.? Selantes de má qualidade, que não raro se desgastam após apenas dois anos de uso, também propiciam a infiltração de água, assim como a ausência de manutenção nos componentes das **esquadrias** ? afinal, mesmo bons selantes não são eternos e precisam ser substituídos a cada década, pelo menos.

A construtora paulista Barbara passou a adotar consultores e projetos de **esquadrias** depois de constatar as vantagens econômicas geradas por **esquadrias** projetadas, fabricadas e instaladas com acompanhamento especializado. Até 1992, a Barbara, que atua no mercado de imóveis residenciais e comerciais de médio e alto padrão, limitava-se a contratar o acompanhamento técnico de consultores para verificar projetos e instalação. De 1993 para cá, identificou que a economia propiciada pela contratação de projeto de **esquadrias**, além do acompanhamento nas demais etapas desse item, seria substancial. ?Esse é um subsistema da construção com grande variedade de linhas disponíveis no mercado. Sem projeto específico e um consultor, não teríamos como saber se estávamos comprando um produto barato ou simplesmente inferior?, explica o engenheiro Carlos Barbara, diretor de Engenharia da empresa. Com o projeto de **esquadrias**, segundo ele, é possível racionalizar o dimensionamento, aliando custo menor com melhor qualidade, e utilizar os perfis no limite de sua capacidade, sem sub ou superdimensionamento.

Carlos Barbara cita o exemplo do edifício Ville de Giverny, prédio neoclássico situado no Itaim-Bibi, zona sul paulistana, com dez apartamentos, dos quais seis andares-tipo, com 357 m<sup>2</sup> de área útil cada, três dúplex (606 m<sup>2</sup> de área útil) e um triplex (775 m<sup>2</sup> de área útil) e preços entre 1,2 milhão de dólares e 1,85 milhão de dólares por unidade. As **esquadrias** ali têm projeto com tratamento acústico nos perfis tubulares de alumínio. O custo do projeto, acompanhamento da fabricação e instalação chega a ser irrisório, perto dos benefícios. Barbara afirma gastar com consultoria, em trabalhos nessa área, 1,5% do custo total das **esquadrias** de alumínio, percentual que sobe para 2% do valor total das **esquadrias** quando inclusos acompanhamento técnico e fiscalização. As **esquadrias**, pela apropriação da Barbara, representam 3,5% do custo de um prédio residencial, ou 7% em edificação com fachada-cortina.

Padronizados em conformidade

A revisão da norma também visa diminuir as exigências em relação às **esquadrias** para residências de até quatro pavimentos, ao mesmo tempo em que cobrará maior rigor no desempenho das utilizadas em edifícios mais altos. Vera Hachich, do IPT, propõe aos fabricantes de **esquadrias** padronizadas ? as metálicas (aço e alumínio) disponíveis no varejo de materiais de construção ? que adotem uma providência básica para garantir a qualidade: a impressão, nos perfis, da classe de uso e as regiões do País em que podem ser empregados, tipos de residências e categoria de vento atendida, por exemplo. Elementar, essa medida evitaria o uso inadequado de **esquadrias** e obrigaria os fabricantes de padronizados a se enquadrarem nas exigências da norma.

Hideo Waki, diretor-gerente da Sasazaki ? uma das maiores indústrias brasileiras de **esquadrias**, de cuja fábrica em Marília-SP saem anualmente 1,5 milhão de itens (janelas e portas) de aço ?, diz que, dependendo das exigências da norma, a empresa terá de restringir o uso de algumas linhas de **esquadrias** em edifícios mais altos. E caso precise incrementar seus produtos para instalá-los em edifícios com mais de 10 m de altura, esses itens podem sofrer algum aumento de custo.

Mas a adaptação da linha de produção não é a maior preocupação da Sasazaki, que se prepara para receber a certificação ISO 9001 e tem cerca de 90% de sua produção destinada a residências térreas ou sobrados. A preocupação, de fato, é o revés do governo paulista na questão do ICMS, com a perda do 1 ponto percentual que ajuda a alimentar a produção habitacional de São Paulo ? com essa finalidade, o ICMS subiu de 17% para 18% a partir de 1989. Desde então, a CDHU já ergueu cerca de 200 mil unidades habitacionais. Numa conta simples e admitindo que cada unidade tenha recebido, em média, seis **esquadrias**, esses números equivalem a 1,2 milhão de **esquadrias** no total.

Antes mesmo de o ICMS voltar à pauta, a CDHU estabeleceu convênio, no âmbito do Comitê de Materiais e Componentes Construtivos do QualiHab, com o setor de **esquadrias** metálicas, que apresentou Plano Setorial da Qualidade, com

cronograma de 18 meses. ?Nesse plano setorial estão inseridos vários itens, entre eles as normas em vigor?, explica o engenheiro Sérgio Artur de Andrade, coordenador de Projetos de Engenharia da CDHU. Uma comissão composta por integrantes da estatal, do Sindicato de **Esquadrias** Metálicas, IPT e IBS (Instituto Brasileiro de Siderurgia) definiu parâmetros para os produtores. Entre eles, o mais importante: a exigência de estampar nos caixilhos todas as condições de uso, fabricante, classe, região e tipo de proteção contra a corrosão. ?Isto é fundamental para garantir a qualidade dos caixilhos e permitir identificar, em caso de problemas, qual o fabricante, quem instalou e se o uso estava adequado?, diz Andrade. Parte de documento mais amplo ? que já adota os parâmetros da nova norma ?, o atendimento a esses itens integrará a partir de agora os editais de concorrência da CDHU.

O presidente do IE (Instituto de Engenharia), Cláudio Dall'Acqua, diretor-presidente da construtora Dall'Acqua, que também atua na área de habitações populares da CDHU, acha positivas essas exigências: ?Este é o tipo de medida que favorece a industrialização da construção, com qualidade. As construtoras devem ser montadoras e trabalhar na linha da coordenação modular dos componentes construtivos.? Caso o exemplo paulista seja seguido, pode-se vislumbrar o início realmente da construção industrializada, com qualidade. Basta abrir as janelas. Silvério Rocha

## Janelas do desempenho

Tecne,

49

Coordenadora da revisão da NBR 10821 explica as alterações na norma e diz acreditar na melhoria da qualidade dos caixilhos nacionais

Publicada há 12 anos, a norma que define os critérios de desempenho de janelas passou por um ?pente fino? nos últimos dois anos e recebeu algumas emendas. Os critérios de desempenho são abordados por classes de utilização e tipos de edificação, considerando sempre a localização geográfica onde o produto é instalado. A estanqueidade à água, ao ar e ao vento obedecem a índices diferenciados por região. A NBR 10821 inclui também requisitos de durabilidade, com remissão às normas específicas para cada tipo de perfil. A instalação, um dos principais focos de problema com caixilhos, não é abordada. O texto normativo acerca da instalação deve sair só no ano que vem. ?As **esquadrias** ainda são muito utilizadas para corrigir erros de prumo?, explica Vera Fernandes Hachich, coordenadora da comissão de revisão da NBR 10821 e coordenadora do grupo de caixilhos do Cobracon (Comitê Brasileiro da Construção).

**O que mais surpreende nesta versão é a obrigatoriedade das informações técnicas. Qual o teor deste tópico?**

Os fabricantes devem, agora, dizer a quais condições a janela atende. Essas informações devem constar do perfil, num folheto ou onde for mais conveniente para o fabricante. A falta de informações é um problema muito sentido nas revendas. O consumidor compra, muitas vezes, um caixilho inadequado para a sua obra. O mau desempenho do caixilho, mesmo quando utilizado para uma finalidade que não aquela proposta, fere a imagem do fabricante e prejudica o usuário.

**Parece um problema típico do mercado da autoconstrução.**

Não. O problema é geral. Algumas construtoras, quando não contam com um consultor, recorrem muitas vezes às lojas de materiais atrás de um produto mais barato. Imagine uma janela para habitação popular sendo utilizada em um edifício de 15 pavimentos. As condições de exposição são muito mais rigorosas. Está errado.

**Em algum momento os fabricantes sugeriram colocar as informações?**

Pelo Código de Defesa do Consumidor, todo produto deve possuir critérios de identificação para consumo. Isso transcende a norma. A identificação é uma questão legal, nem precisaria estar na norma técnica. Esta é uma forma de democratizar as informações.

**Quais critérios de desempenho são avaliados?**

São abordados alguns requisitos de durabilidade, que variam em função do material dos perfis, e de comportamento da janela construída, já com o vidro. A norma determina os ensaios que devem ser feitos, tanto de esforços de utilização quanto os ensaios de câmara de chuva, de vento, de ar. A instalação não é abordada. O texto normativo de instalações deve sair no ano que vem. Essa complementação é fundamental. Muitas vezes, o caixilho é usado para esconder erros de prumo e outros problemas da alvenaria.

**A norma define índices de estanqueidade à água e ao ar em função de diferentes regiões climáticas. Como isso é traduzido para o público leigo, o usuário da revenda, por exemplo?**

Existe uma designação que é técnica, por classes de utilização, mas a designação sempre remete a um tópico de informação muito claro. Lá está dito que a janela é de tal classe e pode ser utilizada em obras de até tantos pavimentos em tais e tais regiões.

**Os critérios para definição das classes são semelhantes aos adotados nas normas internacionais?**

A questão das classes de utilização ? residencial, comercial ou residencial simples, com dois, quatro, cinco ou mais pavimentos ? é uma prática encontrada em várias normas internacionais. Mas não são exatamente essas as classes que nós temos no Brasil.

**Quais são as diferenças?**

Esta norma tem uma classe de até quatro pavimentos, 12 m de altura, que é uma classe prevista na maior parte dos códigos de edificações do Brasil e que representa prédios sem elevadores. Isso caracteriza um tipo de edificação muito comum em Cohabs e conjuntos executados por secretarias da habitação de todo o País. Não há nada parecido na norma americana ou nas normas européias.

**Algumas obras apresentam, como você já disse, solicitações de uso muito mais rigorosas. Esta norma contempla, por exemplo, a chamada arquitetura excepcional?**

Na arquitetura excepcional, que inclui shoppings, hospitais, teatros e outras obras de grande volume, o direcionamento fica por conta de um responsável. Existe um laudo, um relatório determinando que o caixilho tem que apresentar tais e tais condições. Nós deixamos o cálculo a critério deste profissional. Há casos, no entanto, que podem se enquadrar nas condições mínimas estabelecidas na norma. Um shopping horizontal, por exemplo, pode não estar exposto a velocidades de vento nem a condições de pressão tão altas quanto um edifício de 10 pavimentos. Neste caso, a observação da norma, pura e simplesmente, pode assegurar as condições exigidas. A norma diz, claramente, quais são as classes que requerem condições especiais de desempenho.

**De qualquer forma, é uma maneira de atribuir responsabilidade técnica ao consultor, e também à construtora.**

Exato. Há obras de edifícios comuns, de 8, 10 pavimentos, sem o apoio técnico de um consultor de **esquadrias**. A relação do construtor com o fornecedor é direta. Para isso existem os critérios mínimos e as classes de utilização. O dimensionamento para verificar condições acima das condições mínimas cabe ao consultor. Partimos do pressuposto de que pode haver manipulação matemática. Existem pressões muito grandes sobre as construtoras para que sejam reduzidos os custos de caixilharia. Para ganhar uma obra, o fabricante de caixilhos tem que aceitar condições que não são ideais nem adequadas tecnicamente. Aí, então, o consultor tem onde se apoiar. Ele diz: não posso fazer isso, está fora da norma.

**Comparada a outras normas de desempenho, a atual parece chegar a níveis de detalhes bem maiores.**

É a primeira norma no mundo a tratar do conforto térmico. Nós chegamos a discutir até com a associação norte-americana dos fabricantes de **esquadrias** de PVC e alumínio. Eles elogiaram bastante esse tópico. As normas européias e norte-americanas tratam a estanqueidade ao ar numa perspectiva de climatização e economia de energia. Lá são necessárias janelas totalmente estanques, em razão do frio e do condicionamento de ambientes. Nós não temos essa necessidade na maioria das regiões do País. Ao contrário, aqui, a troca de ar com o meio externo é desejável. Os deltas de variação de temperatura mais acentuados limitam-se a pouquíssimas regiões. Claro que, em se tratando de edifícios com mais de quatro pavimentos, ou que sejam climatizados, os critérios são outros.

**A norma estabelece também as velocidades máximas de entrada de ar. Por quê?**

É uma forma de medir a qualidade do projeto no que diz respeito à existência de folgas excessivas e à colocação adequada do selante. A conformidade a este requisito é uma forma de garantir que não ocorram rajadas indesejadas pelas frestas, que é bastante desagradável para o consumidor. Dada uma pressão, você não pode ter entrada de ar em velocidade. É muito comum ocorrerem correntes bruscas. Isso se deve muitas vezes à falta de selante e à deficiência do sistema de vedação.

**Não só a exposição ao vento e à chuva varia de região para região. Os ambientes apresentam diversas particularidades. A norma prevê, por exemplo, cuidados especiais nos ambientes agressivos, como a orla marítima?**

Pela primeira vez a norma prevê requisitos de durabilidade. Por exemplo: essa norma remete, no caso dos perfis de alumínio, à norma de anodização, que define a espessura da camada de anodização que o perfil deve receber em função da região na qual o caixilho é instalado. No caso dos caixilhos de PVC, de madeira e de aço, a norma remete aos critérios mínimos estabelecidos pelo IPT, atualmente em discussão no âmbito do Cobracon, que determinam a necessidade ou não de proteções específicas, ensaios de exposição acelerada e outros cuidados para atender a diferentes exigências de durabilidade.

**A isolamento acústica é, sem dúvida, um dos pontos mais fracos dos caixilhos produzidos no Brasil. Esta norma prevê um desempenho mínimo neste quesito?**

Não. Há apenas critérios de orientação ao comportamento acústico no item 6 da NBR 10821. Há ainda uma norma específica para a realização de ensaios de acústica e critérios de desempenho que vêm sendo discutidos no projeto do PBQP-H. O nível do desempenho acústico depende do uso a que a edificação se destina e das condições de exposição ao ruído aos quais a edificação está exposta.

**Mas por que, em geral, a isolamento é tão ruim?**

Porque essa não é uma preocupação brasileira. Começa a ser nas grandes cidades, mas não há legislação, exceto para

casa de espetáculos, teatros hospitais e obras especiais. Talvez haja a necessidade de uma regulamentação, que hoje não existe. De qualquer forma, já existem caixilhos industrializados de vários materiais de bom desempenho acústico. Mas ainda não há condições de partir para exigências mais rigorosas.

**Você acredita que a norma pode ajudar a alavancar a qualidade dos produtos?**

Eu acho que sim. Não apenas por causa da norma. O PBQP-H tem ajudado bastante a mobilizar as empresas, privilegiando os programas setoriais da qualidade. O setor de caixilhos de PVC já encampou a mobilização, e agora o setor do aço. Os fabricantes de caixilhos de alumínio sinalizaram que vão seguir o mesmo caminho.

**A que você atribui essa mobilização?**

De dois ou três anos para cá diversos tipos de caixilhos internacionais foram especificados em obras de destaque no Brasil. O Brasil talvez seja o único mercado com uma economia razoável em que os fabricantes internacionais não apareçam. Esse pessoal fabrica quatro, cinco milhões de caixilhos por ano. A competitividade está batendo na porta, e as empresas nacionais sabem disso. Paulo Kiss

## TEMA 02: Esquadrias de PVC

### Esquadrias de PVC

Téchné 50  
Por Ubiratan Leal

Bom desempenho termoacústico abre espaço para as **esquadrias** de PVC no mercado. Fabricantes nacionais oferecem modelos de série ou produtos sob encomenda

As **esquadrias** de PVC são aplicáveis em todos os tipos de edificação. Além dos modelos de série, a maioria dos fabricantes oferece produção sob encomenda. As possibilidades arquitetônicas e de acabamentos são vastas. O conforto termoacústico é visto como um dos principais fatores de aceitação desse tipo de esquadria. De acordo com Vera Hachich, coordenadora do grupo de caixilhos do Cobracon (Comitê Brasileiro da Construção) e uma das autoras da revisão da NBR 10821, que define os critérios de desempenho de janelas em geral, "o PVC tem bom desempenho termoacústico em comparação com outros materiais utilizados em caixilhos" (veja tabela 1). "Como é um isolante termoacústico eficiente, o PVC é o material mais adequado para execução de **esquadrias** de características especiais, como as que empregam vidro duplo, triplo ou duplo com espaçamento interno com gás?", explica Vera. As **esquadrias** podem, no entanto, empregar vidro único de qualquer tipo e espessura. A colocação dos vidros é efetuada em conformidade com a NBR 7210, ou seja, os calços entre o vidro e a esquadria permitem a movimentação da folha sem a transmissão de tensões ao perfil de PVC. A peça de amortecimento pode ser de madeira, borracha, plástico ou chumbo. A bagueira pode ser removida na necessidade de troca de vidros danificados. A instalação do caixilho influi diretamente no desempenho do sistema. As folgas entre o caixilho e a parede devem ser calafetadas. A ancoragem na alvenaria pode ser efetuada com o uso de grapas, parafusos ou contramarcos metálicos.

#### Desempenho

A vedação adequada entre a esquadria e o fechamento da edificação aumenta a estanqueidade do sistema à água. As condições de vedação a chuvas são influenciadas pela intensidade do vento, variando de acordo com as regiões do Brasil. A norma prevê, para cada tipo de edificação, as pressões de vento máximas que a esquadria deve suportar sem permitir a entrada de água. O Brasil é dividido em cinco regiões, de acordo com as isopleias de velocidade básica de ventos predominantes em cada uma. Em relação ao conforto térmico, a diferença de condições climáticas e a permeabilidade ao ar da janela são as principais condicionantes (veja tabela 2). O desempenho em relação à permeabilidade ao ar é tratado de forma especial nos casos de edificações situadas nas regiões mais frias ou que possuam ar-condicionado. No caso de calor intenso, os perfis de PVC devem se comportar de acordo com a norma NBR 10821, que trata de caixilhos para edificação. Em relação ao amolecimento, a norma do Cediaplac CP8/99 prevê que os perfis permaneçam rígidos até 76°C (o material, segundo os fabricantes, só se deforma a 140°C). A norma diz ainda que, a 0°C, o perfil deve resistir a impactos de objetos duros de 1 kg, lançados a 1 m de altura. É possível, porém, segundo os fabricantes, obter a mesma resistência a -10°C.

#### Mais

Cediaplac (Centro de Documentação e Desenvolvimento da Indústria de Plásticos para a Construção Civil), tel. (11) 210-1477.

#### Leia

**Esquadrias** de PVC ? Tecnologia, Especificação, Projetos (manual), Trikem, 2000. Pedidos: *e-mail*

#### informações

#### também:

## TEMA 03: Caixilho de alumínio pintado ou anodizado

### Caixilho pintado ou anodizado?

#### Téchne 35

No passado, os preços proibitivos da pintura eletrostática a pó impunham a anodização como elemento de acabamento do alumínio empregado na fabricação das **esquadrias**, com possibilidades de variações de cores e aspecto final. A implantação, pela indústria brasileira, de linhas verticais de pintura eliminou o critério do preço, colocando a escolha dentro de parâmetros técnicos e estéticos. O arquiteto e a construtora têm hoje liberdade para especificar corretamente o acabamento mais resistente e adequado às normas técnicas vigentes, garantindo durabilidade e desempenho ao acabamento da esquadria

#### **Anodização: alumínio transformado**

A primeira etapa do processo de anodização é a do pré-tratamento, que define o aspecto do perfil ? fosco, leitoso, escovado. Posteriormente, a anodização transforma quimicamente a superfície do alumínio, formando uma película extremamente dura, isolante elétrica, porosa e transparente, que protege o alumínio contra as corrosões atmosférica e galvânica. Essa película é conhecida como camada anódica e quanto maior a espessura, maior será sua penetração no alumínio; portanto, trata-se de uma camada de conversão.

Porosa, a camada anódica é, em seguida, impregnada por sais metálicos, como o estanho e o cobre, ou anilina, resultando na coloração do alumínio. Como os sais metálicos têm maior solidez à luz, a coloração é usada para fins arquitetônicos em áreas externas e internas, obtendo, entre outras, tonalidades como champagne, bronze, vinho e preta. A última fase do processo é a selagem da camada anódica pela hidratação da alumina, aumentando o volume específico de seus grãos, que conseqüentemente fecha os poros do óxido de alumínio, tornando-o praticamente impermeável. Essa parte do processo é um complemento obrigatório, pois aumenta a resistência da camada anódica contra a corrosão.

A qualidade da camada anódica formada sobre o alumínio ? dada pela dureza, resistência à corrosão e à isolamento elétrica ? depende diretamente das condições do processo de anodização. Por isso, não basta determinar a espessura da camada anódica, mas a empresa anodizadora deve amarrar todos os parâmetros operacionais e mantê-los dentro dos padrões ideais de qualidade, obedecendo a parâmetros químico e elétrico. Na Europa, existe a EWAA (European Wrought Aluminium Association), órgão fiscaliza-dor que vistoria de três a quatro vezes por ano as condições de trabalho das empresas anodi-zadoras. As firmas aprovadas passam a ter o direito de comercializar seus produtos na União Européia, utilizando o selo de qualidade da EWAA.

No Brasil, a NBR 12609 ? ?Anodização para fins arquitetônicos? fixa os requisitos mínimos de qualidade e os teores de conformidade de camadas anódicas para aplicação arquitetônica, e especifica as classes de camada anódica, conforme a zona aplicada.

Classe Camada Zona

A 13 De 11 a 15 micra Agressividade baixa e média (rural)

A 18 De 16 a 20 micra Agressividade alta

(marítima)

A 23 De 21 a 25 micra Agressividade

excessiva (industrial)

Obs.: Os números 13, 18 e 23 que sucedem a letra ?A? identificam o valor médio da camada em micra

Como documentos complementares, a NBR 12609 exige o atendimento a outras normas para seus testes de conformidade, além de amarrar os itens abaixo:

- Composição da liga do alumínio
- Espessura da camada anódica conforme a região de uso
- Testes de conformidade

Entre os testes importantes está o que determina a ?solidez à luz? (NBR 12612): a anodização colorida deverá resistir, no mínimo, a 600 horas de exposição aos raios ultravioleta, produzidos por lâmpada especial, sendo seu comprimento de onda durante o teste em torno de 313 nanômetros. A amostra deverá ficar distanciada 190 mm da fonte emissora e sua temperatura não deverá exceder a 900C. Neste teste, quanto maior o comprimento de onda, menor será a intensidade do raio ultravioleta.

As normas ABNT são instrumentos suficientes, e de nível internacional, para a determinação da qualidade e conformidade dos produtos anodizados para fins arquitetônicos, pois foram baseadas nas normas ISO (International Organi-zation for

Standardization).

#### Cuidados especiais

A manipulação das **esquadrias** de alumínio anodizado merece alguns cuidados durante a obra, especialmente se sua instalação coincidir com a fase de reboco ou se houver resíduos aquosos, como infiltração de laje. O contato desses materiais com as superfícies anodizadas causa danos irreversíveis. Como prevenção, os caixilhos deverão estar protegidos até o término da obra. O produto mais utilizado é a vaselina em pasta que, ao ser aplicada, deve evitar o contato com as guarnições de EPDM, que ressecam ou se esfrelam em presença de produtos orgânicos, principalmente solventes. Outra opção é a fita adesiva, desde que tenha garantia do fabricante de não ressecar ou de aderir demasiadamente em presença de raios solares.

No término de obra é muito comum o uso de ácidos muriático e fluorídrico como agentes de limpeza para fachadas e pisos. As **esquadrias** próximas deverão, também, receber vaselina em pasta, pois o ataque desses ácidos pode remover a anodização dos caixilhos. O ideal é que a lavagem de fachadas seja feita antes da colocação dos caixilhos de alumínio.

A remoção da vaselina em pasta e a limpeza dos caixilhos, para revisão e entrega da obra, são feitas com panos e flanelas umedecidas em solventes orgânicos, como aguarrás e Thinner, novamente cuidando para não comprometer as guarnições de EPDM. Posteriormente, a esquadria é lavada com detergente neutro (5 % em água) e esponja macia.

A conservação dos caixilhos está diretamente ligada à manutenção. Conforme a agressividade da zona em que a esquadria foi instalada, é necessária uma periodicidade maior de limpeza, sempre com detergente neutro a 5 % em água e esponja.

Recomenda-se:

Zona Agressividade Limpeza

Industrial Excessiva Trimestral

Marítima Alta Semestral

Rural e urbana Baixa e média 18 meses\*

\*Nos grandes centros urbanos é aconselhável a limpeza anual.

Obs.: A norma ABNT 12609 salienta que em zonas marítimas (cloro) e zonas industriais (enxofre), de alta agressividade, a deterioração da camada anódica decorrente da deposição de detritos de cloro e enxofre dependerá do nível e frequência com que é feita a limpeza. Nas obras em que o período de limpeza é muito prolongado, é aconselhável, após a limpeza, a utilização de uma cera abrasiva ou automotiva nas **esquadrias**.

#### **Pintura: cor e proteção**

A pintura eletrostática a pó, diferentemente do processo de anodização, resulta da deposição de tinta sobre a superfície do alumínio, sem alterações químicas do metal. Outro diferencial importante é que a camada de pintura que tem, em média, 60 micra atua como elemento de proteção do alumínio. Além de se apresentar como solução estética para fachadas, é recomendada para zonas de alta agressividade, como a marítima e a industrial. A qualidade da pintura é determinada pela fase de pré-tratamento do alumínio, que inclui o desengraxamento, a neutralização da solução alcalina do desengraxante e a cromatização, responsável pela aderência da tinta no alumínio. A espessura mínima de cromatização é especificada pelas normas européias é de 0,2 gr/m<sup>2</sup>.

Por meio de pistolas especiais, a tinta em pó poliéster se carrega eletrostaticamente. Energizada, se descarrega sobre o alumínio que está aterrado, depositando assim a tinta em pó sobre o metal que fora previamente cromatizado. Depois da pintura, o alumínio é introduzido numa estufa e aquecido à temperatura de 200°C. A tinta em pó funde-se sobre o metal e se polimeriza, formando uma película média em torno de 60 micra a 70 micra, com excelente aderência sobre o alumínio cromatizado. De acordo com a Qualicoat (Quality Label for Paint and Powder Coatings on Aluminium for Architectural Applications), a camada de tinta a pó polimerizada sobre o metal pode variar de 40 micra a 120 micra.

Atualmente, está na ABNT o projeto de norma 01:803.01-001, Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas revestimento orgânico, para pintura sobre o alumínio destinado à arquitetura, o qual é complementado por outras normas já existentes e seus testes de conformidade.

As construtoras devem exigir das indústrias que aplicam tinta em pó poliéster em alumínio a garantia de que o processo obedece às exigências da Qualicoat e da norma inglesa British Standard BS6496. Entre os testes de conformidade, os mais importantes dizem respeito a:

? medição da espessura da tinta polimerizada sobre o metal, que deverá ser de 40 micra a 120 micra (média de 60 micra)

? de aderência da tinta sobre o metal, que avalia o pré-tratamento (cromatização)

? de impacto e dobramento, que observam se a tinta foi totalmente polimerizada na estufa.

Os testes de intemperismo (raios ultravioleta) deverão ser feitos e controlados pelo fabricante da tinta em pó.

Cuidados e conservação

Para remover argamassa depositada sobre peças de alumínio pintado é preciso ter o cuidado de não esfregar com pano o

lugar afetado, pois a areia irá atritar o alumínio pintado. Recomenda-se jogar água sobre a área e esfregar a argamassa com os dedos. Existem no mercado produtos levemente ácidos (exemplo, removedor A 700, da Amplexa), que não atacam a pintura e removem os respingos da argamassa, ajudando em seu esfrelamento.

Os respingos de tinta látex devem ser removidos com um pano umedecido em álcool. Jamais utilize solventes, como Thinner, acetona e outros. O álcool deverá ser usado somente para retirar o respingo de tinta látex, não devendo ser adotado como produto de limpeza.

Para eliminar arranhões leves em peças de alumínio pintado, o ideal é o uso de cera de polir automotiva. Os arranhões mais profundos pedem massa de polir automotiva n0 2; no entanto, após sua aplicação, a pintura perderá um pouco de brilho, que poderá ser melhorado com o uso posterior de cera do tipo Grand Prix.

Peças pintadas que sofreram impactos fortes, a ponto de revelar o metal-base, deverão sofrer um lixamento no local, com lixas n0 300 ou 400; limpe o local com pano umedecido em álcool e aplique a tinta líquida de retoque (alquídica modificada). Observe que o seu uso é somente local e não serve para pintar grandes áreas, pois tem uma qualidade (dureza) inferior à da película de tinta curada em estufa.

As fitas adesivas empregadas na proteção do perfil pintado durante a obra deverão ter garantia do fabricante quanto à resistência aos raios solares, para não aderirem em demasia ou ressecar sobre as peças pintadas até a época de sua remoção. Após a entrega da obra, a limpeza das **esquadrias** de alumínio deverá ser periódica, conforme a zona aplicada.

Zona Agressividade Limpeza

Industrial Excessiva Trimestral

Marítima Alta Trimestral

Rural e urbana Baixa e média 18 meses

Obs.: Utilize na limpeza o detergente neutro (5% em água), com auxílio de esponja macia.

A pintura eletrostática a pó apresenta vantagens objetivas quando comparada com a anodização. Além de oferecer ampla gama de cores aos arquitetos, proporciona maior uniformidade de cor que as peças anodizadas. Cobre os defeitos de veias de extrusão e ligas, salientadas na anodização. A pintura pode ser retocada no local com tinta líquida e não apresenta perda de peso proveniente do pré-tratamento, como ocorre na anodização. Possui maior resistência aos produtos ácidos e alcalinos, e maior resistência em zona industrial. A camada obtida pode ser usada em qualquer zona (rural, marítima e industrial), enquadrando assim as **esquadrias** padronizadas dentro das normas, já que são vendidas sem se saber seu destino. Para zona industrial e marítima, o custo é menor que o da anodização.

Comparativo de preços

Os preços da anodização variam em função da camada anódica e das cores, enquanto os da pintura eletrostática a pó sofrem pequena variação determinada por famílias de cores. Em ambos os casos, o preço final vai depender da linha de perfil utilizado. Na composição de custos do caixilho de alumínio, a pintura branca, ou a anodização Classe A 13 colorida, representa entre 6% e 12%. O custo da pintura para as zonas marítima e industrial é inferior ao da anodização, com a vantagem adicional de apresentar resistência às agressões de qualquer um desses ambientes.

## TEMA 04: Fachadas “Pele de Vidro”

### Esquadrias especiais chegam à terceira geração

Techne, 70 Simone Sayegh

Componentes de alumínio e vidro em módulos unitizados são a última palavra em fechamento cortina

As **esquadrias** especiais requerem projeto específico, baseado no projeto arquitetônico do edifício. São fabricadas para atender a características exclusivas, mas tiram partido dos modelos de alumínio padronizados, que na sua maioria são produzidos em forma de T ou tubular retangular. Em geral, fazem parte do universo das soluções de fachada cortina utilizadas na maioria dos edifícios comerciais, hotéis e flats.

Uma nova geração de **esquadrias** especiais, chamadas unitizadas, já trazem o vidro incorporado e são fixadas a ancoragens nas lajes (ver detalhes). O trabalho de fechamento é bastante facilitado e preciso, como mostraram as obras da nova sede do BankBoston em São Paulo.

A escolha da esquadria mais apropriada pode ser feita por um consultor especializado contratado diretamente pela construtora, que analisa custos, montagem, características técnicas e disponibilidade de mão-de-obra das empresas de caixilhos.

Apesar das diferentes soluções, todas as fachadas devem atender aos requisitos de desempenho da norma 10821, revisada em 1999, que fixa parâmetros de comportamento das **esquadrias** com relação à ação de chuva, ventos e cargas acidentais. Dependendo do tipo de sistema escolhido, pode sofrer testes de avaliação de desempenho em uma câmara de ensaio especial. A Câmara Azul da Afeal (Associação dos Fabricantes de **Esquadrias** de Alumínio) ensaia fachadas cortina e permite a execução de três pavimentos-modelo. A câmara realiza testes de estanqueidade e resistência à ação de pressões negativas e positivas e a cargas acidentais. "Uma fachada deve durar pelo menos 20 anos, e os ensaios são fundamentais para garantir parte dessa vida útil", explica João Batista Padilha, presidente executivo da Afeal.

#### Projeto e montagem

A solução de fachada escolhida deve estar compatibilizada com o projeto estrutural do edifício. "Uma laje de concreto protendido possui cabos de protensão que não podem sofrer interferências de parafusos e ancoragens dos perfis de alumínio", explica Paulo Celso Duarte, consultor em projetos de fachadas. Cada solução estrutural tem suas restrições que devem ser respeitadas. Após as análises e escolha do tipo adequado, parte-se para o controle tecnológico dos perfis. Cabe a eles a responsabilidade estrutural das fachadas e para tanto devem resistir à ação de vento e permitir a colocação de vidros, silicones, gaxetas e dispositivos auxiliares sem apresentar deflexões permanentes. O desenho dos caixilhos e a qualidade dos vidros também devem proporcionar conforto térmico e acústico aos usuários do edifício e os elementos de encaixe, como as gaxetas, devem ser bem flexíveis e não ressecar ao longo do tempo.

Além de serem produzidos nas fábricas, os caixilhos também podem ser confeccionados dentro do próprio canteiro de obras. Dependendo da demanda de quadros, colunas e travessas, a produção torna-se mais econômica se for transferida para uma área reservada dentro do terreno da obra, como as áreas dos subsolos. Os caixilheiros passam a receber, cortar e usinar o alumínio dentro do canteiro e aumentam a produtividade de execução das fachadas, pois eliminam o tempo de transporte do sistema da fábrica até a obra. Além disso, a ausência do transporte elimina o pagamento de taxas como o ICMS, imposto de circulação de mercadorias e serviços, e permite a estocagem de quadros e vidros com maior segurança, pois o transporte provoca quebras e lascas. "Existem algumas obras que justificaram até a compra de novas máquinas", afirma Duarte.

Todos os sistemas de fachada são fixados na estrutura do edifício por parafusos ou chumbadores. Essa dependência exige que a estrutura seja executada de maneira rigorosa para evitar grandes desaprumos. Os corretos prumo e alinhamento garantem menor tempo de montagem e maior qualidade final do sistema. Os caixilheiros devem especificar em contrato a qualidade da estrutura que necessitam para montar a fachada no prazo e custo determinados, pois é comum que antes da instalação dos caixilhos as lajes desalinhadas tenham que ser corrigidas, o que demanda tempo e mais dinheiro. Em geral, são utilizados calços nas ancoragens reguláveis que podem sobrecarregar os parafusos. Nesses casos, é preferível colocar um cavalete de aço e preencher com graute de concreto.

#### Problemas comuns

A patologia mais comum é a infiltração de água. Projetos malfeitos, materiais de má qualidade e execução deficiente são os grandes responsáveis. "Tudo afeta a eficiência do sistema, desde a escolha da linha de perfis até a qualidade das borrachas", explica Duarte. Os perfis de alumínio podem ser de boa qualidade e possuir desenho apropriado mas se as

gaxetas estiverem ressecadas perdem flexibilidade e não garantem mais vedação. Além disso, a mão-de-obra de instalação deve ser especializada e conhecer a função de cada elemento do sistema para evitar erros de colocação das peças. "Se as borrachas forem instaladas dobradas, o painel não vai funcionar."

que os sistemas são mais sofisticados, apresentam menos problemas futuros. No entanto, a manutenção é dificultada. A troca de vidros estruturados com silicone traz alguns inconvenientes. A peça de vidro deve ser arrancada, limpo o silicone, colocada nova peça com protetor de junta, injetado o novo silicone e completada a cura. Esse é o problema. A cura de um silicone monocomponente, usualmente utilizado na troca dos vidros, só termina depois de cinco a seis dias. Para esses casos é importante prever em projeto dispositivos de fixação temporários dos vidros enquanto a cura não está completa. A limpeza da fachada também deve ser prevista e feita de acordo com a recomendação de cada fabricante. É importante evitar a utilização de máquinas que produzem jatos de água pois a pressão pontual do jato abre os selos do sistema e acaba com a estanqueidade da fachada.

## **Cortina**

A rigor, todo fechamento externo de um edifício que seja estruturado de maneira independente e destacado da estrutura recebe o nome de fachada cortina. Dentro desse universo existem as fachadas cortinas com vidros encaixilhados, uma das primeiras a "envolpam" os edifícios comerciais dos grandes centros, as fachadas tipo pele de vidro e, as mais recentes, as unitizadas, compostas de painéis independentes estruturados com alumínio e vidro que podem ser associados a outros revestimentos. Apesar de a solução com painéis ser a mais recente, muitos arquitetos optam por sistemas nos quais os vidros são fixados mecanicamente, pelo menos em uma direção, com o emprego de perfis-tampa ou caixa. Essa "volta" ao passado tem caráter puramente estético. A seguir, conheça as principais características de cada solução.

### **1a geração**

#### **Fachadas relógio**

São os primeiros modelos de fachada cortina com vidros encaixilhados em perfis de alumínio. Esses vidros formavam quadros que eram presos às colunas contínuas e travessas por meio de ganchos não reguláveis. Para tanto, a estrutura deveria ser perfeitamente executada, como um "relógio", o que restringia sua utilização.

### **2a geração**

#### **Pele de vidro**

Nessa geração, os quadros de vidros passam a ser aparafusados com presilhas, sobrepostos às colunas e travessas. A dependência de uma estrutura bem feita não é minimizada. O alumínio externo que sustenta os vidros já é apenas um pequeno filete, o que faz com que esse tipo de fachada seja chamada de pele de vidro. Os quadros são independentes e podem ser retirados.

#### **Estruturadas com silicone (structural glazing)**

É a evolução da pele de vidro, mas o conceito também é adotado em fachadas cortina ou no sistema unitizado. A quantidade e espessura do silicone utilizado são determinadas de acordo com as pressões de vento positivas e negativas do local, altura do edifício e linha do perfil utilizado. As colunas e travessas ainda são contínuas e presas à estrutura e a montagem é feita manualmente com o uso de andaimes externos. Intempéries como sol extremo e chuva atrapalham a montagem.

### **3a geração**

#### **Sistema unitizado (unitezed system)**

A fachada é formada por painéis independentes estruturados com vidro, cerâmica ou granito, içados com o auxílio de guindastes e fixados por meio de ancoragens reguláveis. O sistema de montagem é mecanizado. Cada painel cobre uma altura de pé-direito e possui uma ou duas larguras de acordo com o projeto arquitetônico. É formado por colunas e travessas e dispensa

a subestrutura para conter o vidro. A fixação pode ser mecânica ou utilizar silicone. Os painéis são totalmente pré-fabricados, o que aumenta o controle tecnológico e garante maior qualidade de fechamento à fachada.

A instalação pelo sistema mecanizado é rápida e o início da execução de serviços elétricos, hidráulicos e de acabamentos internos pode ser antecipado.

"O modo de construir no Brasil justamente destrói essa interseção. Os fabricantes de **esquadrias**, por exemplo, produzem componentes do tamanho que querem, em dissonância com outros componentes e elementos. O construtor é obrigado a fazer vãos inusitados ou, às vezes, tem de quebrar a alvenaria para que as coisas se encaixem. Isso é retrabalho, é algo que joga contra a produtividade. Ainda é rara, infelizmente, a coordenação modular dos projetos". CEOTTO, TECHNE, 69

## TEMA 05: Esquadrias anti-ruídos

### Esquadrias anti-ruídos

Téchne 86 - maio de 2004

Texto original de Bruno Loturco

*Para melhorar o conforto acústico das edificações é essencial realizar estudos de avaliação prévia e utilizar produtos submetidos a ensaios*



Laboratório de acústica da Divisão de Engenharia Civil do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo)

Um dos indicadores de expansão urbana mais perceptíveis é o índice de ruído. Em contrapartida, altos índices de ruído ocasionam menor qualidade de vida. Portanto, ao menos dentro de residências e locais de trabalho, todo o barulho excessivo deve ser contido.

A eliminação total dos ruídos não é recomendada, conforme explica o pesquisador do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), João Gualberto de Azevedo Baring. "Não se deve silenciar demais um ambiente, pois qualquer ruído que, em condições normais passaria despercebido, passa a nos chamar a atenção", explica.

A solução é, portanto, reduzir a penetração das ondas sonoras nos ambientes. Para isso é necessário modificar os componentes construtivos que compõem as fachadas. Utilizando materiais com melhores propriedades isolantes em relação à acústica obtém-se um ambiente interno menos poluído sonoramente.

Por fazerem parte da fachada, as janelas são itens fundamentais nos projetos de acústica. No entanto, não têm maior ou menor responsabilidade do que a alvenaria quanto à proteção sonora de determinado ambiente. De acordo com o pesquisador do IPT, Peter Joseph Barry, "não há distinção de elementos do ponto de vista da acústica". A NBR 10152, que atua sobre as exigências de conforto acústico, determina que são as fachadas ? quaisquer que sejam seus elementos ? que devem garantir a isolamento necessária a fim de atingir os níveis de ruídos aceitáveis para os ambientes.

A justificativa é simples, conforme explica o pesquisador. "O que interessa para o consumidor é quanto de ruído passa pela fachada, não o quanto a janela absorve", argumenta. Esse é, também, o mesmo motivo pelo qual não existem testes específicos para janelas e **esquadrias** ? ou qualquer outro componente individual.

Dessa forma, o mais importante passa a ser não a quantidade de testes por que passaram materiais e produtos, mas sim o padrão seguido em tais testes.

Índices obtidos em metodologias semelhantes proporcionam aos consultores em acústica dados seguros para a especificação de produtos. Isso porque, ao iniciar um projeto de acústica, o mais comum é medir o nível de ruído na região e determinar qual a isolamento necessária da fachada.

#### **Referências essenciais**

A NBR 10152 dita parâmetros de conforto acústico para diferentes tipos e finalidades de ambientes em edificações (veja tabela). O objetivo é determinar condições para avaliar quais os níveis aceitáveis de ruído ambiente nos respectivos recintos de uma edificação.

Para tanto, a norma estabelece critérios de medição. As medições anteriores à construção devem observar, principalmente, a ausência de fontes sonoras interferentes que influenciem no resultado final. Após o término da obra, a

medição deve ser feita respeitando uma distância mínima, que deve ser de 1 m, de qualquer superfície como paredes, teto ou mesmo móveis.

Com a finalidade de aumentar a precisão do resultado, devem ser observados os valores de, pelo menos, três posições distintas, distantes 0,50 m entre si. O resultado final do Nível de Ruído Ambiente será a média aritmética dos três resultados. Tais valores devem ser arredondados para o número inteiro mais próximo. De posse desses resultados basta compará-los com os valores recomendados pela norma e averiguar qual a situação.

O diretor comercial da Atenuasom, Edison Claro de Moraes, explica que, a fim de obter um resultado final satisfatório, é importante considerar as características do ruído, a frequência predominante, o modelo e as características da janela desejada.

O cálculo de isolamento acústico de uma edificação é definido a partir da diferença entre o nível sonoro desejado no interior do ambiente e o nível sonoro produzido pela fonte externa. Caso o resultado obtido seja muito superior ao da recomendação da norma, será necessário lançar mão de materiais com performance elevada de redução de ruído nas fachadas.

**INTERVALOS APROPRIADOS PARA O NÍVEL DE RUÍDO AMBIENTE.  
CONFORME FINALIDADE MAIS CARACTERÍSTICA DE UTILIZAÇÃO**

Tipo de recinto	Nível de ruído ambiente (dBA)
Auditórios (outros/sem ocupação)	25-35
Berçários e creches (sem ocupação)	30-40
Bibliotecas	35-45
Cinemas (sem ocupação)	30-40
Consultórios médicos e dentários (sem ocupação)	35-45
Escritórios de atividades diversas	45-55
Lojas de departamentos e lojas em <i>shopping centers</i>	40-50
Quartos em apartamentos residenciais e em hotéis (sem ocupação)	30-40
Quartos em hospitais	35-45
Restaurantes (outros), refeitórios, cantinas e lanchonetes	40-50
Aeroportos, estações rodoviárias, metroviárias e ferroviárias	50-60
Saguões em geral	45-55
Salas de aula (sem ocupação)	35-45
Salas de espera	40-50
Salas de estar em residências (sem ocupação)	35-45
Salas de reunião	30-40
Salas de cirurgia	30-40
Salas de computador	45-60
Teatros	25-35

Fonte: UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina)

Obs.: A revisão da NBR 10152 em fase final recomendará um só valor limite aceitável para cada recinto conforme a sua finalidade de uso e sem ocupação. Teatros, auditórios, estúdios e cinemas são obras especiais sujeitas a restrições específicas.

**VALORES DE ISOLAMENTO ACÚSTICO DE ALGUNS COMPONENTES CONSTRUTIVOS**

Componente	dB					
	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Frequência (Hz)						
Parede maciça espessura 15 cm ( $1.600 < \gamma < 2.000 \text{ kg/dm}^3$ )	35	36	40	46	52	58
Bloco concreto vazado 15 cm	33	34	35	39	45	51
Gesso 12 mm	21	26	27	28	29	30
Madeira 6 mm	5	11	15	17	19	20
Chapa de aço 1,5 mm	25	31	37	42	46	49
Vidro monolítico 3 mm	12	17	22	26	27	28
Vidro monolítico 6 mm	17	23	25	26	27	28
Janela vidro duplo – câmara de ar 150 mm (vidros de 4 mm)	38	35	40	52	48	38

Fonte: Windows Performance, Design and Installation

**Resultados aplicados**

A responsabilidade pela adaptação da edificação a níveis de ruído que proporcionem conforto aos usuários é do projetista. Esse profissional é quem definirá o nível de isolamento necessário e os componentes construtivos a serem utilizados.

Um cálculo eficiente deve levar em consideração, segundo a NBR 10152, as áreas de todos os componentes que compõem a fachada, o isolamento que cada componente proporciona separadamente e o isolamento proporcionado pelos elementos conjugados.

É importante considerar que, no interior da edificação, o nível sonoro será resultado não apenas do isolamento oferecido pela fachada, mas também das características da absorção sonora do recinto. Ou seja, deve-se considerar o revestimento das superfícies internas, como carpetes, cortinas e poltronas estofadas, por exemplo.

O caminho certo, portanto, para a elaboração de um eficiente projeto de acústica é, nessa ordem, a verificação do nível de

ruído externo, o levantamento da redução necessária e a especificação. O ganho de produtividade nessa última etapa vem sendo alcançado, por algumas construtoras, com uma estratégia simples, conforme ilustra o pesquisador do IPT, Peter Joseph Barry.

"Tem sido adotado como referência a isolamento garantida pelos fabricantes das janelas", explica Barry. Tal garantia é oferecida somente após a certificação dos resultados, que é obtida por meio de ensaios padronizados.

Esses são, ainda de acordo com Barry, os procedimentos adotados na maioria dos países europeus. "Na Europa, junto às demais especificações, vem a especificação do nível de ruído a isolar."

No Brasil existe a expectativa de que, com a definição dos níveis de conforto obrigatórios, que está atualmente em curso, a exigência com os construtores aumente. Dessa forma, esse último grupo irá aumentar a pressão sobre os fornecedores, que terão de se adequar para se manterem competitivos.

A certificação é obtida após a submissão do produto ou componente construtivo a um ensaio em câmara acústica. Conforme dito anteriormente, não existe diferenciação do ponto de vista da acústica. Por isso é possível realizar um mesmo teste para os diversos produtos e respectivas finalidades.

Para o ensaio o produto é posicionado entre duas câmaras reverberantes. Em uma dessas câmaras está a fonte sonora. Durante o ensaio variam-se tanto a frequência quanto o nível do som. Todas essas variações são medidas nas duas câmaras, entre as quais foi posicionado o elemento a ser testado.

No entanto, não é apenas o ensaio que vai determinar a eficácia do projeto, mas sim a aplicação correta dos elementos. O consultor em acústica, José Augusto Nepomuceno, lembra que "quando o controle de desembolso é importante, é recomendada cautela na seleção de espessuras de vidros". O STC (Isolamento Acústico) proporcionado por um vidro laminado de 16 mm, exemplifica Nepomuceno, é 40 dB. O STC de um laminado de 13 mm é 38 dB. Em vista da pequena diferença de performance, o custo pode vir a ser o fator decisivo da escolha.



Com vidros acústicos instalados com vedações especiais, a esquadria de alumínio da Atenuasom foi ensaiada pelo IPT. A composição é de duas camadas de vidro de 4 mm, intercaladas por uma câmara de ar de 20 mm

### **Janelas e vidros**

Embora seja escassa a quantidade de literatura existente que trata do desempenho acústico de caixilhos, os especialistas fazem algumas observações acerca da atenuação acústica. Sabe-se que os vidros contam com baixo fator de amortecimento estrutural. Assim, o amortecimento passa a ser feito, essencialmente, nas bordas.

É também possível afirmar que vidros laminados apresentam melhor desempenho do que vidros temperados de mesma espessura. O motivo é o fato do vidro laminado ser formado por chapas de vidro separadas por películas de PVB (polivinil butiral), material plástico que aumenta o amortecimento interno do conjunto. Outro dado levantado com os estudos diz respeito à temperatura.

A performance acústica dos vidros laminados aumenta de acordo com o aumento da temperatura. Portanto, em vidros duplos, separados por um espaço interno de ar, se um deles é laminado, é indicado deixá-lo voltado para o lado mais quente da janela.

Apesar de parecer contraditório, por vezes a escolha de um vidro simples acarreta em melhor resultado do que o uso de vidros duplos. O consultor em acústica José Augusto Nepomuceno afirma que duas chapas de vidro de 3 mm separadas por 6 mm têm STC 28 dB enquanto um vidro monolítico tem STC 37 dB.

Ainda assim, atenuações acústicas acima de STC 41 dB são alcançadas apenas com vidros duplos, sendo uma das chapas em vidro laminado.

Os estudos apresentados por Nepomuceno indicam que o melhor desempenho ? com 1.250 Hz ? foi observado com o perímetro do vidro preso por uma gaxeta de neoprene. O resultado menos satisfatório foi obtido com o vidro fixado diretamente no concreto. O caixilho de madeira apresentou resultado intermediário entre as situações descritas.

A atenuação acústica alcançada por janelas fixas é de 3 a 4 dB superior à alcançada por janelas móveis, mesmo contando com vedações elásticas bem ajustadas. Vedações de baixa qualidade acarretam diferenças de 7 a 12 dB.

## ALUMÍNIO



### Duas folhas de correr

A janela de correr de alumínio com duas folhas de vidro, da YKK, foi submetida a testes no IPT. Nos ensaios foram levantados dados que asseguram a propriedade isolante do produto. Quando dotada de folhas de vidro de 4 mm de espessura, o conjunto proporciona isolamento acústico de 19 dB. É possível, ainda, aumentar a espessura dos vidros para 8 mm e/ou acrescentar uma janela camarão de alumínio. Dessa forma a isolamento supera 20 dB.



### Máximo Ar

Com duas folhas, vidro fixo e micropersiana entre vidros, o modelo máximo ar da Atenuasom é fabricado em alumínio e conta com acabamento em pintura eletrostática na cor branca.

O modelo, ensaiado pelo IPT, tem vidros acústicos, vedações especiais e garantia de um ano para vidros e acessórios. Aceita diversas composições, como dois vidros de 4, 5, 6 ou 8 mm separados por câmaras de ar de 9, 12, 21 ou 24 mm.

## MADEIRA



### Câmara dupla

As **esquadrias** acústicas da Mado são fabricadas somente com madeira de manejo sustentável, certificada pelo Ibama. O perfil de madeira de 56 mm de espessura recebe acabamento em verniz à base de água. O produto conta, ainda, com duas câmaras de ar internas e aceita a utilização de vidros simples ou duplos.



### **Basculante**

O modelo da Mado, com perfil robusto de 56 mm, ferragens especiais, gaxetas de vedação em todo o perímetro da folha e a possibilidade de se usar vidros duplos, confere isolamento acústico compatível com modelos especiais.

### **PVC**



### **Redução de 24 a 36 dB**

Produzidas sob medida para cada projeto, as janelas de PVC da Claris contam com tecnologia da Tigre. No IPT foram realizados ensaios com diferentes dimensões e vidros simples, laminados e duplos. Em frequências que variaram de 100 a 5.000 Hz o índice de redução foi de, no mínimo, 24 dB e no máximo 36 dB para janelas com vidros simples. O uso de vidros duplos resultou em reduções de 27 dB para 100 Hz e 32 dB para 1.600 Hz.



### **Oscilobatente**

Contando com tecnologia alemã, as **esquadrias** de PVC da Atenuasom são reforçadas com alma de aço galvanizado e dobrado. A janela oscilobatente, da linha Detec, apresenta persiana integrada e é fornecida na cor branca. O isolamento proporcionado pelo conjunto é térmico e acústico. As camadas de vidros e câmara podem ser compostas de diversas maneiras.

## TEMA 06: Esquadrias Bank Boston

### Esquadrias Bank Boston

Téchne 82 - janeiro 2004

Por Ubiratan Leal

#### Agüenta até furacão

*Por exigência do cliente, **esquadrias** do Bank Boston foram projetadas para suportar cargas de vento semelhantes às de furacões. Para garantir rapidez, quantidade e qualidade, a produção foi feita no próprio canteiro*

Com 110 m de altura de uma arquitetura recortada às margens do rio Pinheiros, é possível imaginar as cargas de ventos a que é submetida a nova sede do Bank Boston, em São Paulo. E, de fato, os 32 mil m<sup>2</sup> de **esquadrias** e outros elementos da fachada foram projetados e executados para agüentar ventos equivalentes a furacões.

Mas o prédio não foi feito assim porque esperam que a capital paulista se torne rota de tormentas. O motivo de tamanho cuidado ? maior do que o exigido pelas normas brasileiras ? partiu do contratante. Com escritórios em 19 países, o grupo conta com uma relação de procedimentos construtivos padrão. Assim, a sede paulistana foi obrigada a ter o mesmo desempenho construtivo das demais que, aí sim, sofrem com furacões. Por isso, o Bank Boston paulistano suporta ventos de até 250 km/h, mas só 150 seriam suficientes para suportar os ventos da região do rio Pinheiros.

De qualquer forma, a exigência fez com que a Hochtief elaborasse um planejamento especial para a montagem e colocação das **esquadrias** de alumínio. Antes das obras, o Bank Boston já havia adquirido uma câmara de ensaios de protótipos de fachadas-cortina com altura útil de 9,7 mil mm, largura útil de 5 mil mm, profundidade de 1,5 mil mm e capacidade de simular ventos de até 324 km/h. A medida evitou que os testes de **esquadrias** tivessem de ser realizados no exterior. O mesmo não ocorreu com os ensaios de silicone de vedação, feitos em Atlanta, nos Estados Unidos. Mas a dificuldade não estava apenas em produzir uma esquadria que se encaixasse nas normas do banco norte-americano, mas em garantir a montagem das peças em escala, já que 22 mil m<sup>2</sup> da fachada são de vidro. Por isso, foi escolhido o sistema unitizing, em que o fabricante da esquadria monta uma verdadeira planta industrial dentro do canteiro. Assim, cada esquadria foi produzida com vidro duplo (duas lâminas de 6 mm com câmara de 12 mm) de baixa emissividade e isolamento termoacústico incorporado, sendo posteriormente içada para o pavimento. "Isso permitiu que fizéssemos até 80 peças de 2,90 x 1,80 m/dia", conta o engenheiro André Glogowsky, presidente da construtora. Assim, a janela chegava pronta à laje, limitando a instalação à preparação das ancoragens e acoplamento das **esquadrias**. No canteiro, o sistema de transporte vertical, que chegou a contar com três guias e dois elevadores, também foi feito de forma a acelerar a execução da fachada. O sucesso da experiência motivou a Hochtief a empregar o método unitizing para as **esquadrias** em outra obra, o edifício Comendador Yerchanik Kissajikian, na avenida Paulista. "Essa obra abriu uma nova opção tecnológica para nós", comenta Glogowsky.



A fachada do Bank Boston conta com 22 mil m<sup>2</sup> de vidros duplos de baixa emissividade

## Outros sistemas

Logo que a construção da nova sede do Bank Boston em São Paulo começou, já se anunciava como uma das obras tecnologicamente mais avançadas do Brasil. E isso não era referência apenas às **esquadrias**. "É um edifício muito sofisticado, especial em vários sentidos", afirma Glogowsky.

Com mais de 74,6 mil m<sup>2</sup> de área construída, o Bank Boston conta com fundações de sapatas e estacas-raiz, estrutura com concreto de alto desempenho ? entre 35 e 60 MPa, o que permitiu vãos típicos de 21 m ? com adição de gelo para controle de temperatura, isolamento acústico com lã de rocha com densidade maior que a do projeto norte-americano e condicionamento de ar com carga de 1,7 mil T.

## Superfachada

O sistema da fachada, que se estende por 22 mil m<sup>2</sup>, é unitizado. Dessa maneira, os painéis de fachada são içados por um guindaste já com os vidros, e o isolamento térmico e acústico colocados. ?Basta preparar as ancoragens nos andares e acoplar os painéis modulares. Conseguimos produção de até 60 m<sup>2</sup> de fachada por dia?, contabiliza Teodoro. Os painéis vão de laje a laje, possuem altura de 4,30 m e foram dimensionados para suportar os tufões americanos. ?Os testes de resistência à ação do vento foram realizados com pressão 50% maior que o exigido pela norma brasileira, mas o cliente desejou esse coeficiente de segurança?, completa. As placas de vidro que compõem os painéis unitizados possuem a tecnologia low-e (baixa emissividade), que barra a entrada de uma considerável carga térmica sem reduzir a transmissão luminosa. Porém, como a insolação excessiva poderia prejudicar o conforto visual dos ocupantes, foi colocada uma tela de sombreamento que permite entrar somente a claridade necessária.

O granito para constituição das fachadas ventiladas, originalmente especificado pelos projetistas americanos, teria de ser importado dos Estados Unidos e Zimbábue. O cliente optou por materiais nacionais, já que o Brasil possui mais de 300 tipos de rochas. O granito ?Branco Ceará? e o ?Preto São Marcos?, provenientes respectivamente do Ceará e da Paraíba, foram escolhidos para a fachada. Tanto na jazida como no fornecedor foram alocados fiscais para controlar a qualidade das placas. A fixação foi feita com acessórios em aço inoxidável 304, e as cantoneiras junto ao concreto foram fixadas com inserts metálicos importados da Alemanha, posicionados no momento da concretagem dos pilares. ?O sistema metálico de fixação é o mais moderno em termos de segurança, desempenho e durabilidade, além de formar um colchão de ar atrás das placas, contribuindo para o conforto ambiental do edifício?, opina Paulo Flório Giafarov, consultor da DGG Assessoria.



## Cuidados com o barulho

Para combater o ruído médio de 65 dB na cidade de São Paulo, o projeto de acústica especificou isolamentos de lã de rocha com densidades maiores que o previsto no projeto americano. A proteção de lã de rocha evita a passagem de som entre os andares, introduzindo-se a isolação entre a estrutura e os elementos das fachadas. Na caixilharia foram empregados vidros duplos, com câmara de vácuo interna. As três máquinas de ar-condicionado, de 1,6 MW (454,5 TR), receberam tratamento acústico. A colocação de alto-falantes nos forros proporciona uma sonorização mais uniforme nos andares.

Já o auditório não podia receber interferências maiores que 30 dB. O projeto arquitetônico é pós-moderno, ou seja, emprega materiais lisos e é mais reverberante que absorvente. O tempo de reverberação, de 1,5 segundo, é um pouco alto. ?É inadmissível para salas de concerto, mas aceitável para salas de conferência?, compara Alexandre Sresnewsky, consultor de acústica. Nessas conferências, é comum os espectadores comentarem os assuntos entre si e esse ruído não pode atrapalhar a palestra. O projeto compreende o emprego de lã de rocha por cima do forro, tapete no piso e poltronas almofadadas. ?Aplicamos elementos refletoras só no forro e absorvedores nas paredes e no fundo, para evitar o retorno do som?, explica Sresnewsky.

## Paisagismo

Área de plantio: 5.950 m<sup>2</sup>

Área de piso: 3.878 m<sup>2</sup>

Espécies: 197 árvores e 50 palmeiras

Volume de terra sobre a laje do piso térreo: 6.000 m<sup>3</sup>

Acesso de automóveis: 1.137,35 m<sup>2</sup>

Acesso de pedestres: 545,46 m<sup>2</sup> (pedra Goiás, mosaico português, pedrisco solto, pontes e passarelas de madeira)

Espelhos e cursos d'água: 1.530 m<sup>2</sup>

Praça do auditório: 275 m<sup>2</sup>

Praça da cafeteria: 335 m<sup>2</sup>



Por exigência da multinacional que contratou a obra, boa parte dos projetos do Bank Boston foram elaborados inicialmente por escritórios norte-americanos, mas tiveram adaptações brasileiras

#### **Ficha técnica**

Incorporação: **Bank Boston**; gerenciamento: **US Equities Realty**; construção: **Hochtief**; projeto arquitetônico: **SOM** e **Júlio Neves**; projeto estrutural: **SOM** e **Ruy Bentes**; projeto de instalações: **Flack + Kurtz** e **Soeng**; projeto de ar-condicionado: **Engetherm**; projeto de impermeabilização: **Proassp**; projeto de fixação das fachadas: **GMM**; paisagismo: **Isabel Duprat**; projeto de interiores: **Paola Rosellini**; projeto de iluminação: **Esther Stiller**; consultoria de fundações: **Consultrix**; consultoria em granito: **DCG**; projeto acústico: **Sresnewsky**; consultoria em fachada ventilada: **Bernie Gandras** e **Peter Muller**; terraplenagem: **Engeterra**; explosão em rocha: **Arcoeng**; estrutura: **Hochtief**; instalações elétricas e hidráulicas: **Temon**; ar-condicionado: **Air Conditioning**; sistema de automação e controle: **Ansett**; controle de acesso: **Tyco**; elevadores: **Atlas Schindler**; impermeabilização: **Denver**; piso elevado: **Tate**; Forro: **Hunter Douglas Armstrong**; granito: **Moredo**; vidros: **Guardian**; caixilhos de fachadas: **Algrad**; silicone de vedação das janelas: **Dow Corning**; projeto de caixilhos: **Kawneer**; controle tecnológico: **Concremat**; concreto: **Polimix Betonbrás**; fôrmas e escoramentos: **Peri**; gesso acartonado: **Knauff**; colocação de gesso acartonado: **Walltech**; elevador cremalheira: **Alimak**; marcenaria: **Dabol**; louças: **Deca** e **Celite**; porcelanato: **Eliane**

## TEMA 07: Fachadas Cortina

### Cortina de frente

Vidro simples ou duplo, painéis pré-fabricados, placas de granito ou cerâmica são algumas opções de fachada muito utilizadas hoje. Escolha entre sistemas deve ser condicionada pelo índice de luminosidade interno e pelo conforto ambiental em diferentes épocas do ano.

Pele de vidro simples ou dupla, fachada ventilada, vidro refletivo, alumínio composto, cerâmica ou pedra são algumas opções para fachadas de edifícios. No caso das fachadas "pele de vidro", os painéis são fixados a uma estrutura metálica leve, quase imperceptível pelo lado externo. A solução pode reduzir as cargas sobre a estrutura, mas é preciso estar atento à transmissão de calor, ação do vento, qualidade dos produtos e conhecimento técnico na hora da aplicação.

Apesar do sistema de fachadas-cortina ser bem desenvolvido nos países do hemisfério Norte, essa tecnologia, por vezes mal dominada no Brasil, pode gerar edifícios com grande desconforto térmico e alto consumo de refrigeração e manutenção. Isso ocorre porque nas fachadas-cortina, caso não sejam empregados vidros especiais, os ambientes internos estarão sujeitos a elevadíssimas cargas térmicas. Além disso, as deformações dos materiais são diferentes, e compatibilizá-las nem sempre é tarefa simples.

#### **Fachadas ventiladas e "peles de vidro"**

As fachadas ventiladas possuem uma câmara entre a estrutura e o paramento externo que varia em geral de 5 a 15 cm. O sol incide na face externa e o ar dessa camada é aquecido e sobe. Existem aberturas tanto no topo quanto na base da fachada. "Há transferência de calor por convecção, desenvolvendo-se um fluxo contínuo de substituição do ar quente por ar frio aspirado pelas aberturas inferiores", explica Amaury Antunes de Siqueira Júnior, autor de uma tese de mestrado em andamento sobre fachadas na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. "O movimento de ascensão do ar quente dependerá das dimensões das aberturas inferiores e superiores e da própria altura do edifício. Nenhum elemento construtivo pode interromper o fluxo da corrente de ar", diz Siqueira. As correntes convectivas de ar atuam como isolante térmico, o que reduz o consumo de energia e os efeitos da dilatação térmica. Além disso, removem a umidade, minimizando os problemas de condensação entre as duas peles de revestimento e diminuem a possibilidade de infiltrações de água. "Quando a água da chuva escorre no paramento da fachada, mesmo que ocorra pequena infiltração, a água será recolhida na base da câmara ventilada", diz Jonas Silvestre Medeiros, pesquisador da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. No verão, o calor ativa o efeito chaminé da fachada ventilada e apenas uma parcela do fluxo de calor é absorvida pelo edifício. Cores claras, com maior refletividade, melhoram o desempenho térmico. No inverno, o efeito da convecção de uma camada de ar em movimento sobre a parede forma uma corrente isolante. O processo impede a condensação do lado posterior do elemento externo, pela migração do ar úmido do interior para o exterior do edifício. "As fachadas ventiladas foram desenvolvidas, principalmente, para controlar a troca de calor entre o interior e o exterior", explica Siqueira.

No caso de vidros duplos, com câmara confinada, o ar presente entre as placas de vidro se aquece com a incidência do sol e as ondas de infravermelho penetram no ambiente na forma de ondas curtas.

Quando não se observam nessas fachadas detalhes relativos ao conforto ambiental, surgem inconvenientes causados por diferenças de temperatura em um ambiente condicionado: as pessoas localizadas próximas às superfícies envidraçadas sofrem o efeito da irradiação. Esses locais requerem um condicionamento de ar maior, diferente do necessário para os lugares mais distantes da fachada. Um trabalho desenvolvido por Marcia Alucci, professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, concluiu que, para um edifício com dimensões em planta de 10 x 10 m, na fachada Oeste, totalmente envidraçada, há uma faixa de desconforto nos primeiros 5 m em São Paulo, 7 m no Rio de Janeiro e 3 m em Brasília, considerando uma temperatura de 30°C no verão e temperatura de insuflação de 24°C.

#### **Cerâmica e rochas**

Apesar da grande diversidade, não existe ainda no Brasil um catálogo com todas as opções de granitos e mármore disponíveis: em geral, podem ser encontrados os produtos com a cor vermelha ou cinza. "Falta ousadia e busca dos projetistas por materiais diferentes", constata Juan Pablo Gil, arquiteto da JPG Assessoria Técnica. Aplicar um hidrofugante, em fachadas compostas por pedras, evita a umidade. Já as juntas, executadas em geral com silicone, podem

manchar a pedra caso a manutenção não seja adequada, pois retêm a sujeira. Nos revestimentos cerâmicos as eflorescências podem aparecer devido ao carreamento dos sais da argamassa. ?Atrás da argamassa colante há uma argamassa de regularização que, com a umidade, leva às eflorescências?, completa o arquiteto. O substrato deve estar preparado com argamassas sem cal hidratada ou com produtos à base de epóxi.

A fixação de placas de rocha ou cerâmica em fachadas ventiladas pode ser feita com perfis metálicos ou insertes chumbados na estrutura e nas paredes de fachada. ?Nesse caso, o inserte deve ser desenhado para propiciar ajustes de nivelamento, prumo e afastamento em relação à estrutura?, verifica Gil. Em locais sujeitos a chuvas ácidas e em ambientes agressivos de qualquer espécie, o ideal é substituir o aço galvanizado a fogo pelo aço inox. Não se deve, porém, colocar em contato diferentes metais para não gerar corrosão por migração de íons. ?Se o elemento de fixação é zincado, no aperto do instalador a camada de proteção poderá ser danificada, surgindo uma região com ferrugem?, alerta.

### **Fixação externa**

A fachada sempre foi um empecilho no cronograma das obras. Além de demorada, em alguns casos a aplicação impede que os revestimentos internos sejam executados antes de sua montagem. Para contornar esse problema, foram desenvolvidos sistemas com ancoragens, perfis metálicos e placas de vidro, que não interferem nos trabalhos internos. As espessuras dos perfis foram diminuindo até surgir o structural glassing, onde o vidro é colado no alumínio com silicone estrutural.

Nesse sistema, que também se presta à fixação de placas de cerâmica ou rocha, cantoneiras de aço inox são chumbadas na estrutura, fixando-se os perfis com parafusos inseridos em furos oblongos que permitem regulagens de prumo e nível.

Na Itália, as placas cerâmicas em geral são fixadas mecanicamente. Porém, como é mais difícil fazer o sulco devido à pequena espessura das peças, foi criada uma fixação com grampos que prendem duas ou quatro peças ? caso o fixador se posicione no canto ? e que deixam um vão para ventilar a fachada. ?Na Europa, não são todos os lugares que aceitam a aplicação de silicone estrutural nas direções vertical e horizontal simultaneamente?, informa Paulo Celso Duarte, arquiteto consultor do escritório AEC. ?A melhor fixação é sempre a mecânica?, assegura Duarte.

A indústria americana criou painéis envidraçados pré-montados na fábrica, pois os invernos rigorosos dificultam a realização de trabalhos em fachadas, além do controle da qualidade do sistema industrializado ser melhor. Utiliza-se, em geral, o alumínio composto por ser um material leve, ideal para pré-montar, fixar e parafusar ? ou até colar. ?Hoje, no Brasil, temos que aprumar, fazer as ancoragens, fixar os montantes e as travessas, fixar as placas de vidro com as devidas guarnições?, explica Duarte. ?Na fábrica, coloca-se o quadro, prende-se o vidro e a peça está pronta para ser colocada na fachada. Só é preciso preparar a ancoragem nos andares?, completa.

### **Desempenho das fachadas de vidro**

Nos climas quentes ou frios, há modos diferentes de conter a tendência natural de equilíbrio das temperaturas internas e externas. As antigas fachadas envidraçadas eram constituídas por vidro colorido, fumê ou incolor. O produto incolor causa um efeito estufa no ambiente, pois não consegue barrar a entrada de calor; o vidro verde absorve uma parte do calor, filtra a radiação infravermelha e possui desempenho térmico razoável. Já o fumê filtra a radiação com melhor eficiência, mas barra parte da luz e é depressivo.

Com o vidro duplo insuflado, têm-se duas placas de vidro em um caixilho com uma camada de ar no meio. Para evitar a condensação de umidade entre as placas, e o conseqüente embaçamento, o caixilho é montado com vácuo entre as placas, dispondo-se ainda no quadro um perfil de alumínio furado e preenchido com material dessecante que retém a eventual umidade residual. Nesse tipo de vidro, o calor de radiação vai demorar para sair por transmissão térmica (diferença de temperatura). O vidro selado pode sofrer o fenômeno do efeito bolha caso seja produzido em uma região com uma certa pressão atmosférica e transportado para um local com pressão diferente. Pode-se introduzir respiros na peça a ser transportada, que serão fechados somente no local de uso para não haver troca do ar externo com o interno. Com isso, equilibra-se a pressão.

No Brasil, porém, há a questão da excessiva radiação, o que diminui as vantagens do vidro duplo. ?Se temos uma temperatura externa de 8°C em São Paulo e o ambiente interior está com 21°C à noite, temos um enorme gradiente térmico e conseqüente perda de calor?, exemplifica Duarte. Já os vidros refletivos, com aspecto mais espelhado, têm capacidade de refletir grande parte das radiações incidentes, diminuindo a quantidade de calor conduzida para o interior

do edifício. A busca dos especificadores hoje é por vidros com moderada refletividade externa para evitar o efeito espelho, mas que possibilitem alta transmissão luminosa e menor troca de calor entre o ambiente interno e o externo. Mas ainda assim há o problema da emissividade: parte do calor que entra em todos os comprimentos de onda é irradiado de novo para fora, efeito indesejável nos países de clima frio.

Na Europa, onde não há muita incidência de sol, foi desenvolvida a tecnologia de vidro low-e, que reduz a emissividade e permite a entrada de grande quantidade de calor. As peças são constituídas por camadas óxido-metálicas que se integram ao vidro em processos industriais de alto custo, fabricadas a vácuo e em meio plasmático. O calor entra de dia e não sai à noite. Além disso, o vidro é praticamente incolor e tem transmissão luminosa superior a 70%, indicado para captar muita luz. Para os países tropicais, foi criado o "low-e a todo efeito". Essa tecnologia tropicalizada permite a entrada de luz e barra o calor, inclusive por radiação, e está sendo empregada na nova sede do Bank Boston, em fase final de execução na zona Sul de São Paulo pela construtora Hochtief.

Porém, o que está chegando ao Brasil precisa ser bem testado. Paulo Celso Duarte alerta que temos 800 W de sol no verão e que a transmissão luminosa deve ser estudada com rigor. Devem ser adotadas medidas de sombreamento para não permitir uma passagem excessiva de luz no ambiente. "Refletividade externa maior, interna menor e transmissão luminosa agradável são as exigências dos edifícios atuais", finaliza Duarte.

### **O que dizem as normas**

#### *Construção no Brasil requer normas específicas para fachadas-cortina*

A estabilidade e segurança das fachadas-cortina são determinadas por meio de cálculos estáticos que devem considerar os seguintes fatores:

? O peso próprio da fachada considerando-se o peso das placas de vidro, estrutura de suporte e eventuais acessórios;

? A pressão que o vento exerce sobre a fachada deve ser determinada de acordo com o estabelecido na NBR 10821/2000 (Caixilho para edificação ? Janelas), que divide o Brasil em cinco regiões e classes de ocupação;

? Determinação das tensões admissíveis para cada material que compõe a fachada (placas, estrutura de suporte, insertos etc.);

? Movimentações da estrutura da edificação;

? Determinação da flecha máxima admissível.

Pelo fato das fachadas-cortina geralmente apresentarem condições especiais de ancoragem e dilatação térmica, suas principais limitações quanto aos aspectos construtivos estão relacionadas à falta de uma norma de instalação e desempenho. Fabricantes e consultores de esquadrias, quando se deparam com projetos que envolvem a colagem de painéis de vidro ou de alumínio composto, utilizam normas estrangeiras como IRAM 11980, ASTM C1184 e as normas DIN e BS, apesar de não retratarem fielmente a realidade brasileira e alguns valores de deformações serem incompatíveis com os materiais aqui utilizados.

Outros fatores a serem considerados em normas brasileiras de desempenho são a realização de testes de estanqueidade à água em condições mais próximas ao uso, ensaios mais rigorosos quanto aos esforços, isolamento térmico e acústico. Para efeito de cálculo, são utilizadas as seguintes normas americanas:

? Ensaio para a determinação da penetração de água em fachada-cortina devida à diferença uniforme e cíclica da pressão estática do ar (ASTM E 331-96 e E 547-96)

? Método de Ensaio para a determinação do desempenho estrutural de fachada-cortina submetida a uma diferença de pressão estática do ar, uniforme e cíclica (ASTM E 330-97 e E 1233-97)

? Ensaio para a determinação do desempenho de fachada-cortina, atingida por um corpo e exposta a um diferencial cíclico de pressão (ASTM E 1886-97)

? DIN 4108, que estabelece a forma de cálculo para a determinação do coeficiente global de transmissão térmica

**Fonte:** Amaury Antunes de Siqueira Júnior

**Palavra** **de** **arquiteto**  
*Estudar opções garante uma melhor otimização das fachadas. As peles de vidro duplas são muito usadas na Europa e têm mercado no Brasil*

A concepção das fachadas dos edifícios mudou: aspectos de estanqueidade, durabilidade, manutenção, luminosidade e conforto térmico e acústico estão presentes cada vez mais. Relativamente às fachadas envidraçadas nos locais com clima quente, com tantas opções disponíveis, deve-se verificar o índice de insolação de cada tipo de vidro para se atingir a menor absorção de calor pelos edifícios. ?Não precisamos projetar tudo de vidro, como Mies Van Der Rohe. Podemos mesclar peitoris revestidos com pré-fabricados e panos de vidro?, sugere o arquiteto Alberto Botti, do escritório Botti Rubin Arquitetos Associados.

Hoje, com a falta de energia, procuram-se outros caminhos que não seja o uso do ar-condicionado como solução para problemas térmicos oriundos do sistema de fachadas. Além de vidros com desempenho energético melhor, pode-se construir edifícios menores e se adotar brises, ainda que esses elementos possam ser afetados pelos agentes atmosféricos.

Os prédios mais antigos dependiam exclusivamente do ar-condicionado. Posteriormente, procurou-se abrir as janelas para complementar a ventilação natural, sem substituir o ar-condicionado. A veneziana se originou no passado colonial e é uma solução eficiente tanto para residências quanto para edifícios comerciais. ?Hoje, a melhor solução é a que ainda está por vir?, verifica Botti.

**Pele** **dupla**  
A arquitetura tem a responsabilidade de evitar a poluição, colaborar com o conforto ambiental dos ocupantes e reduzir custos com energia. As fachadas-cortina, em vidros simples, possuíam esquadrias de alumínio que marcavam muito as fachadas e possibilitavam grande transmissão de calor.

As fachadas-cortina com vidros duplos podem proporcionar um bom desempenho térmico tanto nos países quentes como nos frios. Estudos espanhóis pretendem melhorar o desempenho térmico dessas fachadas, para se conseguir redução do gasto de energia com condicionamento. Pretende-se basicamente contar com a possibilidade de variação da camada de ar no interior das placas (ora estanque, ora renovável), regulando-se as trocas de calor de acordo com as conveniências.

Para aumentar a segurança contra incêndio (propagação do fogo entre andares subseqüentes através das fachadas) é aconselhável projetar barreiras horizontais espaçadas entre determinado número de pavimentos. Para não prejudicar o conforto térmico, a temperatura superficial máxima na pele de vidro não deve ultrapassar 45oC (função da absorbância e da refletividade dos materiais).

A pele externa protege o edifício das intempéries e da poluição, devendo ter uma superfície contínua e fácil de limpar. Já a pele interior oferece maior liberdade na eleição de materiais de acabamento. Quando se deseja uma redução de visibilidade de uma das duas peles de vidro, uma delas pode ser parcialmente opaca. O vidro também pode ser tratado com serigrafia ou com ácido. Entre as duas peles, pode-se prever iluminação das fachadas ou adaptar uma iluminação indireta dos espaços internos.

A falta de aberturas nos edifícios por razões de climatização ou, em edifícios altos, por conta do vento, pode causar claustrofobia em alguns usuários. ?Instalando-se janelas na pele interior, protegidas pela exterior, há a sensação de abertura da fachada?, constata o arquiteto Ramón Collado, do escritório João Paciência e Ramón Collado Arquitetos Associados, de Barcelona, Espanha. Esse sistema permite, inclusive, a abertura das janelas internas à noite, para resfriar o edifício no verão.

Para não encarecer a obra, é fundamental realizar o máximo de pré-fabricação, com panos do maior tamanho possível, e facilitar a montagem na obra. ?O custo da fachada em pele de vidro duplo deve ser considerado como um custo global, onde se contabiliza a economia de energia e o conforto?, verifica Collado. ?A redução de energia gira em torno de 20%?, garante o arquiteto espanhol.

## Fachadas

### Tecne, 98

#### Deixe a luz passar

*Elementos arquitetônicos e acessórios permitem controlar a luminosidade que entra na edificação e ajudam a regular a temperatura interna. Conheça algumas opções*



Calor ou excesso de luz por causa da incidência direta de radiação solar são inconvenientes que devem ser controlados em qualquer edificação, mas locais onde as pessoas permanecem por longo período, como escritórios e escolas, merecem atenção especial, principalmente se as fachadas tiverem aberturas amplas. Nesses casos, é preciso recorrer a elementos arquitetônicos ou acessórios para evitar o desconforto visual e acúmulo de calor.

#### Como especificar

A necessidade de elementos para controle da insolação depende da latitude para a qual se projeta, da orientação solar, do clima e do uso do prédio. Segundo a engenheira Denise Duarte, professora do Departamento de Tecnologia do Labaut (Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética), da FAUUSP, tudo começa na implantação do edifício. Com um estudo de geometria da insolação definem-se os ângulos solares que devem ser protegidos.

São muitos os dispositivos de sombreamento. O mais conhecido é o brise-soleil, mas há também as projeções de telhado (beiral), marquises, elementos vazados, filmes refletores e outras soluções. Esses elementos podem estar vinculados à estrutura principal do edifício ou à caixilharia, o que determina o momento da sua instalação, em geral no fim da obra.

É possível implementar um sistema de proteção solar em edifícios já prontos, com elementos pré-fabricados. "Porém, vai depender de um estudo de incidência de radiação solar nas fachadas, da caixilharia, da possibilidade de se acoplar o novo dispositivo à estrutura existente ou da construção de uma auxiliar", explica Denise Duarte. Em todo o caso, é sempre melhor prever a proteção desde o projeto.

Em qualquer caso, é importante o gráfico de angulação de incidência. Para calculá-lo, utiliza-se a carta solar para a latitude em questão, com a ajuda de um transferidor auxiliar. "O estudo pode ser feito graficamente, com ou sem software de simulação, ou com ensaios em modelos reduzidos em um simulador solar", explica Denise.



Algumas soluções como o brise-soleil podem atenuar a incidência inconveniente de radiação solar nas edificações

## Proteção

## obrigatória

Algumas prefeituras do Brasil já prevêm em seus Códigos de Obras a necessidade de sistemas de proteção solar nos prédios. Em Porto Alegre, aberturas superiores a 40% da área de fachada devem possuir alguma proteção.

Também no Sul do País, a prefeitura de Florianópolis inclui a obrigatoriedade desses dispositivos de acordo com o tipo de vidro e a área de janela. Na cidade, cerca de 77% dos pontos comerciais já possuem algum dispositivo de proteção horizontal. É o que deseja também a prefeitura de Salvador, onde os dados são inversos. Uma pesquisa financiada pela Coelba (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) juntamente com a empresa IbenBrasil mostrou que 77% das edificações comerciais não possuem nenhum tipo de proteção, elevando o consumo de energia elétrica da cidade.

Vantagens	Desvantagens
Bloqueiam a radiação solar direta	Podem ocorrer acúmulo de carga térmica no dispositivo de proteção se o material não possuir propriedades térmicas adequadas
Podem transformar radiação direta em luz difusa	Prejuízo da ventilação ao longo da fachada
Contribuem para uma melhor distribuição	Diminuição da iluminação natural da luz natural
Diminuem a carga térmica nos fechamentos	Elementos de sombreamento externos podem gerar maior custo à execução da fachada e dificultar a limpeza externa
	Se fixas nas janelas, podem dificultar a entrada de bombeiros em caso de incêndio

## Bom

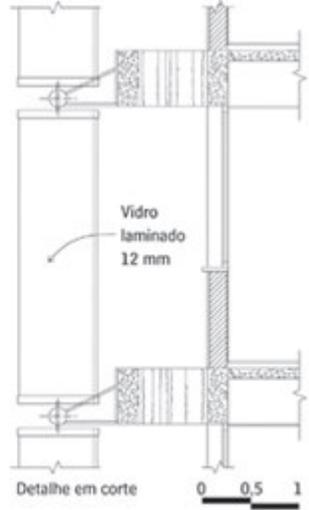
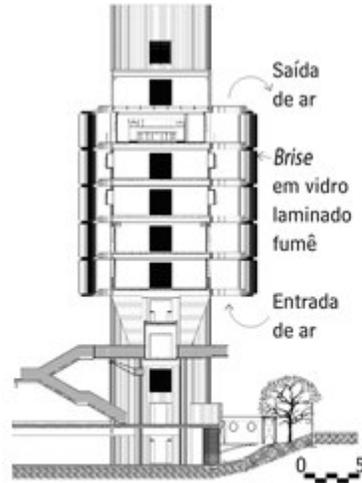
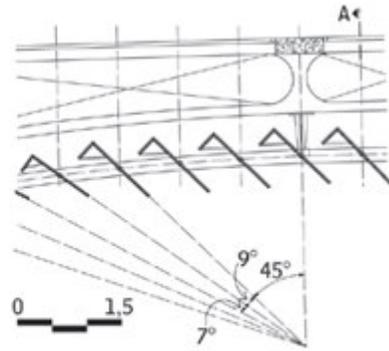
## exemplo

A sede do Centro da Cultura Judaica, em São Paulo, é um exemplo de como controlar a insolação e luminosidade. O edifício projetado pelo arquiteto Roberto Loeb conta com brise-soleil de vidro, em toda a fachada, ancorado em uma estrutura metálica.

Além de oferecer mais conforto, impedindo a incidência direta dos raios solares, os brises permitem a atenuação do calor. Instalados a cada 2 ou 3 m entre os beirais de concreto em balanço, criam uma corrente de ar ascendente, que o arquiteto chama de efeito chaminé. Com a sucção do ar quente, que é absorvido e eliminado pela abertura superior da estrutura dos brises, o ar novo entra pela parte inferior, em constante corrente na fachada. Isso melhora o conforto no edifício e não sobrecarrega o sistema de condicionamento de ar.

"Os brises têm duas funções: refletem os raios solares e funcionam como um vestido para o edifício, aberto embaixo e com um amplo decote no topo", explica Loeb. "Assim, a ventilação é constante e contribui para a sustentabilidade térmica do conjunto."

A angulação dos brises - que são fixos na estrutura de aço que acompanha o pergolado da fachada - foi calculada com base nos meses mais quentes do ano, para refletirem o forte sol do verão. Os vidros são laminados, com 19 mm de espessura na parte maior e 16 mm na menor, na cor fumê.



Proteção ideal



## TEMA 08: Structural glazing

### Fachadas

#### Structural glazing

*Caracterizado pela colagem de vidros em **caixilhos** de alumínio, o sistema requer cuidados de projeto e instalação para bom desempenho e segurança Structural glazing*



No final de 2003, a queda de painéis de vidro em algumas obras da capital paulista levantou polêmica sobre a questão da segurança do sistema com silicone estrutural (structural glazing) em edifícios (veja boxe). No Brasil há cerca de 15 anos, a tecnologia - que pressupõe a colagem química de painéis de vidro em esquadrias de alumínio, por meio de silicone neutro - requer mais que do que cuidados na aplicação e o correto dimensionamento do material de colagem. Testes apropriados de adesão e compatibilidade de substratos são fundamentais para evitar graves patologias, como o descolamento de painéis.

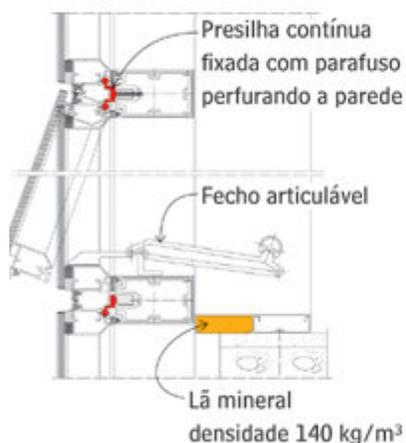
"Não há normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) para o structural glazing", afirma o engenheiro Nelson Firmino, da Aluparts, empresa especializada no projeto e execução de fachadas e esquadrias. Firmino explica que a alternativa adotada pelo setor é basear-se em normas internacionais como as da ASTM (American Society for Testing Materials), ou da Iram (Instituto Argentino de Normalización). "A resistência do sistema, no entanto, deve atender aos esforços previstos pela NBR 6123 e NBR 10821", acrescenta. O engenheiro desaconselha a aplicação da tecnologia em subsolos (quando a água escorre pelas paredes) e em locais muito expostos a impurezas como pó.

Seguir à risca a recomendação dos fabricantes e tomar os devidos cuidados na aplicação são itens fundamentais para garantir a durabilidade, o bom funcionamento da fachada e, sobretudo, a segurança. Fitas adesivas e silicones, em geral, não apresentam bom nível de aderência em perfis de alumínio com acabamento superficial com pintura eletrostática. "Os perfis de alumínio anodizado são os mais indicados", diz Firmino. Assim, quando a aderência é insuficiente, recomenda-se o uso de primer, promotor de adesão para superfícies de baixa energia superficial.

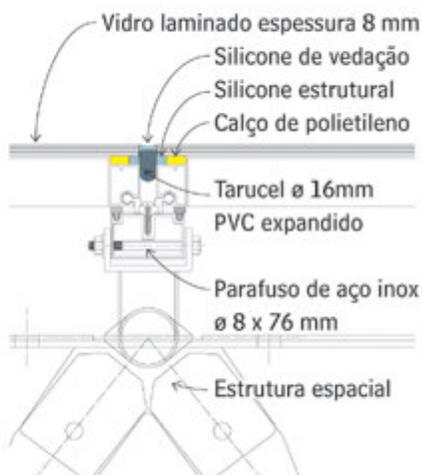


*Instituto Tomie Ohtake, em Pinheiros, zona Oeste de São Paulo*

### Fachada



### Cobertura



O desempenho e eficácia do silicone estrutural não dependem somente da correta aplicação, mas também dos testes de curto e longo prazo. "Os testes de envelhecimento acelerado, que avaliam a propriedade dos adesivos antes e depois do envelhecimento, são fundamentais para garantir a segurança do sistema", explica o engenheiro Paulo Sérgio de Oliveira, gerente da divisão construção da Sika. Segundo Oliveira, o procedimento é extremamente importante já que, com o tempo, o módulo de deformação, capacidade de alongamento e aderência do silicone são afetados pela ação dos raios UV.

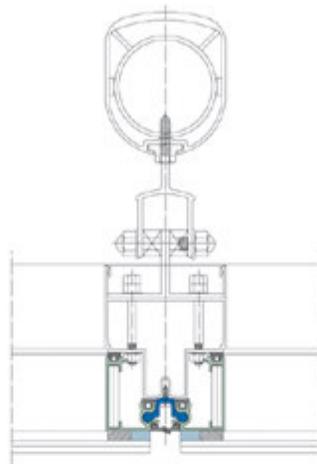
### Dimensionamento

Se nas fachadas tipo pele de vidro a transferência de cargas do componente de vedação (vidro) ao caixilho acontece de forma mecânica, por meio de parafusos e perfis de alumínio, no structural glazing isso é feito pelo silicone estrutural. Para dimensionar a largura e espessura do cordão de colagem, são levadas em consideração informações como a dimensão dos painéis de vidro, a espessura, tipo de perfil e acabamento, cargas dinâmicas (como ação dos ventos) e o ângulo de inclinação da superfície de vidro.

Em alguns casos, para que o silicone estrutural seja aplicado, é necessário especificar o perfil com aba para eliminação da carga estática ou peso morto do vidro. A aplicação de primer - em geral, usado para promover níveis satisfatórios de aderência entre materiais - pode ser feita simplesmente para acelerar o processo de cura, como acontece nos Estados Unidos.



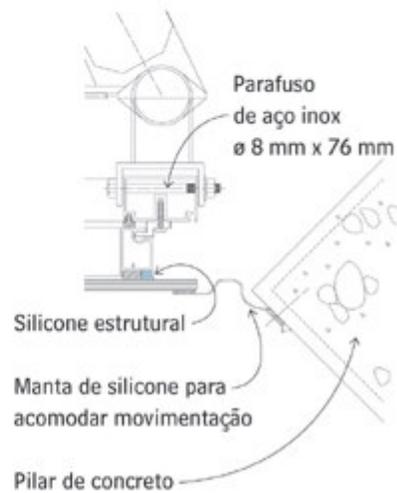
**Solução adotada no pavimento térreo**



**Detalhe da faixa branca que contorna o edifício em todos os pavimentos**



**Conexão da fachada e pilares**



**Tempo de cura**

O silicone estrutural requer um tempo específico para cura, que pode variar de um a oito dias. A engenheira Gislene Attilio Meyer, da Dow Corning do Brasil, explica que, por ser de cura neutra, o silicone estrutural não causa danos ao vidro laminado. O mesmo não acontece com o material de cura acética. "Esse material libera ácido acético que causa a delaminação do vidro", alerta.

O tempo de cura do silicone bicomponente acontece, invariavelmente, em um dia. O mesmo, no entanto, não pode ser

dito do monocomponente, cujo processo depende da umidade do ar e da largura adotada para aplicação. "Nesse caso, a cura acontece de 1 a 2 mm (de profundidade) ao dia, conforme o produto especificado", diz Gislene. Ela explica que a limpeza adequada das superfícies é fundamental para uma boa adesão entre os materiais. "Assim, o silicone estará aderido ao substrato e não à sujeira", completa.

### **Fita adesiva**

Sistema alternativo de colagem de vidros em esquadrias de alumínio, as fitas dupla-face de espuma acrílica não necessitam de cura. "Por isso, a fixação nas esquadrias pode ser feita imediatamente depois que a fita foi aplicada ao vidro", explica o engenheiro Pedro Terzi. "A fixação imediata elimina a necessidade de estocagem e acelera o cronograma", complementa Terzi.

Assim como no silicone, a aplicação de primer em perfis de alumínio com pintura eletrostática torna-se necessária para garantir níveis de adesão satisfatórios entre o produto e o substrato. A análise do perfil e do acabamento, tamanho dos painéis e localização do edifício (para cargas de vento) são itens que influenciam no dimensionamento da largura e quantidade de fita. Nesse sistema, esquadrias de alumínio com abas ou esperas são necessárias para evitar que o vidro tenha aumentada a segurança de montagem, eliminar a força peso sobre a fita - já que o vidro fica apoiado na espera - e diminuir a quantidade de fita necessária para colagem.

### **Queda de painéis de vidro causa polêmica**

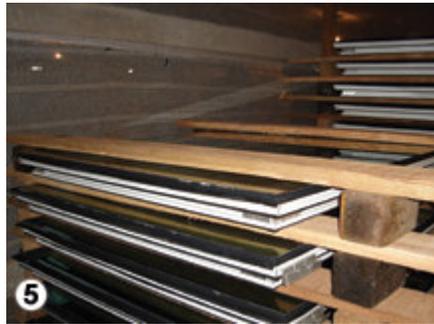
No dia 8 de dezembro, a Afeal (Associação Nacional dos Fabricantes de Esquadrias de Alumínio), emitiu uma notificação cartorial excluindo a multinacional francesa Rhodia do seu quadro associativo. A razão, segundo a Associação, foi a falta de comprometimento da empresa em assumir a responsabilidade por algumas obras em que ocorreu a queda de painéis de vidro. A causa dos acidentes - que não resultaram em nenhuma vítima fatal - foi a má adesão do silicone Rhodiastic 70 em esquadrias de alumínio pintado.

Segundo o presidente da Afeal, Lage Mourão Gozzi, a Rhodia, por meio de uma carta encaminhada à associação, já tinha se comprometido em realizar o recall (ver seção de Cartas, pág. 8). "A empresa, inclusive, já havia arcado com o custo de reparo de obras cujas fachadas precisaram ser totalmente refeitas, tal seu comprometimento", explica Gozzi.

Nos casos menos graves, adotou-se como solução provisória o presilhamento dos vidros nos **caixilhos**. "A partir do momento em que o problema foi 'remediado', ou seja, quando não havia mais o risco dos vidros caírem, a empresa nos virou as costas", diz Gozzi, se referindo à notificação cartorial encaminhada pela Rhodia aos fabricantes, na qual se eximia de qualquer responsabilidade daquele momento em diante. No documento, a multinacional justifica sua decisão, afirmando que foi a falha na aplicação que causou o descolamento dos painéis, e não o seu produto, que atende às normas internacionais do setor. Segundo a Rhodia, o silicone Rhodistic 70 atende às seguintes normas internacionais: Federal Specification TT-S-001543-A, Sealing Compound, ASTM C-920-Standard Specification for elastomeric joint sealant type 5, grand NS, class 23 e Federal Specification TT-S-00230C, Sealing Compound, Elastomeric Type, Single Component (for caulking, sealing and glazing in buildings and other structures) type II, class A.).

Em comunicado à imprensa, afirma que "as falhas se deveram à inobservância dos procedimentos corretos na confecção de alguns quadros estruturais de alumínio pintado, especificamente no que diz respeito à limpeza prévia de esquadrias, conforme as instruções na embalagem e ficha técnica do produto". Acrescenta, ainda, que sempre "realiza testes de compatibilidade do produto com amostra das esquadrias fornecidas pelos serralheiros, segundo a norma ASTM C794/93". Em 2004, após os acidentes, a embalagem do Rhodistic 70 passou a ter a seguinte recomendação: "proibida a aplicação em perfis pintados". Até o fechamento desta reportagem, a Afeal e a Rhodia continuaram a manter suas posições a respeito do caso.

## **SILICONE**



**1** - Colocação do corpo de apoio (espaçador) de acordo com a medida do perfil (sem contar a medida da junta do silicone estrutural)

**2** - Para limpeza, despejar o solvente recomendado em pano limpo (de preferência a gaze, que não solta fiapos), que deverá ser passado no substrato. Em seguida, passar pano seco para remoção do solvente e contaminantes. Para limpar adequadamente um substrato, podem ser necessárias várias limpezas. Esse procedimento é válido para a limpeza do vidro e do alumínio

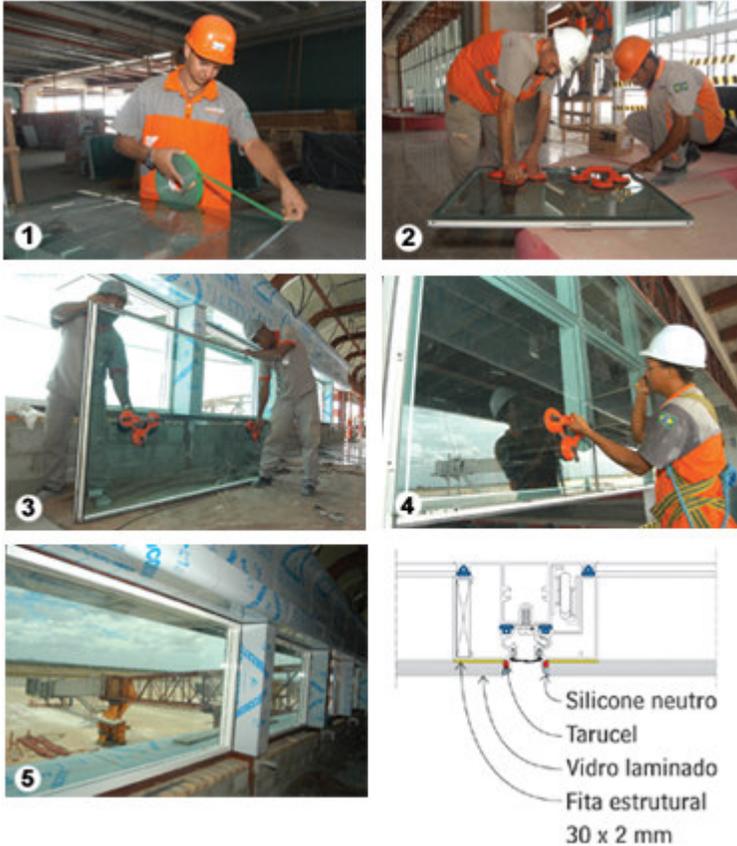
**3** - Na aplicação de selante, uma fita adesiva protetora deve ser usada para que o excesso de selante não entre em contato com as áreas adjacentes, sujando os substratos. Aplica-se o selante em operação contínua, pressionando o selante diante do bico aplicador para preencher adequadamente toda a largura da junta. Tomar cuidado para preencher completamente a cavidade de selante

**4** - Espatular o selante antes da formação da primeira película. O espatulamento força o selante contra o espaçador e as superfícies da junta. Não utilizar nenhum líquido para ajudar no espatulamento, como água, detergente ou álcool. Esses materiais podem interferir na cura do selante e na adesão, além de causar problemas estéticos. Retirar a fita adesiva protetora antes que a película comece a se formar no selante (cerca de 15 minutos após a aplicação)

**5**- Manuseio: após a aplicação, carregar o painel na horizontal e colocar em gavetas (um quadro separado do outro) até que esteja totalmente curado. Não carregar o painel na vertical, nem colocar um painel diretamente sobre o outro, pois a força exercida poderá deslocar o selante ainda não curado

*Fonte: Dow Corning*

## **FITA ADESIVA**



**1** - Após a correta limpeza do vidro, a fita é aplicada no vidro com espátula. Deve-se evitar a formação de bolhas. Logo após a aplicação, deve-se pressionar a fita com um rolete de borracha. Em vidros laminados, a fita deverá ser aplicada do lado contrário a etiqueta de identificação do vidro

**2** - É necessário aplicar silano no vidro e uma fina e uniforme camada de primer na esquadria. Depois da aplicação da fita, os painéis são erguidos com auxílio de ventosas até a fachada

**3** - Os **caixilhos** poderão ser estocados ou montados na estrutura do prédio imediatamente após a colagem. Recomenda-se o uso de esquadrias de alumínio com aba para aumento de segurança na montagem

**4** - A esquadria é fixada no contramarco de forma convencional

**5** - Esquadria já instalada

**Texto original de Valentina Figuerola  
Téchne 96 - março de 2005**

# Sistema de qualidade para execução de esquadrias de alumínio e envidraçamento estrutural

Techne, 29

## 1. Introdução

O presente estudo tem por objetivo recomendar práticas de trabalho, controle e fiscalização na execução de obras de **esquadrias** de alumínio, revestimentos com chapas ACM ou compactas e envidraçamento estrutural (structural glazing), contratadas de terceiros. O fornecimento contratado estará denominado neste texto simplesmente como **esquadrias**? e a firma fornecedora das **esquadrias** denominada meramente como **contratada**?. O trabalho integra-se ao projeto geral como elemento técnico e de segurança, possibilitando às construtoras uma fácil adaptação dentro de suas normas próprias de apresentação gráfica, do sistema da qualidade total, com suas práticas de execução, inspeção dos serviços e manutenção posterior. Configura-se também um delineamento de responsabilidade e relações de consumo entre a construtora e a contratada.

## 2. Normas técnicas

As normas técnicas pertinentes da ABNT, bem como aquelas que influem no comportamento das **esquadrias**, por sua influência direta ou indireta, estão relacionadas no item 10. Quando inexisterem normas técnicas brasileiras, ou quando ocorrer a obrigatoriedade de atender a especificações especiais de obra, deverão ser citadas normas internacionalmente reconhecidas ou normas específicas de fabricantes conceituados dos produtos integrantes das **esquadrias**.

Ficha 1

## 3. Documentos de referência

Os documentos de referência para execução dos trabalhos são os seguintes:

3.1 Projeto e memorial de arquitetura.

Plantas no.(s).....

3.2 Projetos aprovados das **esquadrias**.

Plantas no.(s).....

3.4 Contrato e cronograma do fornecimento da contratada.

3.5 Listagem dos subfornecedores da contratada.

3.6 Memorial descritivo e ART (Anotação de Responsabilidade Técnica), por profissional habilitado junto ao Crea, dos cálculos estruturais das **esquadrias** e vidros relevantes do fornecimento, bem como das tensões e deformações das chapas ACM ou compactas de alumínio instaladas estruturalmente em revestimentos.

3.7 Instruções de montagem ou de outros serviços com responsabilidade contratual atribuída à obra, principalmente reservas de áreas de estocagem, andaimes, aplicação de chumbadores, execuções perimetrais, peitoris etc..

3.8 Especificações de furação, chumbadores e outros acessórios de fixação admitidos pelo fabricante de estruturas pré-moldadas de concreto, quando for o caso.

3.9 Laudos dos testes de conformidade realizados em laboratório especializado, quando requeridos contratualmente.

3.10 Normas técnicas da ABNT específicas aos trabalhos em andamento, selecionadas no item 10, ou outras contratadas especificamente.

Ficha 2

## 4. Equipamentos e ferramentas

Deverão ser provisionados:

4.1 Andaimes conforme contrato

4.2 Esquadro

4.3 Linha

4.4 Mangueira de plástico cristal, diâmetro 3/8?

4.5 Martelo de borracha

4.6 Nível

- 4.7 Prumo
- 4.8 Teodolito
- 4.9 Chave calibradora de aperto (quando houver ligações estruturais)
- 4.10 Trena

Ficha 3

### **5. Inspeção da produção**

A inspeção da produção na fábrica da contratada é requerida principalmente quando da execução de colagens estruturais de vidros realizadas em oficina e no caso de instalações pelo sistema pele de vidro. A inspeção deverá observar:

- 5.1 Qualidade, origem, certificados de análise e validade dos materiais e produtos de subfornecedores da contratada, principalmente alumínio, vidros, acessórios de movimentação, silicone estrutural, fitas adesivas estruturais e elastômeros. Verifique particularmente a data de validade dos silicones e fitas adesivas que estão sendo aplicadas.
- 5.2 Qualidade, certificados de análise e uniformidade e padrões de cor dos acabamentos superficiais das **esquadrias**, anodização, pintura eletrostática a pó etc. Quando possível, teste por amostragem a espessura da camada anódica ou da pintura utilizando medidor portátil; e verifique a qualidade da selagem da anodização com uma gota de azul de metileno (NBR 12613).
- 5.3 Qualidade da proteção das partes de aço, que entrarão em contato com a argamassa e o alumínio, principalmente parafusos, chumbadores, ancoragens e peças de ligação. Verifique se as partes especificadas em aço inox, principalmente parafusos, estão dentro da qualidade requerida e se estão sendo aplicadas na produção.
- 5.4 Dimensões, folgas e acabamentos perimetrais dos vidros, lapidação especificada, aplicação de calços de segurança de acordo com as especificações de projeto e normas técnicas. Esta verificação deverá cobrir tanto os vidros fornecidos diretamente pela contratada como os fornecidos pela construtora para montagem pela contratada.
- 5.5 Qualidade dos produtos e execução da limpeza do alumínio e dos vidros, de acordo com as especificações dos subfornecedores da contratada, quando se tratar de colagem estrutural com silicone ou fitas adesivas. Manchas de silicone devem ser removidas imediatamente, pois sua remoção é bastante difícil após a vulcanização.
- 5.6 Quando se tratar de envidraçamento com chapas de acrílico ou policarbonato, observe cuidadosamente se as folgas exigidas para dilatação e encaixes de segurança perimetrais das chapas foram previstas de acordo com as normas do produtor. Verifique também se as chapas estão sendo instaladas com a película de proteção superficial aplicada, exceto no perímetro de encaixe das chapas.

Ficha 4

### **6. Recepção e estocagem das **esquadrias** e vidros**

A recepção e estocagem das **esquadrias** na obra deverá prever:

- 6.1 Descarga sem chuva ou em local coberto. Em caso de chuva, verifique se a carga foi envolvida por lona para despacho.
- 6.2 Estocagem em local seco, ventilado e coberto, não sujeito à poeira de obra, principalmente aquela originada por cimento e cal.
- 6.3 Alturas máximas de empilhamento especificadas para os volumes despachados e cargas máximas admitidas sobre lajes.

Ficha 5

### **7. Montagem das **esquadrias** na obra**

O início dos trabalhos de montagem das **esquadrias** deverá ser precedido por uma inspeção conjunta com a contratada, visando verificar:

- 7.1 Condições de dimensões, prumo, horizontalidade e angularidade das aberturas ou vãos.
- 7.2 Não ocorrência de trabalhos adjacentes que possam prejudicar a qualidade das **esquadrias**, principalmente jato de areia, lavagens com produtos ácidos ou básicos, fatores estes que prejudicarão o acabamento e o desempenho estrutural.

- 7.3 Acabamentos perimetrais, lapidações especificadas, aplicação de calços etc., bem como folgas para dilatação, tolerâncias dimensionais, de planicidade e angularidade de vidros, quando montados na obra.
- 7.4 Não ocorrência de deflexões nas vigas e lajes, devidas a cargas acidentais durante a construção, principalmente por material estocado e equipamentos de obra.
- 7.5 Presença de vigas ou lajes ainda não descimbradas e que poderão gerar deflexões posteriores.
- 7.6 Locação de saídas de ar quente ou frio que possam afetar diretamente a temperatura e o movimento do envidraçamento estrutural.
- 7.7 Acabamentos perimetrais, soleiras, peitoris, re-jun-tamentos etc., quanto à forma, interface com o alumínio e qualidade da impermeabilização.
- 7.8 Verificação dos equipamentos de segurança individual para o trabalho dos montadores da contratada. Iniciada a montagem deverão ser verificados os seguintes itens:
- 7.9 Inspeção das ancoragens, peças de ligação e montantes em fachadas-cortina e envidraçamento estrutural. Inspeção das tensões de aperto de porcas com chave calibradora ou outro método normalizado.
- 7.9.1 Análise das ancoragens nas vigas ou lajes de concreto inspecionando se estão convenientemente soldadas na armadura do concreto. Quando esta ligação for feita por meio de parafusos com buchas ou parafusos expansíveis, cuidados especiais e testes são requeridos.
- 7.9.2 Análise das peças de ligação dos montantes de alu--mínio à estrutura principal. As ligações devem permitir a regulagem em três eixos ortogonais, para compensação das tolerâncias de fabricação, bem como para a movimentação dos elementos da fachada em função de dilatações térmicas e deformações da estrutura. Verifique o controle de torque dos parafusos e porcas com chave calibrada ou outro método normalizado.
- 7.9.3 Prumo e coplanicidade das faces externas dos mon-tantes.
- 7.9.4 Compatibilidade e pré-limpeza das superfícies de aplicação, segundo catálogos dos fabricantes, do silicone aplicado nos vidros e vedações próximos a paredes e soleiras, e sua limpeza no ato quando, eventualmente, atingir e manchar as superfícies de alumínio ou vidro.

Ficha 6

## 8. Limpeza das esquadrias

A fiscalização e o acompanhamento da limpeza das **esquadrias**, tanto para entrega dos serviços como nas ma-nutenções posteriores, são de fundamental importância na garantia da qualidade. Sendo um dos fatores que afeta as relações de consumo entre a construtora, a contratada e a proprietária da obra, devem ser verificados com atenção os itens abaixo ou ser consultados os subfornecedores, em caso de dúvida.

- 8.1 Vários produtos químicos, utilizados em limpeza ou processos, podem atacar o alumínio, principalmente hidróxidos, cloro em qualquer de suas formas e ácidos (clorídrico, fosfórico, fluorídrico, sulfúrico, sulfuroso, nítrico, nitroso e oxálico). Fitas adesivas não podem ser aplicadas sobre o alumínio, pois a cola pode atacar e manchar sua superfície.
- 8.2 Os ácidos clorídrico e fluorídrico não podem entrar em contato com os vidros, por causar manchas ou diminuição do desempenho.
- 8.3 O cloro, em todas as suas formas, aguarrás, óleos combustíveis e ácido nítrico atacam as fitas ou escovas vedadoras de polipropileno.
- 8.4 Atacam os elastômeros de EPDM, modificando suas propriedades físico-químicas, a vaselina, solventes, ácido sulfúrico, tiner, querosene, lubrificantes sintéticos, benzeno, diesel, tricloroetileno, etilbenzeno, etilpentaclorobenzeno, flúor, gasolina, ácido hidroflluorídrico, tolueno e toluol.
- 8.5 Os silicones de uso estrutural, após completada sua cura, não são, normalmente, atacados pelos produtos químicos comuns de limpeza.

Ficha 7

## 9. Inspeção das esquadrias após a montagem

A inspeção e a revisão das **esquadrias** após a montagem deverão ser efetuadas em conjunto com a contratada, visando:

- 9.1 **Esquadrias** em geral - Inspeção de todas as uni-dades
- 9.1.1 Observar condições de aperto dos parafusamentos e rebitagens aparentes das **esquadrias** e dos acessórios de movimentação e segurança.

- 9.1.2 Observar em todos os contornos a aplicação e possível falta ou falhas de colocação de gaxetas de elastômeros, fitas vedantes ou escovas de polipropileno, conforme o caso.
- 9.1.3 Observar a aplicação correta de silicones nas juntas e interfaces com as paredes ou outros elementos construtivos.
- 9.1.4 Observar que as partes em alumínio não possuam mossas, manchas ou riscos e que as partes em alumínio ou vidro não tenham manchas de silicone.
- 9.1.5 Observar que os cantos dos vidros não apresentem trincas ou defeitos, conforme definições da NBR 7210, principalmente fissuras nascentes, trincas ou defeitos de borda.
- 9.1.6 Com exceção de janelas de folhas fixas, observar, em todos os outros casos, a execução dos furos de drenagem de água conforme o projeto.
- 9.2 Janelas de folha fixa  
Verificar sua fixação batendo levemente com o punho ou martelo de borracha no marco da janela, constatando se ocorre algum deslocamento ou vibração.
- 9.3 Janela ou portas de abrir /Janela pivotante vertical/ Janela pivotante horizontal /Janela projetante/Janela de tombar
  - 9.3.1 Verificar a segurança dos eixos de rotação.
  - 9.3.2 Verificar se a abertura e o fechamento se fazem suavemente, sem solavancos, atrito ou ruídos exagerados.
  - 9.3.3 Verificar na posição de máxima abertura o funcionamento da trava de segurança e a ausência de vibrações.
  - 9.3.4 Verificar na posição fechada o ajuste e funcionamento do trinco ou fechadura, bem como a ocorrência de movimento ou vibração conforme item 9.2.
  - 9.3.5 Verificar na posição fechada o ajuste das folhas sobre o quadro.
- 9.4 Janela projetante deslizante (maxim-ar)
  - 9.4.1 Verificar se a abertura e o fechamento se fazem com esforço normal, sem solavancos, atrito ou ruídos exagerados.
  - 9.4.2 Verificar na posição de abertura máxima a trava de segurança e a ausência de movimento ou vibração.
  - 9.4.3 Verificar na posição fechada o ajuste e funcionamento do trinco, bem como a ocorrência de movimento ou vibração conforme item 9.2.
  - 9.4.4 Verificar na posição fechada o ajuste das folhas sobre o quadro.
- 9.5 Janela e portas de correr
  - 9.5.1 Verificar se as folhas de correr se movimentam suavemente, sem atritos, ruídos exagerados ou solavancos.
  - 9.5.2 Verificar na posição fechada o ajuste das folhas e o funcionamento do trinco ou da fechadura.
  - 9.5.3 Verificar se foram instalados batedores de borracha nos montantes.
- 9.6 Janela-guilhotina
  - 9.6.1 Verificar se as folhas se movimentam com esforço normal, sem solavancos, atritos ou ruídos exagerados.
  - 9.6.2 Verificar na posição aberta a segurança da trava.
  - 9.6.3 Verificar na posição fechada o ajuste das folhas e a segurança do trinco.
- 9.7 Janelas e portas com sistemas automatizados de abertura e fechamento
  - 9.7.1 Sistemas de acionamento manual
    - 9.7.1.1 Testar o sistema para verificação de abertura e fechamento sem atritos, solavancos ou ruídos exagerados.
  - 9.7.2 Sistemas automáticos, com telecomando ou inteligentes
    - 9.7.2.1 Testar o sistema para verificação de abertura e fechamento sem atritos, solavancos ou ruídos exagerados.
    - 9.7.2.2 Verificar se foram instalados batedores de borracha nos montantes.
    - 9.7.2.3 Quando aplicável, testar o sistema com água, liberação de fumaça e sinal térmico.
    - 9.7.2.4 Quando existente, testar o sistema no-break?.

## **10. Principais normas técnicas da ABNT pertinentes ao fornecimento de esquadrias de alumínio, vidros e seus acessórios**

### **ALUMÍNIO**

NBR 6834 - Alumínio e suas ligas; NBR 6835 - Alumínio e suas ligas - Têmperas; NBR 7000 - Alumínio e suas ligas - Propriedades mecânicas de produtos extrudados; NBR 8116 - Alumínio e suas ligas - Tolerâncias dimensionais de produtos extrudados; NBR 8967 - Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas. Terminologia; NBR 8968 - Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas. Classificação; NBR 12609 - Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas. Anodização para fins arquitetônicos; NBR 12610 - Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas. Determinação da espessura da camada anódica pelo método de corrente parasita; NBR 12611 - Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas. Determinação da espessura da camada anódica pelo método da microscopia; NBR 1261 - Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas. Determinação da resistência da camada anódica colorida ao intemperismo acelerado - Solidez à luz; NBR 12613 - Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas. Determinação da qualidade de selagem na anodização

pelo método de absorção de corantes.

#### CAIXILHOS

NBR 10821 - Caixilho para edificação (Janela); NBR 6485 - Caixilho para edificação (Janela, fachada-cortina e porta externa) - Verificação da penetração de ar; NBR 6486 - Caixilho para edificação (Janela, fachada-cortina e porta externa) - Verificação da estanqueidade à água; NBR 6487 - Caixilho para edificação (Janela, fachada-cortina e porta externa) - Verificação do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas.

#### ELASTÔMEROS

NBR 7318 - Elastômero vulcanizado para uso em veículos automotores - Determinação da dureza; NBR 7462 - Elastômero vulcanizado - Determinação da resistência à tração; NBR 6565 - Elastômero vulcanizado - Determinação do envelhecimento acelerado em estufa; NBR 11910 - Elastômero vulcanizado - Ensaio de abrasão; NBR 10025 - Elastômero vulcanizado - Ensaio de deformação permanente à compressão; NBR 8360 - Elastômero vulcanizado - Envelhecimento acelerado em câmara de ozônio; NBR 11911 - Elastômero vulcanizado - Resistência ao rasgamento; NBR 9299 - Elastômero vulcanizado - Retração à baixa temperatura; NBR 8690 - Elastômero vulcanizado - Determinação da resiliência.

#### VIDROS

NBR 7199 - Projeto, execução e aplicações - Vidros na construção civil; NBR 7210 - Vidro na construção civil; NBR 12067 - Vidro plano - Determinação da resistência à tração na flexão; NBR 11706 - Vidros na construção civil.

#### ESTRUTURAS

NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas; NBR 6120 - Cargas para cálculo de estruturas de edificações; NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado; NBR 6118 - Projeto e execução de obras de concreto armado; NBR 7197 - Projeto de estruturas de concreto protendido; NBR 8800 - Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios.

#### VENTO

NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações.

#### DIVERSAS

NBR 6494 - Segurança nos andaimes; NB 233 - Elevadores de segurança de canteiros de obras de construção civil.

Obs.: Não possuem normas ABNT: silicone estrutural, fitas adesivas estruturais, policarbonato, acrílico e chapas ACM.

\*Esta publicação foi desenvolvida pelo Comitê de Mercado de Construção Civil da Abal como informação técnica auxiliar. A Abal não se responsabiliza pelo projeto ou construção de obras específicas, trabalhos estes que devem ser executados e fiscalizados por profissionais habilitados perante o Crea (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia).

Serviço: Abal (Associação Brasileira do Alumínio): Rua Humberto I, 220 - 4º andar, CEP 04018-030, São Paulo-SP, fone (011) 5084-1544, fax (011) 549-3159, e-mail: abal@wm.com.br