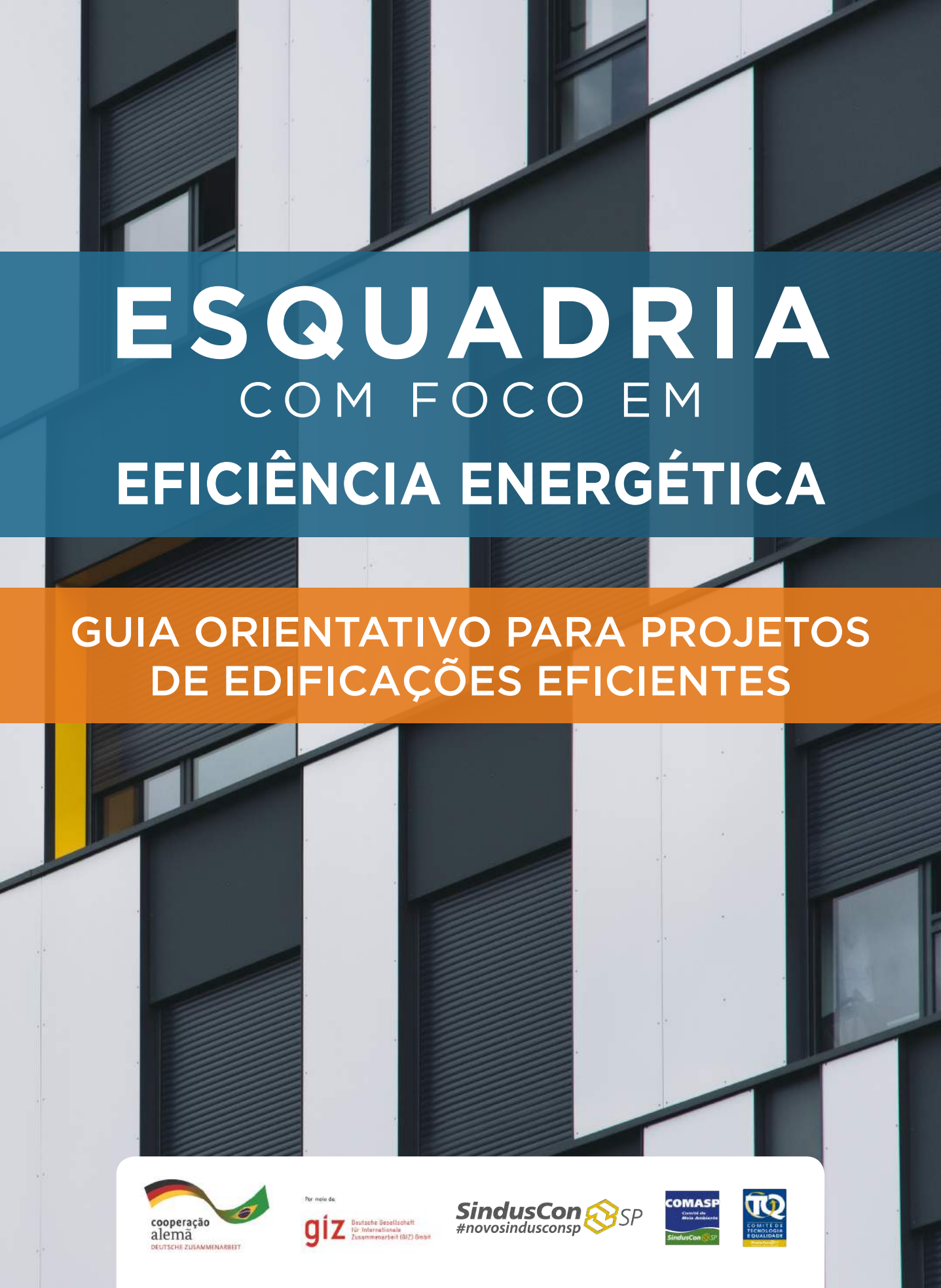


ESQUADRIA
COM FOCO EM
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

GUIA ORIENTATIVO PARA PROJETOS DE EDIFICAÇÕES EFICIENTES

cooperação alemã
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

SindusCon SP
#novosindusconsp

COMASP
Comitê de Meio Ambiente
SindusCon SP

COMITÊ DE TECNOLOGIA E QUALIDADE

ESQUADRIA COM FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

GUIA ORIENTATIVO PARA PROJETOS DE EDIFICAÇÕES EFICIENTES

cooperação alemã
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

SindusCon SP
#novosindusconsp

COMASP
SindusCon SP

TQ
COMITÊ DE TECNOLOGIA E QUALIDADE

Diretoria SindusCon-SP

Presidente
José Romeu Ferraz Neto

Vice-presidentes
Eduardo May Zaidan
Francisco Antunes de Vasconcellos Neto
Haruo Ishikawa
Jorge Batlouni Neto Luiz
José Edgard Camolese
Luiz Antônio Messias
Luiz Claudio Minnitti Amoroso
Maristela Alves Lima Honda
Maurício Linn Bianchi
Odair Garcia Senra
Paulo Rogério Luongo Sanchez
Ricardo Beschizza
Ronaldo Cury de Capua

Representantes junto à Fiesp
Eduardo Ribeiro Capobianco
Sergio Antonio Monteiro Porto
Cristiano Goldstein
João Claudio Robusti

Diretores Regionais
Elias Stefan Junior
Celso Antônio de Giuseppe
Germano Hernandes Filho
José Batista Ferreira
Márcio Benvenutti
Mario Cézar de Barros
Osmar Luiz Quaggio Gomes
Paulo Edmundo Perego
Ricardo Aragão Rocha Faria
Rosana Zilda Carnevalli Herrera

Conselho Fiscal
Titulares:
Carlos Barbara
Fabio Villas Bôas
Yorki Oswaldo Estefan
Suplentes:
Fernando Rossi Fernandes
Marcio Escatêna
Norton Guimarães de Carvalho

Conselho Consultivo - Vitalícios
Arthur Rodrigues Quaresma
Artur Rodrigues Quaresma Filho
Eduardo Ribeiro Capobianco
Emílio Paulo Siniscalchi
Francisco Virgílio Crestana
João Claudio Robusti
Júlio Capobianco
Nelson Farah Fakiani
Sergio Antonio Monteiro Porto
Sergio Tiaki Watanabe

Conselho Consultivo - Eleitos
Alexandre Luis de Oliveira
André Alexandre Glogowsky
Delfino Paiva Teixeira de Freitas
Flavio Aragão dos Santos
João Batista de Azevedo
João Lemos Teixeira da Silva
José Antonio Marsilio Schwarz
José Carlos Molina
José Roberto Maluf Moussalli
Luis Gustavo Ribeiro
Luiz Alberto Matias Lucio Mendonça
Luiz Bonifácio Urel
Marcelo Pedro Moacyr
Marcos Roberto Campilongo Camargo
Mauricio Monteiro Novaes Guimarães
Paulo Brasil Batistella
Renan Persio dos Santos
Renato Genioli Junior
Renato Soffiatti Mesquita de Oliveira
Renato Tadeu Parreira Pinto
Roberto José Falcão Bauer

FICHA TÉCNICA

Coordenação geral dos trabalhos
Fabio Villas Boas, Coordenador do Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP

Francisco Antunes de Vasconcellos Neto, Vice Presidente do SindusCon-SP

Martin Studte, GIZ- Agência de Cooperação Alemã

Coordenação técnica
Fabiola Rago Beltrame, IBELQ- Instituto Beltrame da Qualidade, Pesquisa e Certificação

Lilian Sarrouf , Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)

Vanessa Lima Nunes Dias, Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)

Colaboradores
Roseane Petronilo, Área de conteúdo técnico do SindusCon-SP

Autora
Fabiola Rago Beltrame, IBELQ- Instituto Beltrame da Qualidade, Pesquisa e Certificação

Colaboradores

Fernando Westphal
Associação Brasileira das Indústrias de Vidro- ABIVIDRO

Robson Campos Souza
ABRAESP- Associação Brasileira das Indústrias de Portas e Janelas Padronizadas

Fabio Villas Boas
Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)

Lilian Sarrouf
Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)

Elisete Cunha
Centrais Elétricas Brasileiras S.A.- ELETROBRAS

Ana Paula Melo
Roberto Lamberts
Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

Maria Teresa F. Godoy
Arqmate Consultoria e Projeto de Esquadrias

Priscila Oliveira de Andrade
Minha Janela de PVC

Maxine Jordan
Mitsidi Serviços e Projetos Ltda EPP

Patrícia P. Stefanini
Roto & Fermax do Brasil Ltda

Txai Oliveira
Cadri Indústria e Comércio de Forros, Brises e Revestimentos Metálicos Ltda- SULMETAIS

FICHA TÉCNICA

Participação

Magda Reis
Associação Brasileira do Alumínio-ABAL

Fernando Simon Westphal
Luiz Jorge Simões Pinheiro
Thaís Dominguez
Associação Brasileira das Indústrias de Vidro- ABIVIDRO

Robson Campos Souza
ABRAESP- Associação Brasileira das Indústrias de Portas e Janelas Padronizadas

Clelia E. Bassetto
Silvio Ricardo Bueno de Carvalho
Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos- Abravidro

Antonio Edson Limeira Junior
Luis Claudio Viesti
AFEAL Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio

Ofir Inês Borges Gouvêa
APEOP- Associação para o Progresso de Empresas de Obras de Infraestrutura Social e Logística

Milene Abla Scala
AsBEA- Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

Eduardo Rosa
Associação Brasileira dos Fabricantes de Sistemas, Perfis e Componentes para Esquadrias de PVC- ASPEC PVC

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

José Antonio Romano
SINDIMASP- Sindicato do Comércio Atacadista de Madeiras do Estado de São Paulo

Alexandre Luis de Oliveira
SindusCon-SP- Sindicato da Indústria da Construção de Grandes Estruturas no Estado de São Paulo

Roney Honda Margutti
SIAMFESP- Sindicato da Indústria de Artefatos de Metais Não Ferrosos no Estado de São Paulo

---

Irene Borges Rizzo
Leonardo Figueiredo
Sven Cerne
CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano

Elisete Cunha
Estefânia Neiva de Mello
João Queiroz Krause
Centrais Elétricas Brasileiras S.A.- ELETROBRAS

Ana Paula Melo
Roberto Lamberts
Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

FICHA TÉCNICA

Marcelo Savi Guaranha
Construtora Adolpho Lindenberg

Carolina P. Rossetti
Jessica Roese
EZTEC Empreendimentos e Participações S/A

Wilson Aby-Zayan Feldberg Filho
Fawer Engenharia e Projetos Ltda

Angela Aparecida de Oliveira
Moara Carolina de Morais
MRV Engenharia e Participações S.A.

Esdras Junior
Rem Construtora Ltda

Ana Terra Capobianco
RFM Construtora Ltda

Fabio Villas Boas
Tecnisa Engenharia e Comercio Ltda

Lidia Define de Oliveira
TEGRA Incorporadora

Carlos Abs Yazbek
Trisul S.A.

Flávio Utida de Morais
Alumisasshi Alta Tecnologia em Esquadrias Ltda

Maria Teresa Faria e Godoy
Arqmate Consultoria e Projeto de Esquadrias

Gabriel S. S. Castro
Braskem S.A.

Thais Barreto
Luana Paula da Silva
Cebrace Cristal Plano Ltda

Caroline Morais
Denys Castilho
Guardian do Brasil Vidros Planos Ltda

Paulo Edson Gentile
Hydro Extrusion Ltda

Maxine Jordan
Mitsidi Serviços e Projetos Ltda EPP

Priscila Oliveira de Andrade
Minha Janela de PVC

Patrícia P. Stefanini
Roto & Fermax do Brasil Ltda

Marino Kobayashi
Txai Oliveira
Cadri Indústria e Comércio de Forros, Brises e Revestimentos Metálicos Ltda- SULMETAIS

Michael Eidinger
Tera Metais Alumínio Ltda

Vera Fernandes Hachich
Tesis-Tecnologia e Qualidade de Sistemas em Engenharia Ltda

Projeto gráfico | **Ângullo**

Publicado em 05/12/2018. Este conteúdo está disponível para download no site www.sindusconsp.com.br

APRESENTAÇÃO

Um novo olhar sobre as esquadrias

O SindusCon-SP, por meio de seu Comitê de Meio Ambiente – Comasp, e em parceria com a Agência de Cooperação Alemã – GIZ, tem desenvolvido diversas ações para a promoção da eficiência energética em edificações. Este Guia é resultado deste trabalho em conjunto.

A discussão sobre o papel das esquadrias como um elemento fundamental quando tratamos de eficiência energética tem sido, há algum tempo, pauta de encontros entre as entidades que representam o setor da construção, entidades representativas dos fabricantes de esquadrias, órgãos de governo, agentes financiadores e a academia. É consenso de todos a necessidade de melhoria das esquadrias utilizadas nas obras, independentemente do padrão de construção, quando buscamos um melhor desempenho térmico e acústico.

Se demandamos uma "esquadria eficiente" percebemos a Importância da correta especificação, dos projetos adequados, de soluções conjuntas com outros elementos como vidros, persianas e brises. Cuidados são necessários na aquisição, fabricação, instalação,uso, operação e manutenção. O papel do usuário é importante.

O Guia traz propostas de tipologias de esquadrias que possam contribuir melhor para a eficiência energética das edificações. Apresenta sugestões de próximos passos a serem trilhados, como a capacitação e a formação de profissionais, viabilização de esquadrias eficientes para habitações de interesse social e avanços tecnológicos como a integração da geração de energia fotovoltaica à esquadria.

Queremos registrar aqui um agradecimento especial às entidades, órgãos de governo, universidades, empresas e profissionais participantes do processo de confecção do Guia, que de forma voluntária contribuíram com sua experiência e conhecimento.

Agradecemos também à GIZ, que desde o primeiro momento apoiou a iniciativa.

Boa Leitura!

Jose Romeu Ferraz
Presidente SindusCon-SP

SUMÁRIO

1 Introdução 12

2 Eficiência energética nas edificações e a importância da correta especificação das esquadrias 14

2.1 Projetos de arquitetura 15

2.1.1 Etiquetagem de nível de eficiência energética de edificações... 15

2.1.2 Eficiência do projeto no desempenho da edificação 16

2.2 O papel da esquadria na edificação 18

2.2.1 Coordenação dos vãos e modulação das dimensões das esquadrias 21

2.2.2 Vidros de controle solar 21

2.2.3 Elementos de proteção solar (brise, veneziana, persiana) 24

2.2.3.1 Brise 24

2.2.3.2 Veneziana 26

2.2.3.3 Persiana 27

2.2.3.4 Tela mosquiteira 29

2.3 Especificação das esquadrias 29

2.3.1 Área efetiva de abertura para ventilação 30

2.3.2 Área efetiva para iluminação natural 30

3 Desempenho das esquadrias e os cuidados na fabricação 32

3.1 Desempenho das esquadrias 33

3.2 Avaliação de acordo com o número de pavimentos da edificação e a região do País 33

3.2.1 Requisitos adicionais de desempenho 35

3.2.1.1 Desempenho acústico 35

3.2.2 Desempenho térmico das esquadrias 37

3.2.2.1 Etiquetagem PBE Edifica 39

3.2.3 Ventilação natural 41

3.2.4 Ganho de calor por radiação solar 43

3.2.5 Troca de calor por diferença de temperatura 44

4. Orientações para aquisição, recebimento, armazenamento e instalação das esquadrias 47

4.1 Projetos de esquadrias, consultorias e ensaios de avaliação 48

4.2 Informações necessárias para a aquisição das esquadrias 49

4.2.1 Condições de armazenamento das esquadrias na obra 49

4.3 Instalação das esquadrias 50

4.3.1 Condições para aterramento 52

5. Uso, operação e manutenção das esquadrias. 53

5.1 Condições de uso e operação das esquadrias 54

5.2 Manutenção das esquadrias 54

5.3 Vida útil de projeto 55

6. Tendências 56

7. Próximos passos/ Andamento dos estudos 60

8. Referências bibliográficas 62

ANEXO A - Tipologias de esquadrias e suas características 65

ANEXO B - Vidros de controle solar- orientações para estudo de aplicação ... 75

ANEXO C - Estudo de caso de uma edificação com esquadria eficiente 77

ANEXO D - Brise-soleil- elemento de controle de incidência de radiação solar- orientações para estudo de aplicação 81

1. INTRODUÇÃO

Este guia tem como escopo abordar como as esquadrias podem contribuir para a eficiência energética da edificação, em especial as janelas

Dentre as funções do elemento esquadria, podemos destacar: estética, o controle da entrada de luz natural, o controle da entrada de ventilação natural; a estanqueidade; o contato visual com o exterior; o isolamento acústico, o térmico, o sombreamento, a segurança e a privacidade. Porém, destaca-se que algumas destas funções quando adotadas podem gerar conflitos na busca da eficiência energética de um edifício.

A correta especificação da esquadria deve levar em conta os fatores de entorno, privilegiando a solução mais adequada para o local, minimizando o consumo de energia e preservando ao máximo as demais funções. Sua eficiência depende da combinação dos perfis com o tipo de vidro, componentes e sombreamento adotado e depende também de uma combinação de fatores que envolvem a edificação e o seu funcionamento, pois as esquadrias com folhas móveis são operadas pelo usuário. A correta utilização de uma esquadria eficiente pode influenciar na redução do consumo de energia de uma edificação.

O objetivo é o de avançar na especificação de esquadrias com foco em eficiência energética abordando pontos como:

- avaliação do desempenho térmico das esquadrias;
- proposta de tipologias de esquadrias mais eficientes;
- proposta de novas tecnologias.

Esta publicação aborda os principais aspectos que devem ser considerados na escolha de uma “esquadria eficiente” e as opções de tipologias de esquadrias que possam ser oferecidas pelos fabricantes ao mercado.

Para a busca de uma esquadria eficiente, devem ser considerados os ganhos e perdas de calor; analisar sua aplicação ao longo de todo o ano; observar como a mesma será usada; sua flexibilidade e custo. É importante destacar a diferença entre as esquadrias para climas quentes e frios, isto é, existem tipologias que se comportam melhor no verão e tipologias que se comportam melhor no inverno. Os atuais tipos de esquadrias disponíveis no mercado e suas características são apresentados no Anexo A.

Serão abordados os aspectos que devem ser avaliados para considerar uma esquadria eficiente em relação ao desempenho térmico e aos demais requisitos.

2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS EDIFICAÇÕES E A IMPORTÂNCIA DA CORRETA ESPECIFICAÇÃO DAS ESQUADRIAS

Este documento se aplica aos diferentes tipos de uso das edificações, como por exemplo, residencial em todas as faixas de renda, comercial, hotéis, hospitais, instituições de ensino, respeitando as condições de desempenho das normas técnicas e legislações vigentes, como condições mínimas e atendimento à vida útil de projeto e a operação do edifício, buscando também uma economia energética no uso.

As fachadas e coberturas são os elementos que compõem os envoltórios da edificação, que funcionam como filtro, e estão diretamente sujeitas às intempéries, destacando-se a, calor ou frio externos, vento, chuva, granizo e radiação solar. Neste último quesito as esquadrias, juntamente com o tipo de vidro adotado, são os elementos que podem permitir a entrada da radiação solar no interior do ambiente, o que gera o superaquecimento, quando dimensionadas incorretamente. Por outro lado, em algumas regiões do País a entrada de radiação solar é bem vinda, reduzindo o consumo energético de aquecimento. Enfim, o ganho de calor para o interior da edificação depende do conjunto de considerações dos elementos que compõem a envoltória.

2.1. Projetos de arquitetura

2.1.1. Etiquetagem de nível de eficiência energética de edificações

Em uma edificação, as esquadrias correspondem a um elemento de extrema importância em relação ao desempenho térmico e lumínico de seu interior. Estas, que também podem ser chamadas de aberturas, como ocorre nos regulamentos para a etiquetagem PBE Edifica (Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações), podem ser translúcidas ou transparentes, com possibilidade ou não de articulação, e compõem o que é chamado de envoltória de uma edificação.

A envoltória é composta por planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, como por exemplo, fachadas e coberturas. E as características térmicas dos materiais da envoltória contribuem ou não para um bom desempenho térmico e eficiência energética de um edifício. Neste contexto, caso não sejam consideradas as corretas especificações as esquadrias podem corresponder ao elemento de maior ganho térmico da envoltória, assim sua escolha deve ser feita a partir de critérios que considerem sua eficácia. As características das esquadrias se somam as características dos

demais elementos da envoltória, sendo necessário, portanto, uma avaliação integrada dos mesmos para utilização em determinada edificação. A escolha desses elementos, além de permear a utilização da edificação, também deve considerar o zoneamento bioclimático brasileiro (ABNT NBR 15220-3) e a orientação solar de cada fachada.

Para fins de cálculos para a Etiquetagem de Edificações, no RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) são considerados o percentual de abertura da fachada, o fator solar dos vidros e elementos de sombreamento externo. Já para o RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais), consideram-se áreas mínimas para ventilação e iluminação das aberturas de acordo com o zoneamento bioclimático e elementos de sombreamento externo.

Desde 2012, o RTQ-R vem sendo avaliado com proposição de melhorias, e dentre as novas propostas está o desenvolvimento de um metamodelo que prediz as cargas térmicas de aquecimento e resfriamento e o percentual de horas em conforto térmico (PHOCT) para salas e dormitórios, através de metamodelos gerados por redes neurais artificiais (RNA). Este metamodelo considerando o uso da ventilação natural e do sistema de condicionamento de ar, e abrange grande parte das soluções arquitetônicas encontradas em edificações residenciais. Os dados de saída deste novo metamodelo permite avaliar o consumo para aquecimento e resfriamento, e expressa também as horas de conforto da edificação. A classificação de eficiência energética utiliza a energia primária como base comparativa. Dessa maneira, computa-se a energia elétrica e térmica nos cálculos para, através de fatores de conversão, transformá-las em energia primária, afim de operá-las em conjunto e chegar a um único valor representativo do consumo energético. (http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem)

2.1.2. Eficiência do projeto no desempenho da edificação

Como as demais decisões em arquitetura, a escolha do tipo de esquadria deve ser conduzida em conjunto com outros fatores projetuais, tais como: implantação, orientação solar, sistema construtivo, partido arquitetônico, cores da fachada, dimensões do ambiente, acesso visual, estética, entre outras. A escolha destas condições deve considerar o clima e o entorno onde a edificação está inserida, respeitando os códigos de obras da região da edificação.

A Figura 1 ilustra, de forma simplificada, uma sequência de análise de condições de projeto para a escolha da esquadria adequada que deve ser avaliada para cada edificação, que pode ser transcrita em 6 passos:

1. A partir de uma necessidade de ventilação e iluminação natural, para um determinado tipo de ambiente, sistema construtivo e padrão estético de fachada, pode-se estabelecer uma área de abertura, ou o tamanho do vão.

2. A área de abertura definida irá provocar um ganho de calor ao longo do dia e do ano.

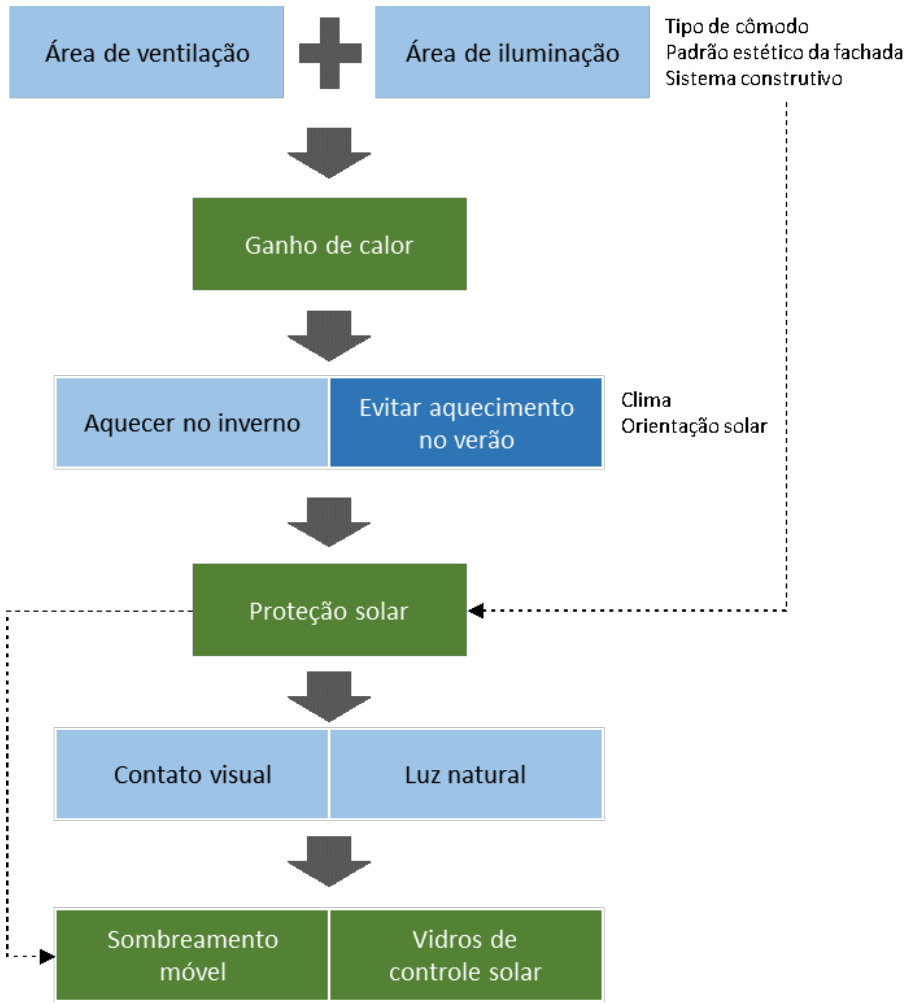
3. Esse ganho de calor pode ser benéfico no inverno, mas prejudicial no verão, podendo diminuir o consumo de energia com aquecimento artificial, mas aumentar o consumo com resfriamento artificial. A análise deve considerar o clima e orientação solar da abertura.

4. Para controlar os ganhos de calor deve-se prever elementos de proteção solar. Estes serão escolhidos conforme o tipo de cômodo, estética e sistema construtivo.

5. Na escolha dos elementos de proteção solar deve-se levar em conta o acesso visual com o exterior e a disponibilidade de luz natural no ambiente.

6. Por fim, os elementos de sombreamento poderão ser dispositivos móveis, tais como venezianas, persianas, cortinas, ou fixos, como beirais, sacadas ou brises e outros dispositivos que podem ser móveis ou fixos, ou ainda por meio de vidros de controle solar, que permitem redução do ganho de calor solar, considerando que cada elemento possui um diferente nível de proteção solar.

Figura 1
Análise de condições de projeto



2.2. O papel da esquadria na edificação

Conforme a ABNT NBR 10821-1 "Esquadrias para edificações - Parte 1: Esquadrias externas e internas - Terminologia", esquadria é o nome genérico dos componentes formados por perfis utilizados nas edificações. As esquadrias são definidas, segundo:

- sua finalidade, utilização ou função;
- seu movimento;

- suas partes;
- seus componentes.

E podem ser divididas em:

- **janela** - esquadria, vertical ou inclinada, geralmente envidraçada, destinada a preencher um vão, em fachadas ou não. Entre outras, sua finalidade é permitir a iluminação e/ou ventilação de um recinto para outro.
- **porta** - esquadria que, entre outras finalidades, permite ou impede o acesso de um recinto para outro.
- **esquadria para claraboia, coberturas e marquises** - esquadria para ser utilizada como iluminação natural, geralmente inclinada, que atenda pelo menos aos requisitos previstos para as esquadrias verticais, conforme ABNT NBR 10821.
- **fachada-cortina** - esquadrias interligadas e estruturadas, com função de vedação, que formam um sistema contínuo, desenvolvendo-se no sentido da altura e/ou da largura da fachada da edificação, sem interrupção, por pelo menos dois pavimentos.

As esquadrias devem atender a norma técnica ABNT NBR 10821-2 e ABNT NBR 10821-4 de forma comprovada, assegurando a estanqueidade ao ar e à água, que são essenciais para responder adequadamente as solicitações térmicas a que estão expostas. Os perfis, os vidros e os componentes desempenham um papel decisivo no desempenho térmico. Atualmente já existem soluções e tecnologia de componentes que oferecem todas as garantias na obtenção de esquadrias mais eficientes neste sentido.

As esquadrias têm a função primordial de promover o contato com o exterior, à medida que controlam também o impacto das intempéries através das aberturas. Nesse sentido, as esquadrias devem controlar o ganho e perda de calor da edificação, a entrada de luz, ruído e ventilação. Para manter bons padrões de conforto e diminuir o consumo de energia da edificação, todos esses aspectos devem possuir estratégias ou dispositivos de controle. Existem aspectos que irão exigir perfis de alta qualidade, e outros que irão exigir vidros de alto desempenho. Tais estratégias e condições de especificação estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Aspectos a serem analisados e estratégias de controle para serem observadas na especificação de esquadrias eficientes.

Aspecto a ser considerado	Descrição da estratégia	Características para especificação com eficiência
Contato visual com o exterior	A função primordial das esquadrias é o acesso visual ao exterior, ou seja, promover a integração entre ambiente interno e externo através de aberturas nas paredes e coberturas. Evidentemente, a eficácia e qualidade desse acesso será dependente da existência ou não de obstáculos, tais como elementos de sombreamentos, venezianas, assim como o índice de reflexão dos vidros, ou suas texturas e serigrafias. Tais características devem ser dosadas de maneira adequada para promover o controle do ganho de calor, luz, e ao mesmo tempo manter o acesso visual.	Especificar elementos de sombreamento e controle de luz essenciais, evitando obstáculos desnecessários. Especificar vidros com baixas taxas de reflexão interna (ex: inferior a 15%) Preferir elementos móveis (em vez de fixos) para a proteção solar, controle de luz e privacidade.
Iluminação natural	O aproveitamento da luz natural promove economia de energia, pois reduz o uso de iluminação artificial; e saúde aos ocupantes das edificações, pois o corpo humano é regulado pelos ciclos de dia e noite. Porém, a grande variabilidade dessa fonte de luz ao longo do dia e do ano é o maior desafio no desenvolvimento de projetos eficientes. O excesso de luz também é prejudicial, podendo ocasionar ofuscamento (brilho excessivo) e forçando as pessoas a fecharem os elementos de proteção e acionar sistemas de iluminação artificial.	Adotar áreas de abertura moderadas conforme a orientação solar e uso do cômodo. Especificar vidros com transmissão luminosa compatível com a área de abertura e elementos de controle de entrada de luz. Preferir elementos de controle de entrada de luz móveis, tais como venezianas, persianas, cortinas e brises móveis.
Ganho de calor	Para todos os climas brasileiros o controle do ganho de calor por radiação solar é fator importantíssimo na garantia de projetos de edificações eficientes. O uso de elementos de sombreamento externo devem ser sempre preferidos em relação a elementos internos, bem como a opção por dispositivos móveis, em vez de fixos, garantem maior controle das demais características (acesso visual, luz natural, ventilação e ruído). Vidros de controle solar reduzem significativamente o ganho de calor, enquanto mantêm o acesso visual com o exterior e promovem o aproveitamento da luz natural. Vidros insulados podem ser usados para diminuir o ganho de calor por radiação solar e por diferença de temperatura em climas constantemente quentes.	Preferir elementos de proteção solar externos e móveis. Especificar vidros de controle solar conforme área de abertura e orientação solar. Especificar vidros insulados (duplos com câmara de ar) para climas constantemente quentes.
Perda de calor	A perda de calor pelas esquadrias tem um papel importante no conforto térmico e eficiência energética em climas muito frios (climas de altitude e na região sul do Brasil). Para controlar essas perdas é fundamental o uso de esquadrias com alto nível de estanqueidade, com baixas taxas de infiltração de ar quando fechadas. Além disso, perfis com baixa transmitância térmica diminuem o efeito de pontes térmicas, mantendo os ambientes internos aquecidos e evitando o desconforto localizado próximo às esquadrias. Vidros insulados também garantem baixas taxas de perda de calor, diminuindo o desconforto térmico e o consumo de energia para aquecimento.	Especificar esquadrias bem vedadas, com baixas taxas de infiltração de ar. Escolher perfis com baixa transmitância térmica. Especificar vidros insulados (duplos com câmara de ar)

Ventilação natural	A ventilação natural é a estratégia de condicionamento passivo recomendada para todos os climas brasileiros e, da mesma forma como a luz natural, sua variabilidade ao longo do dia e do ano exige um esforço adicional para controlar seu uso na promoção de edificações energeticamente eficientes. Não apenas a área de abertura irá definir as trocas de ar e velocidade de vento adequadas para o conforto térmico, como a disposição das aberturas nos cômodos é fundamental para promover uma ventilação eficaz. As esquadrias devem ainda permitir o controle de entrada de ar, possibilitando o fechamento das aberturas na ocorrência de ventos de alta velocidade.	Especificar áreas e posicionamento das abertura de forma que promovam a ventilação cruzada nos cômodos ou nas unidades habitacionais, ou seja, fornecer aberturas em fachadas diferentes. Prover dispositivos de controle de excesso de ventilação, tais como folhas de vidro e venezianas móveis. Telas mosquiteiras podem reduzir em até 60% a taxa de permeabilidade do ar em esquadrias, exigindo áreas de abertura maiores para conforto.
Controle do ruído	O controle de entrada de ruído através das esquadrias é outro ponto importante no projeto de edificações eficientes, uma vez que a busca por ventilação natural entra em conflito direto com o isolamento acústico. Ventilação natural e controle do ruído caminham em caminhos opostos. Para garantir o isolamento acústico é necessário o uso de esquadrias bem vedadas, podendo-se optar por vidros mais espessos ou insulados com diferentes espessuras de chapas.	Especificar esquadrias bem vedadas, com ausência ou poucas frestas. Optar por vidros mais espessos, podendo ser laminados e ainda insuladas com chapas de diferentes espessuras.

2.2.1. Coordenação dos vãos e modulação das dimensões das esquadrias

As esquadrias são instaladas em sistemas construtivos diversos como paredes de alvenaria, concreto e outros. A coordenação modular da edificação auxilia na correta especificação da esquadria que pode ser produzida de forma mais industrializada e com menos variáveis. A norma de coordenação modular ABNT NBR 15873 é citada na norma de esquadrias e no decreto no 9377, de 17 de maio de 2018 que institui a estratégia nacional de disseminação do *Building Information Modelling* (BIM), portanto cada vez mais, os projetos e a indústria de esquadrias devem prever a compatibilização dimensional dos elementos construtivos e a modulação.

2.2.2. Vidros de controle solar

Vidros de controle solar são aqueles que possuem um tratamento superficial por meio de um revestimento metálico, imperceptível a olho nu, mas que pode dar um aspecto mais refletivo ou mais escurecido ao vidro.

Esse revestimento tem a função de minimizar o ganho de calor solar através do vidro, filtrando parte do espectro. Dependendo da composição do revestimento, o vidro pode proporcionar baixo ganho de calor por radiação solar, enquanto permite a passagem de luz.

Com a tecnologia de revestimento que existe atualmente é possível ter vidros com mesmo desempenho térmico, mas com colorações diferentes. Dessa forma, pode-se buscar alta eficiência energética, sem abrir mão da estética, contato visual com o exterior ou privacidade. Em termos gerais, pode-se dizer que o revestimento metálico de vidros de controle solar funciona como uma "peneira" ou, mais precisamente, como um "filtro" para a radiação solar, permitindo o controle da transmissão de luz e calor para o ambiente de acordo com o projeto.

O revestimento, chamado de coating, pode ser aplicado durante o processo de fabricação com o vidro ainda quente (processo on-line, ou hard-coating), ou após o vidro pronto (processo off-line ou soft-coating). Dependendo do tipo de revestimento e sua resistência à intempéries, o vidro de controle solar deve ser laminado ou insulado para proteger o coating no interior da composição. Mas existem soluções que podem ser aplicadas na forma monolítica. Alguns vidros de controle solar também podem ser curvados e temperados. Além disso, o coating pode ser aplicado ao float incolor e colorido e posteriormente serigrafado.

A principal aplicação dos vidros de controle solar ocorre em janelas, fachadas e coberturas envidraçadas, permitindo maior área de abertura, com menor ganho de calor comparado ao vidro float incolor ou colorido. A norma da ABNT que trata das características e métodos de ensaio para garantia da qualidade dos vidros de controle solar é a NBR 16023 (Vidros revestidos para controle solar- Requisitos, classificação e métodos de ensaio).

Muitos revestimentos de controle solar também podem reduzir boa parte da transmissão de radiação ultravioleta. Essa parcela da radiação solar é a principal responsável pelo desbotamento de cortinas, carpetes, móveis, eletrodomésticos e pinturas. No caso dos vidros laminados com PVB, a redução de ultravioleta para o interior dos ambientes é significativa, já que o PVB absorve até 99% dos raios UV.

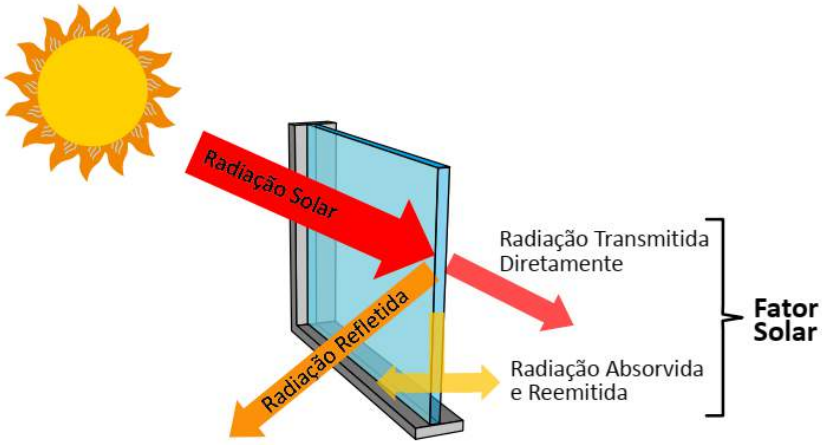
Para a escolha do vidro, pensando numa seleção preliminar, antes de qualquer cálculo por simulação, os indicadores de referência são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2
Indicadores de referência para especificação de vidros de controle solar.

Fator solar, que indica o ganho de calor que será proporcionado pelo vidro quando exposto à radiação do sol	**Calor**	Transmissão Energética (ou Solar) Reflexão Solar (frente) Reflexão Solar (verso) Absorção
Transmissão luminosa, que representa o quão transparente é o vidro	**Luz**	Transmissão Luminosa Reflexão Luminosa (frente) Reflexão Luminosa (verso) Absorção
Reflexão luminosa externa, que indica o quão espelhado é o vidro durante o dia, quando visto de fora da edificação		
Reflexão luminosa interna, que indica o quão espelhado é o vidro durante a noite, quando visto de dentro da edificação		

O fator solar é um índice que representa a parcela da radiação solar que atravessa o vidro na forma de calor. Corresponde à soma da parcela da radiação solar transmitida diretamente para o interior, mais a parcela que é absorvida no painel de vidro e irradiada para dentro do ambiente, conforme ilustrado na Figura 2 .

Figura 2
Representação esquemática do Fator Solar de vidros.



Valores de Referência e Exemplo:

Vidro	Fator Solar
Incolor 3mm	87%
Verde 3mm	62%
Controle Solar	<40%

2.2.3. Elementos de proteção solar (brise, veneziana, persiana)

2.2.3.1. Brise

Do francês brise-soleil, são elementos arquitetônicos desenvolvidos para diminuir a ação do sol sobre as fachadas (aquecimento do ambiente interno), sem perder a ventilação e luminosidade natural.

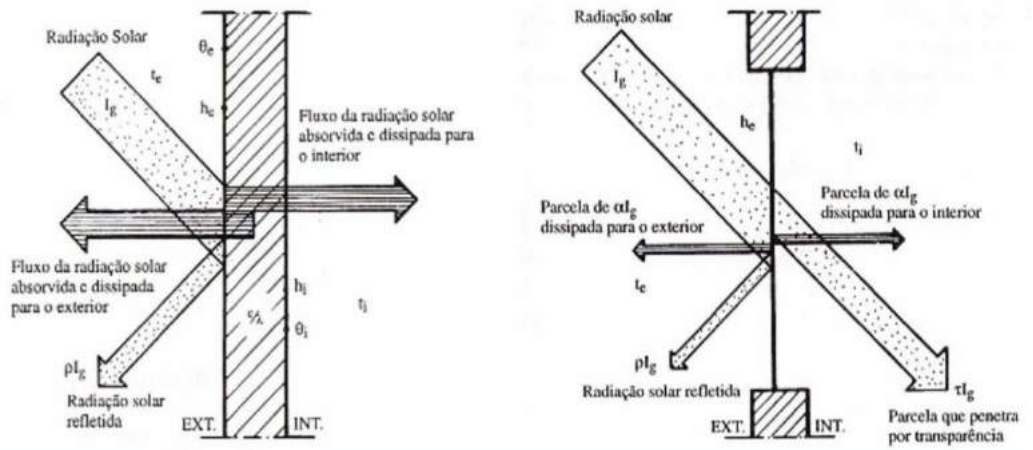
Sendo assim, sua aplicação é uma maneira consagrada que o campo da arquitetura e urbanismo, encontrou para conferir um maior controle térmico que por sua vez associado a consumo de energia elétrica promove uma otimização da utilização da mesma, e conforto acústico para ambientes internos.

Podem ser de diversos formatos, sistemas fixos e móveis, instalados geralmente em fachadas externas. Porém, como elementos arquitetônicos, possuem aplicações para ambientes internos.

Quando instalados em sistema móvel, criam a possibilidade do controle angular do brise, o que possibilita um controle dinâmico em aumentar ou diminuir a insolação do ambiente interno ao qual conferem proteção.

Figura 3

Trocas de calor através de superfícies. (Fonte: Frota & Schiffer, 2000, p. 42/43)



A transferência de energia em forma de calor, proveniente da radiação solar em construções, se processa por componentes externos tais como: paredes, cobertura, aberturas de respiro e esquadrias, Figura 3.

Para que o estudo da aplicação do brise seja ideal, auxiliando a engenharia e a arquitetura a definir modelo e sistema (fixo ou móvel), é necessário fazer o estudo da geolocalização da edificação, ou seja, feita uma carta solar, também chamada de diagrama solar, que é uma representação do percurso do sol na abóbada celeste, em períodos distintos do dia e do ano, sendo diferenciada conforme latitude. Para isso, considera-se o percurso aparente do sol ao se deslocar numa trajetória elíptica ao redor da terra.

Outros fatores que influenciam o estudo da otimização térmica do brise em relação a fachada ou área de aplicação ao qual irá conferir proteção são a cor do brise e a condutividade térmica dos materiais constituintes do brise. No Anexo D encontram-se orientações básicas para estudo de aplicação do brise na edificação.

Os brises podem ser móveis ou fixos, desde que atendam ao período de sombreamento requerido. Para sistema móvel, quando feito por acionamento manual, deve-se ter cuidado em orientar os responsáveis pela movimentação do mesmo, dada necessidade da obstrução parcial ou total da radiação solar, conforme os estudos de aplicação previamente realizados, Figura 4.

Figura 4
Modelo de aplicação de brise em edificação escolar (Fonte: Sulmetais)

2.2.3.2 Veneziana

Palavra de origem italiana oriunda da cidade de Veneza, parte da janela cujas folhas são compostas de lâminas inclinadas que formam frestas, escurecendo o ambiente permitindo a ventilação natural.

Sua aplicação é uma maneira simples que o campo da arquitetura e urbanismo, encontrou para efetuar o controle do escurecimento dos ambientes destinados ao descanso como os dormitórios possibilitando manter a ventilação em alguns casos.

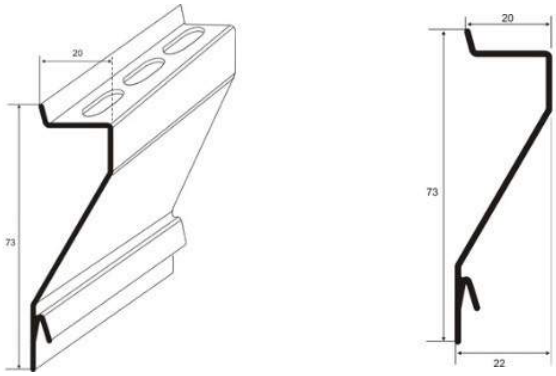
Atualmente temos modelos de venezianas com dispositivos de controle da abertura, ou seja, mecanismo que permite-se aumentar o diminuir a entrada de luz e ventilação natural.

As venezianas são mais utilizadas em Janelas de Correr, ou Janelas com Folhas de Giro, podem ser fabricadas em Aço, em Alumínio, em Madeira ou em PVC, Figuras 5 e 6.

Figura 5
Veneziana em janela de correr

Figura 6
Veneziana de perfil rígido com e sem ventilação

Lado externo
da edificação



2.2.3.3 Persiana

No século XVIII, tornou-se moda na França o uso de painéis exteriores de lâminas horizontais como proteção para janelas como forma de dosar a luminosidade e garantir a privacidade dos ambientes, foram chamados de Persiennes.

Outro termo de arquitetura com o qual a persiana pode ser confundida é a veneziana, atualmente estes dois vocábulos aparecem como sinônimos na maioria dos dicionários mas na origem eles se diferenciam pelo fato de a veneziana ser um perfil sólido e fazer parte da própria janela e a persiana ser uma "esteira" ou "manta" incorporada à janela e que ganha movimento com auxílio de motores ou recolhedores o que permite seu recolhimento proporcionando 100% de iluminação do vão, contribuindo para a eficiência energética.

Quando não recolhida a "manta" ou esteira" contribui para o conforto térmico nos ambientes, Figura 7.

A "manta" ou "esteira" de persianas é composta por lâminas denominadas "palhetas" podendo ser PVC ou alumínio, Figuras 8 e 9.

As palhetas com preenchimento ou com alvéolos possuem características que melhoram o desempenho térmico e acústico das esquadrias.

Também existem persianas internas caracterizadas como elementos de sombreamento e decorativos cuja composição pode ser em tecido e outros materiais e que não fazem parte da esquadria.

Figura 7
Janela com Persiana de Enrolar (Fonte: Roto/Fermax)

Figura 8
Palheta de Persiana de alumínio com e sem preenchimento (Fonte: Roto/Fermax)

Figura 9
Palheta de Persiana de PVC (Alveolar) (Fonte: Roto/Fermax)

2.2.3.4 Tela mosquiteira

O fluxo de ar que atravessa uma abertura pode sofrer reduções de alguma barreira for interposta a ele como, por exemplo, telas contra mosquitos. A Tabela 3 indica o valor do fluxo de ar reduzido se for utilizada tela contra mosquito na abertura (LAMBERTS et al., 2013).

Tabela 3
Redução do fluxo de ar através das telas contra mosquitos (LAMBERTS et al., 2013)

Tipo de Tela	Ventilação cruzada	Ventilação unilateral
Algodão	$Q_M = 0,30\ Q$	$Q_M = 0,30\ Q$
Nylon	$Q_M = 0,65\ Q$	$Q_M = 0,65\ Q$

2.3. Especificação das esquadrias

Existem diferentes tipologias de esquadrias, conforme ABNT NBR 10821-1. As características básicas de cada tipologia são apresentadas no Anexo A, Tabela A.1.

2.3.1. Área efetiva de abertura para ventilação

A fim de possibilitar uma ventilação adequada, e portanto um conforto térmico adequado, os ambientes deverão ter uma área de abertura para ventilação adequada. A Norma ABNT NBR 15.575-4 e os Códigos de Obras estipulam áreas mínima de abertura para ventilação para cada ambiente, em função da área de piso daquele ambiente.

Diferentes tipologias de esquadria possuem características que irão influenciar a taxa de ventilação que poderá passar por ela. Telas mosqueteiras, e outros dispositivos adicionais também poderão dificultar a passagem de ar por uma dada abertura (2.2.3.4). Portanto, é preciso calcular a área efetiva de uma esquadria, considerando estes fatores. Esta **área efetiva** deverá ser usada nos cálculos de área mínima de abertura conforme os requisitos da ABNT NBR 15.575 e os Códigos de Obras.

$$A_{eff_vent} = A_{caixilho} \times FC_{vent}$$

Onde:

A_{eff_vent} = Área efetiva para ventilação,a ser usada em cálculos de área de ventilação

$A_{caixilho}$ = Área do caixilho

FC_{vent} = Fator de correção para área de abertura,conforme Tabela A.1.

2.3.2. Área efetiva para iluminação natural

Similarmente, a área disponível para entrada de luz natural deve ser corrigida pela tipologia de caixilho, pela formula:

$$A_{eff_ilum} = A_{caixilho} \times FC_{ilum}$$

Onde:

A_{eff_ilum} = Área efetiva para iluminação,a ser usada em cálculos de área para iluminação

$A_{caixilho}$ = Área do caixilho

FC_{ilum} = Fator de correção para área de iluminação,conforme Tabela A.1.

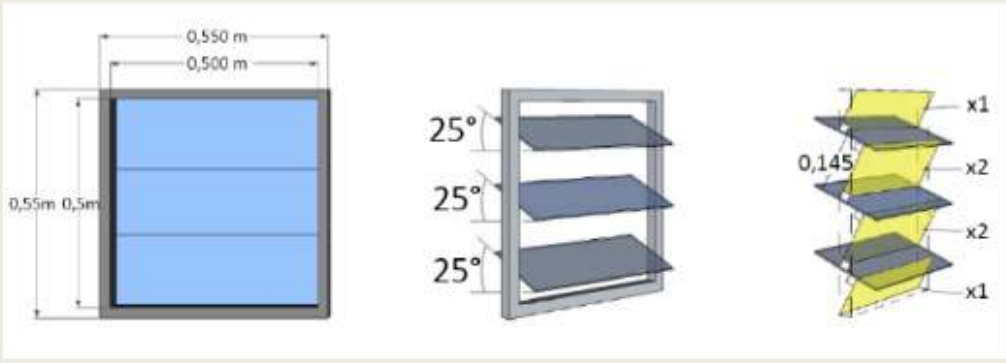
A Tabela A.1 do Anexo A, apresenta valores típicos de Fatores de Correção, (ou seja, % de área para ventilação natural) e de áreas efetivas para iluminação para diferentes tipologias. As mesmas devem ser confirmadas no Manual do fabricante de esquadrias. A Tabela 4 apresenta um exemplo de como esta área de ventilação efetiva pode ser calculada.

Tabela 4

Exemplo de cálculo da área de ventilação efetiva (LAMBERTS et al, 2013)

Exercício 1

Calcular a área de abertura para ventilação da janela basculante a seguir, cuja inclinação máxima das folhas é de 25º.



a) Janela Fechada

b) Perspectiva da abertura máxima

c) Em amarelo as áreas que devem ser contadas como área de ventilação

Figura 1.9. Exemplo de janela do tipo basculante

Cálculo da área de abertura:

AAb = 0,55 * 0,55

AAb = 0,3025 m²

Cálculo da área de ventilação:

X2 = 0,145 x 0,5

X2 = 0,0725 m²

X1 = X2 / 2

X1 = 0,0362

Cálculo da área de ventilação

A_{vent} = (X2 x 2) + (X1 x 2)

A_{vent} = 0,2174 m²

3. DESEMPENHO DAS ESQUADRIAS E OS CUIDADOS NA FABRICAÇÃO

3.1. Desempenho das esquadrias

A norma **ABNT NBR 10821**, sob o título geral "**Esquadrias para edificações**", foi dividida nas seguintes partes:

- Parte 1: Esquadrias externas e internas- Terminologia;
- Parte 2: Esquadrias externas- Requisitos e classificação;
- Parte 3: Esquadrias externas e internas- Métodos de ensaio;
- Parte 4: Esquadrias externas- Requisitos adicionais de desempenho;
- Parte 5: Esquadrias externas- Instalação e manutenção;
- Parte 6: Esquadrias internas - Requisitos e classificação, instalação e manutenção.

O desempenho das esquadrias conforme a ABNT NBR 10821-2- e a ABNT NBR 10821-4, e seus requisitos básicos, deve ser especificado pelo comprador.

A esquadria deve comprovar o atendimento aos seguintes requisitos descritos na norma:

- penetração de ar;
- estanqueidade à água;
- cargas uniformemente distribuídas;
- resistência às operações de manutenção e segurança nas operações de manuseio;
- desempenho acústico;
- desempenho térmico.

Todas as aplicações de vidros na construção civil devem atender o que determina a ABNT NBR 7199- Vidros na construção civil- Projeto, execução e aplicações, para garantir a segurança dos usuários."

3.2. Avaliação de acordo com o número de pavimentos da edificação e a região do País

A esquadria deve ser especificada conforme dimensão (largura e altura) para o número de pavimentos da edificação e a região do País, onde se localiza a edificação em que será instalada.

A Tabela 5 e o Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento, que apresenta as regiões de mesma pressão de vento, no Brasil, conforme ABNT NBR 6123 (Figura 11), devem ser consultados antes mesmo da escolha da tipologia da esquadria.

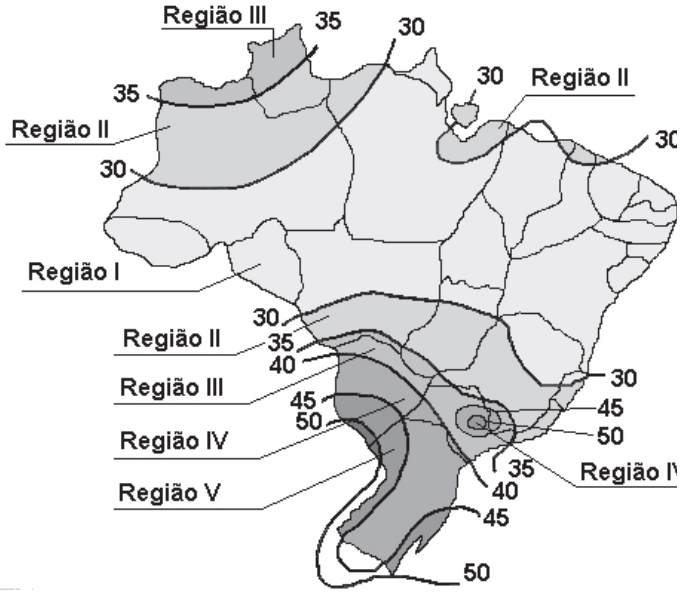
Tabela 5

Número de pavimentos e região do País onde a esquadria será instalada

Nº Pavimentos (Alt. Máxima)	Regiões do País – Gráfico das isopletas
Até dois pavimentos (ou 6 m)	Regiões de I a V Nota: Verificar no gráfico das isopletas para qual região do País se destina a janela, confrontando com a indicação feita na esquadria pelo fabricante.
Até cinco pavimentos (ou 15 m)	
Até dez pavimentos (ou 30 m)	
Até vinte pavimentos (ou 60 m)	
Até trinta pavimentos (ou 90 m)	

Figura 11

Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento(V0), em m/s, no Brasil, conforme a ABNT NBR 6123 (ABNT NBR 10821-2).



As esquadrias (Portas e Janelas) são qualificadas por suas dimensões (largura e altura), sendo para o mesmo projeto, a avaliação da esquadria de maior dimensão valida a de menor dimensão nos requisitos da ABNT NBR 10821-2.

Por exemplo, a janela basculante não pode ser utilizada como uma esquadria externa, devido à sua característica construtiva (permite passagem de água) não deve ser utilizada na fachada da edificação; é permitido o uso somente em áreas internas da edificação (Ex.: janela de banheiro que abre para a área de serviço).

Também deve ser especificado o desempenho desejado das esquadrias, nos requisitos de Estanqueidade ao ar e à água:

1. **Mínimo**: presença de água no trilho inferior e no corpo da janela (requadro);
2. **Intermediário:** presença de água somente no trilho ou marco inferior;
3. **Superior:** sem presença de água.

3.2.1. Requisitos adicionais de desempenho

A ABNT NBR 10821-4 especifica os requisitos adicionais de desempenho para esquadrias externas para edificações, independentemente do tipo de material.

Como requisitos adicionais de desempenho foram citados o desempenho acústico, o desempenho térmico, a iluminação natural e o desempenho quanto à funcionalidade.

Em condições de acessibilidade deve ser atendida a ABNT NBR 9050 e em condições de saídas de emergência deve ser atendida a ABNT 9077.

3.2.1.1. Desempenho acústico

Os níveis de desempenho acústico estão indicados na ABNT NBR 10821-4, Tabela 6 deste documento e referem-se aos resultados obtidos nos ensaios de isolação sonora das esquadrias, conforme a ISO 10140-2.

O usuário deve exigir o nível de desempenho acústico e o índice de redução sonora ponderado Rw (C;Ctr) (dB) do fabricante de acordo com as condições do ruído no entorno da edificação e do cômodo onde deve ser instalada a esquadria.

Tabela 6
Níveis de desempenho das esquadrias

Ensaio	Desempenho			
	D	C	B	A
Índice de redução sonora ponderado R_w (dB)	$R_w < 18$	$18 \leq R_w < 24$	$24 \leq R_w < 30$	$R_w \geq 30$

O nível de desempenho acústico obtido nos ensaios em laboratório deve ser informado no modelo de etiqueta descrito na ABNT NBR 10821-2, Anexo A, constando o desempenho e o valor obtido de forma numérica, assim como a espessura e o tipo de vidro. Também deve ser informada a classificação conforme o modelo de selo apresentado no Anexo A da ABNT NBR 10821-4 (Figura 12).

Caso a esquadria não esteja acompanhada de etiqueta, estas informações devem constar em catálogos, projetos ou certificados.

Os corpos de prova a serem ensaiados devem reproduzir fielmente o projeto, as especificações e as características construtivas das esquadrias, com especial atenção à interface da esquadria ao vão a ser instalada.

Em locais de ruídos atípicos, deve ser solicitada assessoria técnica especializada para definição do produto adequado.

O manual de Esquadrias publicado pelo convênio entre CBIC e SENAI em seu item 6.3 trata do desempenho acústico das esquadrias e da influência de seu desempenho na edificação, em conjunto com a parede. (disponível em www.cbic.org.br/publicações COMAT)

Figura 12
Modelo de etiqueta de classificação do desempenho acústico da esquadria

INDICAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE ESQUADRIAS

Fabricante:			Código do Produto:
CNPJ:			
Produto:			
Espessura e tipo de vidro:			
Isolação sonora:	Índice de redução sonoro ponderado R_w ($C;C_{tr}$) dB		
Condição de ensaio quanto ao elemento de sombreamento	**Resultado**	Acionada	Recolhida

Índice de Redução Sonora Ponderado - R_w(dB)

- $R_w \geq 30$ A
- $24 \leq R_w < 30$ B
- $18 \leq R_w < 24$ C
- $R_w < 18$ D

Eficiência deste Produto

A

B

NOTA Convém que para as esquadrias com elementos de sombreamento (por exemplo, folhas de veneziana e persianas de enrolar) que os ensaios sejam realizados com os elementos acionados e recolhidos, e os seus resultados nas duas condições sejam informados para as classificações

IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR E SOMENTE DEVERÁ SER REMOVIDA PELO USUÁRIO FINAL.

ABNT-NBR 10821-4

Em locais de ruídos atípicos deve ser solicitada assessoria técnica especializada para definição do produto adequado.

3.2.2. Desempenho térmico das esquadrias

As características das esquadrias se somam as características dos demais elementos da envoltória, sendo necessário, portanto, uma avaliação integrada dos mesmos para utilização em determinada edificação. A escolha desses elementos, além de permear a utilização da edificação, também deve considerar o zoneamento bioclimático brasileiro (NBR ABNT 15220) e a orientação solar de cada fachada.

A eficiência da esquadria depende do clima e das características da edificação analisada e de como é usada. O desempenho térmico da esquadria deve ser alinhado com as iniciativas da etiquetagem PBE Edifica, ou seja, a eficiência energética da edificação é definida pelo projeto como um todo, e não apenas por um tipo de esquadria eficiente, ou sistema construtivo de alto desempenho. Da mesma forma que o Inmetro, através do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), etiqueta os equipamentos isoladamente (ex: lâmpadas, aquecedores, aparelhos de ar-condicionado), a NBR 10821-4 proporciona a etiquetagem da esquadria conforme o seu desempenho isolado. Porém o nível de eficiência da edificação é avaliado a partir da integração dos diversos sistemas: envoltória e seus componentes (paredes, coberturas, pisos, esquadrias, elementos de proteção solar), iluminação, ar-condicionado e demais equipamentos (elevadores, aquecimento de água, motores etc).

Conforme a ABNT NBR 10821-4, recomenda-se as seguintes formas de controlar a entrada de calor no ambiente:

1. que os projetos de arquitetura para os dormitórios, para qualquer região climática, tenham dispositivos de controle de temperatura externos à edificação;

2. utilizar vidros de controle solar, classificados por transmissão luminosa, fator solar, conforme ABNT NBR 16023;

3. que os perfis das esquadrias utilizem soluções ou sistemas de redução do efeito de ponte térmica (thermal break).

Os níveis de conforto térmico estão indicados na Tabela 3 da ABNT NBR 10821-4 e referem-se à quantidade de graus-hora de desconforto (GHd), conforme os limites de temperatura operativa estabelecidos na ANSI/ ASHRAE STANDARD 55, resultante do uso da esquadria em cada uma das três zonas climáticas brasileiras. Esse zoneamento climático difere daquele definido pela ABNT NBR 15220 e leva em conta principalmente a latitude geográfica, pois a radiação solar é preponderante no desempenho térmico de esquadrias.

O desempenho térmico das esquadrias está relacionado à capacidade de controlar a influência do clima externo sobre o cômodo em questão. Essas trocas podem ocorrer por três fenômenos físicos:

1. Ventilação natural;
2. Ganho de calor, ou aquecimento, devido à incidência solar;
3. Ganho e perda de calor por diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo.

Como existe grande variação climática por todo o território brasileiro, deve-se ter o cuidado de estudar o local de implantação do projeto, pois uma solução com bom desempenho térmico para um clima, pode não ter o mesmo efeito desejado em outro.

Pensando nisso, a ABNT NBR 10821, em sua parte 4, trata desses três processos de troca de calor com recomendações e classificação do desempenho térmico de esquadrias conforme a condição climática. Esta Norma aborda processos de troca de calor com recomendações e classificação do desempenho térmico de esquadrias conforme a condição climática.

O controle de cada fenômeno de troca de calor exige uma análise criteriosa por parte do especificador ou projetista da esquadria, pois as características necessárias para atender a mais de um requisito podem ser conflitantes. Por exemplo, para promover maior ventilação natural é necessária maior área de abertura, o que também permitirá maior ganho de calor. Para se chegar ao equilíbrio pode-se especificar elementos de proteção solar, seja por meio de brises, venezianas, persianas, beirais, ou pela especificação de vidros de controle solar.

Cada um desses requisitos e processos de troca de calor será explicado em mais detalhes nos tópicos seguintes, com orientações acerca do produto recomendado para cada situação. Nos anexos B e C, estão exemplificados alguns estudos de caso.

3.2.2.1 Etiquetagem PBE Edifica (Etiquetagem de Edificações)

A primeira versão do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R) foi publicada em 2010 (INMETRO, 2010), posteriormente substituída pela versão de 2012 (INMETRO, 2012).

O RTQ-R visa a etiquetagem de edificações residenciais no Brasil, classificando pelo nível de eficiência que variam de eficiência A (mais

eficiente) a E (menos eficiente). Esse nível de eficiência é obtido através de cálculos de equivalentes numéricos. O equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória pode ser calculado por dois métodos: método prescritivo e método de simulação.

O método prescritivo, baseado na aplicação de uma regressão múltipla, fornece resultados do desempenho da edificação para verão e inverno. No entanto, o equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória considera apenas ventilação natural, e o nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente é de caráter informativo, utilizada somente caso se deseje obter a bonificação de condicionamento artificial de ar.

De 2012 até o presente momento, o RTQ-R vem passando por avaliações e proposição de melhorias. Dentre as propostas para o regulamento de edificações residenciais está a inclusão de um novo metamodelo, desenvolvido para a análise da eficiência energética da envoltória de edificações residenciais, considerando simultaneamente o uso de ventilação natural e do sistema de condicionamento de ar em edificações. Os dados de saída deste novo metamodelo permitem avaliar o consumo para aquecimento e resfriamento, e expressa também as horas de conforto da edificação. A proposta também permite a análise da classe de eficiência energética das edificações pelo método simplificado (uso de um metamodelo) ou por meio de simulações computacionais. Para o desenvolvimento da nova proposta de metamodelo foram adotadas as variações de diferentes parâmetros com amostragem por meio do Hipercubo Latino e método estatístico de predição por Redes neurais.

A nova proposta do método simplificado da etiquetagem PBE Edifica analisa o consumo de resfriamento; consumo de aquecimento; consumo de água quente e horas de conforto: horas de desconforto por calor (Temperatura interna > 26°C); e horas de desconforto por frio (Temperatura interna < 18°C). A análise permite observar o comportamento dos ambientes de permanência prolongada (sala e dormitórios), para diferentes tipos de ocupação, e o uso de ventilação natural e sistema de condicionamento de ar quando necessário.

O uso da ventilação natural depende de 3 condições:

- temperatura interna > temperatura externa;
- temperatura interna > que 19oC;
- schedule de ventilação.

O Sistema de condicionamento de ar (HVAC) é acionado acima de 26oC para resfriamento e abaixo de 16oC para aquecimento. Se o HVAC ligar para resfriamento, a temperatura de setpoint é de 23oC. Se o HVAC ligar para aquecimento, a temperatura de setpoint é de 18oC. As horas de conforto: entre 18oC e 26oC.

A nova proposta para a avaliação de desempenho energético das edificações baseia-se no consumo de energia primária, e compara a edificação considerando suas características reais com a mesma edificação adotando-se características de referências, que equivalem à classe C de eficiência energética. Os dados de entrada da edificação de referência estão de acordo com os limites da NBR 15575.

A opção por utilizar o consumo de energia primária como indicador de eficiência permite que tanto a energia elétrica, quanto a energia térmica, oriundas de diversas fontes, sejam contabilizadas (ex.: edificações que utilizam energia elétrica, a gás e solar). A nova etiqueta foi planejada para fornecer informações relativas ao consumo anual e mensal de energia primária por sistema final, além de trazer novas informações complementares como a quantificação das emissões de dióxido de carbono e o potencial de economia de água potável a partir de sistemas que promovem a redução de seu consumo.

3.2.3. Ventilação natural

A ABNT NBR 15220 (Desempenho térmico de edificações), na sua parte 3, apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro, com o intuito de orientar o projetista pela busca de estratégias de condicionamento passivo para o seu projeto. Nos últimos anos pesquisas vem sendo desenvolvidas tendo com o objetivo melhorar o atual zoneamento bioclimático Brasileiro. A elaboração de um zoneamento bioclimático é uma tarefa complexa e que envolve aspectos ainda polêmicos entre os pesquisadores da área. Esta norma está sendo estudada e em breve entrará em revisão (CB3E, 2018).

As estratégias bioclimáticas devem ser aquelas soluções de projeto que buscam melhorar o desempenho térmico da edificação de acordo com o clima, minimizando o uso de climatização artificial (resfriamento e/ou aquecimento).

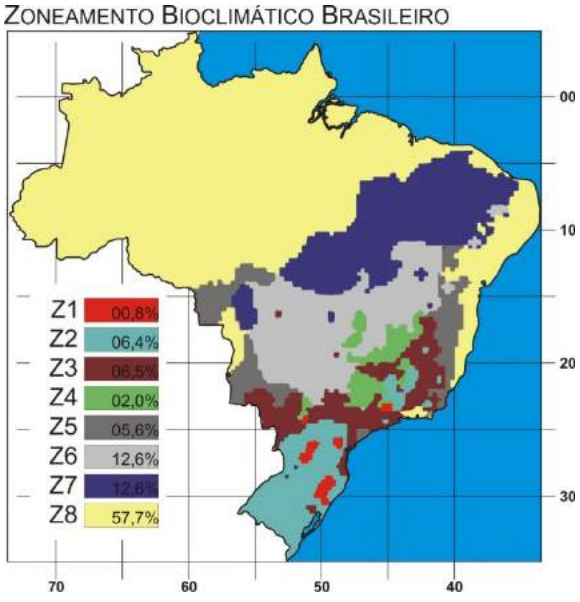
A ventilação natural é uma estratégia recomendada para promover o conforto térmico interno, nas épocas mais quentes do ano, em muitas

regiões do Brasil Para as regiões norte e nordeste do país, frequentemente quentes, a estratégia é recomendada para o ano inteiro.

A ventilação natural em um ambiente melhora a sensação de conforto e evita o uso do ar-condicionado, quando o ar externo está mais fresco que o ar interno. Porém, quando a temperatura do ar externo está alta, como, por exemplo, em uma residência na região nordeste do Brasil com boa ventilação, a sensação de conforto é promovida pela movimentação de ar sobre a pessoa. Essas trocas de ar sobre o corpo humano provocam a sensação de conforto quando submetido a um clima muito quente.

Com base nesses conceitos, a ABNT NBR 10821, na sua parte 4, recomenda áreas de ventilação por tipo de ambiente e por zona bioclimática do país, conforme definido na ABNT NBR 15220 e reproduzido na Figura 13.

Figura 13
Avaliação do desempenho térmico de acordo com a região do País



Zonas Bioclimáticas 1 a 7:

Área de ventilação ≥ 7 % da área de piso do cômodo

Zona 8:

Região norte: área de ventilação ≥ 12 % da área de piso do cômodo

Regiões nordeste e sudeste: área de ventilação ≥ 8 % da área de piso do cômodo

Nas zonas 1 a 6 deve-se ter o cuidado de permitir o fechamento total da esquadrias nas épocas mais frias do ano.

Para alcançar a área de ventilação desejada em um cômodo, o projetista deve dimensionar a área de abertura da esquadria efetivamente utilizada

para ventilação. O tipo de esquadria pode comprometer a área de ventilação se boa parte do vão for obstruída, seja por elementos de sombreamento ou por mesmo por não promover abertura total do vão.

3.2.4. Ganho de calor por radiação solar

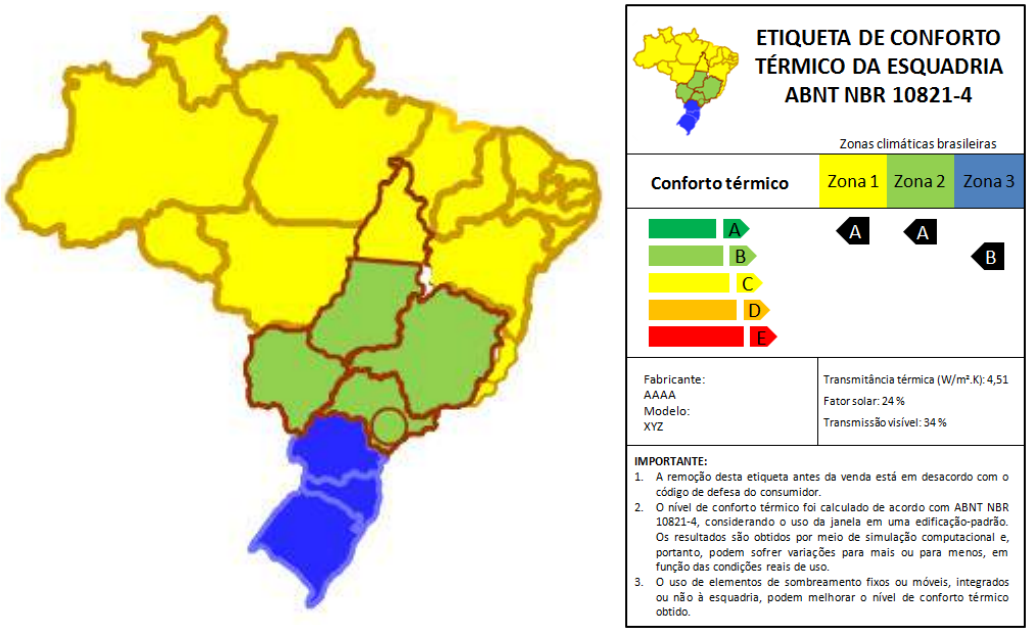
Uma forma de avaliar o ganho de calor por radiação solar em uma esquadria é a análise de acordo com a Etiqueta de Conforto Térmico de Esquadrias, apresentada na parte 4 da ABNT NBR 10821. Nesta etiquetagem, considera-se a avaliação da esquadria quando instalada numa edificação padrão e submetida a uma análise de conforto térmico proporcionado no interior dessa edificação ao longo do ano.

As esquadrias são classificadas de "A" (desempenho melhor) a "E" (desempenho pior), considerando o conforto térmico proporcionado ao longo do ano, ou seja, quando a edificação está submetida ao frio e ao calor. No Brasil inteiro, o fator de maior influência no ganho de calor pela esquadria é a incidência de sol, por isso a ABNT NBR 10821 divide o país em três zonas climáticas, conforme a intensidade de insolação (dada pela latitude geográfica) e seguindo a divisão política dos estados. Caso haja elementos de proteção solar, a esquadria é avaliada com os mesmos recolhidos, ou seja, permitindo o maior contato visual possível com o exterior e a situação mais crítica de ganho de calor.

A norma recomenda que os fabricantes apresentem a etiqueta de conforto térmico aplicada ao produto ou informe o nível de desempenho por zona climática nos catálogos dos produtos.

A Figura 14 apresenta a classificação climática do país para análise da etiqueta de conforto térmico da esquadria e um modelo de etiqueta.

Figura 14
Modelo de etiqueta de conforto térmico da esquadria



O formato do perfil, massa, o tipo de vidro e outras características da esquadria também influenciam este resultado.

Ressalta-se que a etiqueta de conforto térmico da esquadria permite o comparativo entre duas esquadrias semelhantes, de mesmas dimensões. Por ser uma etiqueta referente apenas à esquadria, este produto é avaliado isoladamente. Esta etiqueta pode ser usada a partir de uma avaliação prévia da melhor tipologia de esquadria para determinado projeto de edificação, uma vez que esta tipologia esteja definida, a etiqueta é usada para escolher a esquadria mais eficiente, considerando determinadas características pré-estabelecidas.

Entende-se por conforto térmico da esquadria as condições ideais de desempenho térmico.

3.2.5. Troca de calor por diferença de temperatura

A troca de calor por diferença de temperatura ocorre por condução de calor pelo vidro e perfil da esquadria.

O projetista deve ter em mente que maior área de ventilação pode promover maior ganho de calor por radiação e maior perda de calor no frio. Logo, deve-se buscar o equilíbrio entre esses requisitos. Um caminho para buscar a solução ideal é a análise do projeto por simulação computacional. Em climas quentes, grandes áreas de janela vão requerer elementos de proteção solar ou vidro de controle solar com baixo fator solar. Em climas muito frios, grandes áreas de janela exigirão o uso de vidros insulados, ou seja, duplos com câmara de ar. Isso porque no frio extremo as diferenças de temperatura entre ambiente interno e externo são muito maiores do que no calor. Enquanto nas condições mais quentes do país temos diferenças de até 13°C entre o ar externo e a temperatura de conforto no verão (24°C); nas condições mais frias do país essa diferença chega a mais de 20°C, conforme ilustra os exemplos da figura abaixo.

Exemplo de situações extremas de calor e frio:

Calor extremo:

Teresina:	37°C
Conforto:	24°C
Diferença:	**+13°C**

Frio extremo:

Curitiba:	0°C
Conforto:	22°C
Diferença:	**-22°C**

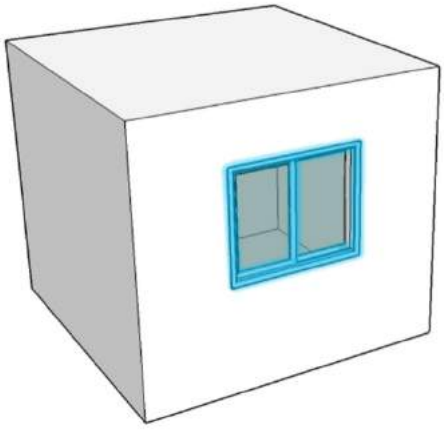
Por isso a preocupação com troca de calor por condução costuma ser mais evidente em climas brasileiros mais frios. Entretanto, climas frequentemente quentes também merecem atenção.

O desempenho térmico do perfil da esquadria exercerá influência conforme sua área total em relação a área de fachada, e também conforme a diferença de temperatura entre ambiente interno e externo. Quanto maior a área de perfil e as diferenças de temperatura, mais importante será escolher um perfil com maior isolamento térmico. Porém, ressalta-se que a eficiência da esquadria dependerá da combinação da esquadria, com o tipo de vidro e sombreamento adotado, para o respectivo clima analisado.

O exemplo abaixo ilustra o quanto a área do perfil da esquadria representa em relação à área total de fachada de um cômodo, considerando dimensões usuais em edificações residenciais no Brasil. Nota-se que, no exemplo, o perfil representa no máximo 5% da área total da fachada, o que justifica sua pequena influência no desempenho térmico dessa edificação.

Exemplo de representatividade da área de perfil no total da fachada:

Exemplo de representatividade da área de perfil no total da fachada:



Considerando uma esquadria de 1,40 x 1,20, com 75% de área de vidro; e um cômodo de 3,00 x 3,00 x 2,70 m (comprimento x largura x pé-direito)

Área de parede 3,00 x 2,70 = 8,10 m²

Área de esquadria 1,40 x 1,20 = 1,68 m²

Área de perfil 0,25 x 1,68 = 0,42m²

Percentual de perfil 0,42 / 8,10 = 5%

---

4. ORIENTAÇÕES PARA AQUISIÇÃO, RECEBIMENTO, ARMAZENAMENTO E INSTALAÇÃO DAS ESQUADRIAS

4.1. Projetos de esquadrias, consultorias e ensaios de avaliação

A esquadria não pode ser vista somente como alumínio e vidro. Ela é toda uma somatória de componentes: perfis, roldanas, fechos, borrachas, vidro, etc., formando um produto denominado sistema de esquadrias. Esse conjunto de componentes tem, como obrigação, atender aos requisitos normativos com desempenho satisfatório.

Isso implica que não adquirimos uma esquadria avaliando o "peso" da mesma e o seu consumo de materiais/ perfis e sim por desempenho. Ela precisa ter resistência à impactos e pressões de vento, vedar o ambiente impedindo a entrada de água ou vento, proporcionar uma boa iluminação e ventilação, garantir o conforto acústico e térmico do usuário, entre outras funções.

Além disso, podemos acrescentar a todas essas características a necessidade de design. A esquadria faz parte da fachada, ora envelopando toda a edificação ou pontualmente. Daí a necessidade e importância de um projeto específico. No projeto são elaborados todos cálculos estruturais e de pressões atuantes. Com isso, é possível se dimensionar os sistemas de esquadrias e vidros para o atendimento às normas técnicas e de desempenho, sem nunca deixar de lado a estética arquitetônica.

Em um projeto da esquadria, analisam-se todas as interfaces com a arquitetura. Como as esquadrias serão fixadas nas vigas, alvenarias ou metálica, todas indicações para que se minimize o número de soluções a serem definidas em obra.

Outro ponto importante do trabalho do consultor de esquadria, fora a elaboração do projeto são as visitas técnicas para verificação do processo de fabricação e de instalação das esquadrias em obra. Não basta haver um projeto eficiente, o fabricante e instalador também devem ser qualificados ou certificados, conhecerem os procedimentos indicados pelo sistemista e as normas técnicas, só assim o desempenho final pode ser garantido.

Além dos requisitos normativos estruturais necessários, a norma de desempenho estabelece critérios de avaliação para medir o atendimento previsto. Essa verificação pode ser através de ensaios laboratoriais ou por software. Para os requisitos de desempenho térmico onde um teste físico seria mais complexo, essa avaliação pode ser simulada via software.

É necessário, para cada caso, a consulta a norma ABNT - NBR 15.575 Edificações Habitacionais, partes 1 a 6.

O Manual da CBIC/SENAI no item 5 cita uma série de cuidados para a especificação e aquisição correta das esquadrias.

4.2. Informações necessárias para a aquisição das esquadrias

O fabricante de esquadrias deve atuar como o responsável pela esquadria no vão, para isto deve-se observar algumas condições de contratação das esquadrias.

Com base no caderno com os detalhes das esquadrias e projetos detalhados com cortes e elevações claras, especificando detalhes de perfis e medidas, deve ser definida a contratação.

A definição entre a construtora e o fabricante de esquadrias, de todos os detalhes para a fabricação das esquadrias, deve ser registrada em documentos como o orçamento, projeto, memorial descritivo e o contrato final, considerando as normas vigentes e as necessidades da obra.

É importante lembrar que a instalação do contramarco está diretamente relacionada com a qualidade da instalação da esquadria, portanto o fabricante de esquadria deve ser o responsável pelo fornecimento e instalação do mesmo.

Para que o fabricante de esquadria se responsabilize por todas as etapas, que envolvem a instalação de uma esquadria, estes serviços devem ser destinados a esta empresa que poderá subcontratar serviços de terceiros, com todas as etapas bem definidas no contrato.

Mesmo que o sistema de esquadrias utilizado tenha um desempenho previamente avaliado, é muito importante que as esquadrias recebidas, antes de serem instaladas no vão sejam avaliadas em relação ao seu atendimento à ABNT NBR 10821-2 e ABNT NBR 10821-4.

4.2.1. Condições de armazenamento das esquadrias na obra

Conforme a ABNT NBR 10821-5, o armazenamento na obra deve ser em local seguro, afastado da circulação de pessoas e equipamentos, seco, coberto, livre de poeiras, sobre estrados fora do contato com o chão.

Os contramarcos devem ser armazenados com empilhamento máximo de altura de 1,5 m, ou conforme recomendação do fabricante, com relação à dimensão e ao material do contramarco.

Deve-se tomar o cuidado com o armazenamento dos produtos para que não sejam deformados por sobrepeso.

O manuseio de uma esquadria com grandes dimensões deve ser sempre feito por no mínimo duas pessoas, pegando-se nas extremidades da esquadria e nunca pelo centro.

Os calços constituídos de materiais secos devem ser posicionados em pontos estruturais das esquadrias para evitar torções.

A ABNT NBR 10821-5 descreve as formas corretas de armazenamento horizontal e vertical.

4.3. Instalação das esquadrias

A definição do vão acabado parte do projeto da edificação, analisado pelo projetista/ consultor de esquadrias.

As folgas necessárias e o posicionamento da esquadria no vão devem ser definidas entre contratante e fabricante de esquadrias ou definidas no manual de instalação fornecido pelo fabricante, levando em consideração necessidade de folgas proporcionais ao tamanho das esquadrias e no caso de esquadrias com cores que absorvem calor. As folgas devem ser definidas no manual de instalação ou no projeto de execução da esquadria.

De acordo com o tipo de instalação, o vão deve ser preparado conforme as instruções descritas na ABNT NBR 10821-5, lembrando que o vão onde será instalada a esquadria, deve estar no esquadro, prumado e nivelado.

A esquadria deve ser tratada como um produto industrializado e de acabamento e deve chegar na obra totalmente pronta para instalação.

Caso seja extremamente necessário, algum trabalho complementar a ser realizado no canteiro de obra, deve ser feito em espaço fechado, suficientemente amplo e limpo, livre de detritos e poeira, de uso exclusivo do fabricante ou instalador, de forma a garantir a qualidade do serviço

realizado e segurança do material, das máquinas e das ferramentas utilizadas. O local deve dispor de energia, ventilação e iluminação suficientes para o desenvolvimento desta atividade.

A obra deve disponibilizar de equipamento adequado para o transporte vertical, com escala de horário programado, dentro da jornada regular de trabalho. Em caso de içamento externo, a operação deve ser feita por pessoal habilitado.

O local de instalação das esquadrias deve oferecer condições de limpeza e espaço suficiente para que o trabalho seja eficiente e de qualidade. A obra com mais de um pavimento deve ter espaço suficiente para a transferência e movimentação das peças de esquadrias e garanta segurança do instalador.

Os locais de fixação das esquadrias devem estar com o sistema de ancoragem (contramarco, fixadores etc.) suficientemente limpos e preparados pela construtora ou dono da obra, para que o instalador realize o trabalho com eficiência, qualidade e segurança.

Caso necessário, utilizar andaimes e/ou balancins em conformidade com as normas de segurança vigentes (NR´s 18 e 35), assim como cordas linhas de vida e fornecimento de ART- Anotação de Responsabilidade Técnica.

É importante que a obra deva tomar todas as medidas de segurança de acordo com as NR´s aplicáveis para cada caso. O objetivo é isolar as áreas do canteiro nas quais ocorram riscos de queda de materiais e ferramentas oriundas dos processos de transporte e instalação das esquadrias, bem como, em caso de risco, solicitar a empresa de fornecimento de energia elétrica local o desligamento da rede para realização das atividades de instalação.

As condições de instalação das esquadrias devem atender ao descrito na ABNT NBR 10821-5, de acordo com os tipos de vão e métodos de instalação identificados na Tabela 7.

Tabela 7
Tipos de vãos e instalação (Tabela 1 da ABNT NBR 10821-5)

Tipos de vão	Métodos de instalação		
	Entre vãos Com contramarco	Entre vãos Sem contramarco	Fachadas Fixação por ancoragem
Vão "osso"	Chumbamento com grapa	Chumbamento com grapa	----
	Com fixação mecânica	----	Com fixação mecânica
Vão definido ou acabado	Com fixação mecânica	Com fixação mecânica	Com fixação mecânica
	----	Com fixação mista (mecânica + química)	----

4.3.1. Condições para aterramento

Conforme a ABNT NBR 10821-5, quando for necessária a interligação das esquadrias, visando evitar centelhamentos esta deve atender a ABNT NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, e deve ser consultado projetista elétrico. No caso de esquadrias de alumínio deve ser evitado o contato bimetálico.

5. USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS ESQUADRIAS.

5.1. Condições de uso e operação das esquadrias

O Manual de uso e operação da esquadria deve fornecer informações ao usuário de como ele deve utilizar a esquadria de maneira eficiente.

Deve-se realizar o manuseio dos caixilhos com cuidado, evitando o excesso de força para movimentar as partes móveis da peça.

Para manter a aparência e o perfeito funcionamento das esquadrias, deve-se realizar a limpeza, como um todo, inclusive borrachas e escovas.

NOTA: a ABNT NBR 14037 estabelece diretrizes para elaboração do manual de uso, operação e manutenção da edificação. O manual deve ser entregue pelo construtor/incorporador e conter as instruções do manual do fabricante de esquadrias.

5.2. Manutenção das esquadrias

Conforme a ABNT NBR 10821-5, o fabricante de esquadrias deve informar ao usuário, no manual de instruções, as recomendações de manutenção e limpeza, seguindo as recomendações da ABNT NBR 5674.

Cabe ao fabricante garantir que o produto final permita manutenção e limpeza.

Recomenda-se que a limpeza das esquadrias, como um todo, inclusive guarnições de borrachas e escovas, deve ser feita com uma solução de água e detergente neutro, a 5 %, com auxílio de esponja ou pano macio, observando-se os intervalos de tempo a seguir:

1. no mínimo a cada três meses em zona urbana ou rural;

2. no mínimo a cada um mês em zona marítima ou industrial.

Os cantos de difícil acesso podem ser limpos com auxílio de um pincel ou escova de cerdas macias, embebido na mesma solução de água e detergente neutro.

Para os vidros, utilizar apenas água, detergente neutro e secar com um pano limpo e macio. Não utilizar produtos abrasivos, como palha de aço ou ácidos, na limpeza.

NOTA: a ABNT NBR 5674 estabelece diretrizes o sistema de gestão de manutenção da edificação. O modelo do programa de manutenção deve ser entregue pelo construtor/incorporador e conter as instruções do manual do fabricante de esquadrias.

5.3. Vida útil de projeto

A Vida Útil do Projeto (produto esquadrias) está prevista na Norma ABNT NBR 15575-1, com três níveis de desempenho, Mínima, Intermediária e Superior. Para que a VUP seja atingida, deve-se observar os seguintes aspectos:

- Que o projeto seja feito de acordo com o objetivo estabelecido pelo arquiteto e que seja adequado à necessidade requerida pelo local e usuário;
- Emprego de componentes e materiais de qualidade compatível com a VUP exigida pelo projeto;
- Tecnologia, mão de obra e processo de execução da esquadria que garantam atendimento à norma de qualidade, que terá como consequência a Vida Útil do Produto; e,
- Observação constante à operação, à limpeza adequada e manutenção sistematizada, por parte do usuário.

6. TENDÊNCIAS

Em vários países, foram implementados programas de incentivo para a utilização de esquadrias eficientes nas edificações.

É importante que haja um envolvimento de toda a população para que essas ações tenham sucesso. Normalmente elas partem de uma necessidade, ou várias. É possível lançar mão de várias estratégias que acabam por ser uteis para os mais diversos setores, como por exemplo educar a população para que ela possa adquirir janelas mais eficientes, de empresas certificadas e com isso terá um subsidio na obra. Neste caso os benefícios são inúmeros, pois as atuações indiretas que vão desde os empregos mantidos nas indústrias fornecedoras de perfis, vidros, acessórios, embalagens, transporte, passando ainda pela geração de arrecadação pois para gerar os subsídios devem ser emitas as notas fiscais e a formalização do trabalho na construção civil. E o meio ambiente ganha muito, pois além de práticas de consumo sustentáveis, o gasto de energia diminui, o que acaba poupando para as gerações futuras.

Em contrapartida a intervenção governamental existe e busca promover a evolução de pesquisas das empresas do segmento que a todo momento trazem novidades uteis e acessíveis para o modo construtivo das esquadrias, e é sempre muito bom observar o que países com climas e usos semelhantes aos nossos vem utilizando em suas construções.

É possível fazer uma lista enorme de como é possível com programas governamentais gerar renda, emprego, qualidade de vida e ainda preservar o meio ambiente, em resumo a sustentabilidade pede passagem na construção civil. A seguir descrevemos como alguns países lidaram com essa situação e hoje já colhem os frutos:

Espanha - Plan Renove Ventanas

Após a crise 2008, o mercado europeu estagnou e a Espanha foi um dos países que mais sofreu, lançou-se então por meio do governo um subsidio para a troca de janelas. Com isso se ganhou na manutenção de empregos na cadeia, extrusão, fabricação, instalação; na busca por mais qualidade e formalização dos trabalhos de reforma; e na economia de recursos naturais com climatização.

Se usava como base a venda de vidro insulado em janelas certificadas, chegando o subsidio ao valor de 110 euros por m², em uma janela que custa em média 440 euros, resultando em 25% de subsidio.

O segredo foi a grande divulgação entre a população com campanha feita em vários segmentos, inclusive outdoors no metrô.

A obrigatoriedade do certificado energético na Espanha, se inicia em julho de 2013, para todos os imóveis que se queira alugar ou vender a partir desta data. A legislação que regula esta obrigatoriedade é o Decreto 235/2013 de 05 de abril. Para anunciar um imóvel deve-se informar o consumo energético do mesmo.

Site de consulta:

- https://certificadodeeficienciaenergetica.com/certificado-energetico

Alemanha - German Ecological Tax Reform

A Alemanha no fim da década de 1990 criou o German Ecological Tax Reform, que aumentou os impostos de quem investe em materiais de baixa eficiência, entre eles a janelas, então a população, começou a entender seu impacto, e o impacto de suas escolhas, sendo hoje quase impossível se comprar uma janela com transmitância térmica (U) maior que 3, e ao se adquirir um produto com transmitância térmica (U) menor que 1 se tem redução de valores no imposto do tipo o que conhecemos como IPTU.

Usando o bolso como uma forma de melhorar e garantir a sustentabilidade.

Site de consulta:

- https://www.ecologic.eu/1156

Nova Zelândia - Sistemas com ventilação natural

O exemplo da Nova Zelândia traz a importância da renovação de ar que vem popularizando este tipo de perfil sobre as janelas, que permite a troca natural de ar, mas impede entrada de água (até certo limite) e de insetos.

Figura 11
Exemplo de componente utilizado para ventilação permanente de esquadrias.

Já se sabe que este sistema tenha um bom desempenho deve-se ter diferença de pressão, e que ele tende a entrar em equilíbrio.

Na Europa já se utiliza um de sistema parecido, porém com ventilação forçada, portanto é um bom começo. Mas, deve-se observar se esta ventilação não compromete o desempenho acústico da esquadria.

Brasil - Tecnologia na esquadria

Já estão disponíveis no Brasil elementos com mais tecnologia e interatividade como o conceito Smart Home que interage e monitora os sistemas de janelas e portas equipados com componentes e dispositivos. Fornecedores de componentes para esquadrias já podem oferecer estas soluções aos usuários.

No quesito ventilação, na verdade as possibilidades e novidades também são inúmeras e vão desde uma simples tela que proporciona um ar salubre ao ambiente, até versões mais modernas e automatizadas que inclusive possuem filtros de bactérias e recuperam o frio ou o calor para o sistema de climatização tornando a casa passiva uma realidade saudável. Cada projeto e uso deve ser estudado, afinal as necessidades em um conjunto habitacional estritamente residencial, são diferentes de um hospital em uma área movimentada de uma grande cidade.

7. PRÓXIMOS PASSOS

Como sugestão de andamento dos estudos na área de esquadrias com foco em eficiência energética, consideramos importantes as ações relacionadas a seguir.

- Capacitação de projetistas para adquirir conhecimento para aplicação das ferramentas que podem auxiliar os projetos quanto à eficiência energética e possam tratar os dados obtidos nas simulações.

- Desenvolvimento de pesquisa das áreas mínimas de abertura de ventilação e de iluminação para futura adequação dos códigos de obra dos municípios Brasileiros.

- Desenvolvimento de Pesquisa sobre o padrão de uso das edificações. Como o usuário utiliza suas esquadrias. Ele sai de casa e deixa elas fechadas? Com vidros abertos e somente com persianas e venezianas ventiladas fechadas? Este comportamento impacta no tipo de esquadria ideal para a edificação que pode ser diferente em cada região do País.

- Caracterização das fachadas eficientes, com possível geração de energia. O setor precisa de mais estudos sobre esquadrias eficientes nas fachadas, com células fotovoltaicas e o quanto isto impacta na geração de energia da edificação.

- Viabilização de esquadrias eficientes para habitação de interesse social. Os elementos de sombreamente e os vidros de controle solar devem ser ter sua utilização amplamente difundida, inclusive nas habitações de interesse social (HIS).

- Incentivos econômicos para fabricação e aquisição de esquadrias eficientes. As entidades envolvidas precisam avaliar quais os caminhos para incluir incentivos fiscais ou abatimentos nos valores de seguros imobiliários com em edificações que utilizam esquadrias eficientes.

- Recomenda-se a montagem de um projeto piloto de uma casa modelo padrão HIS com esquadrias eficientes e o monitoramento do modelo para avaliação da real eficiência energética.

- Implantação de bibliotecas BIM, com informações das esquadrias eficientes para alimentação de dados de projeto, desempenho, manutenção e vida útil.

- Avaliação de aspectos ambientais, como a avaliação do ciclo de vida incluindo a logística reversa e reciclagem, vinculado ao projeto das esquadrias eficientes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

_. NBR 5674 Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção

_. NBR 7199, Vidros na construção civil- Projeto, execução e aplicações

_. NBR 10821-1, Esquadrias para edificações- Parte 1: Esquadrias externas e internas — Terminologia

_. NBR 10821-2, Esquadrias para edificações - Parte 2: Esquadrias externas — Requisitos e classificação

_. NBR 10821-3, Esquadrias para edificações- Parte 3: Esquadrias externas e internas — Métodos de ensaio

_. NBR 10821-4, Esquadrias para edificações - Parte 4: Esquadrias externas — Requisitos adicionais de desempenho

_. NBR 10821-5, Esquadrias para edificações - Parte 5: Esquadrias externas — Instalação e manutenção

_. NBR 14037, Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações- Requisitos para elaboração e apresentaçãodos conteúdos

_. NBR 15220-3, Desempenho térmico de edificações — Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social

_. NBR 15575-1, Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais, Rio de Janeiro, 2013

_. NBR 15575-4, Edificações habitacionais — Desempenho — Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE, Rio de Janeiro, 2013

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - CB3E. Classificação de climas brasileiros empregada na atualização dos Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações. 2017. Disponível em: http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Relatorio_GruposClimaticos.pdf Acesso em: março de 2018.

Esquadrias para Edificações Desempenho e Aplicações- Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC/ COMAT), Brasília, maio de 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf Acesso em: março de 2018.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. Eficiência Energética na Arquitetura. [3.ed.] Rio de Janeiro. 361 páginas, 2013.

Manual de Operação- Manutenção e Limpeza de esquadrias de Aluminio, Guarda-Corpos e Fachadas. São Paulo: AFEAL, 2018

Manual do Vidro Plano- organizador Fernando Simon Westphal. São Paulo: Abividro, 2016.

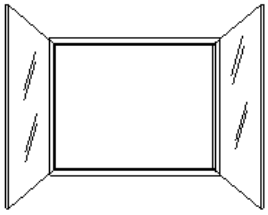
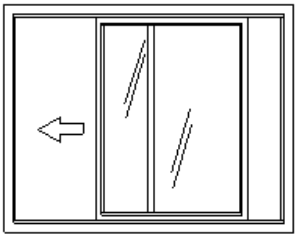
Manual para aplicação do RTQ-R, com base na Portaria INMETRO no 018/2012, Procel Edifica/ Eletrobras, Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações- CB3E- UFSC- Versão 1, 203p.

Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais, Anexo da Portaria INMETRO no 018/2012. Rio de Janeiro, 136p., 2012.

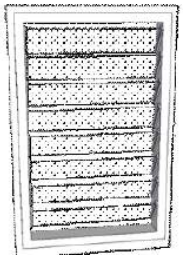
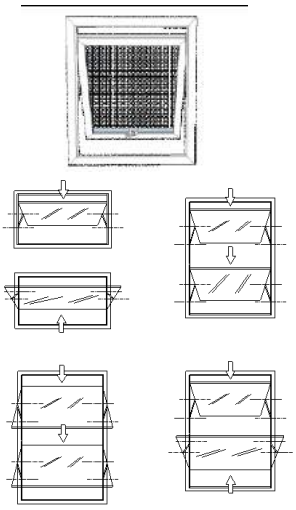
ANEXO A

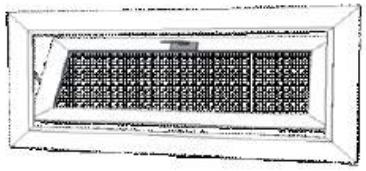
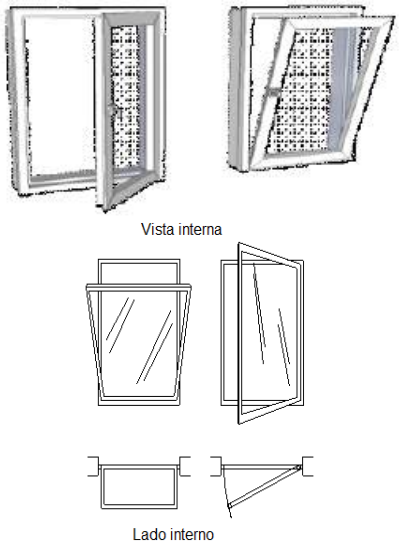
Tipologias de esquadrias e suas características

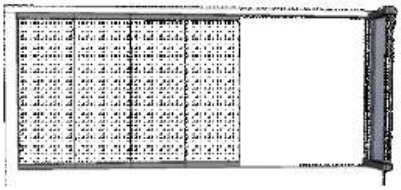
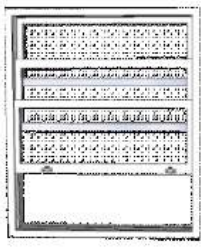
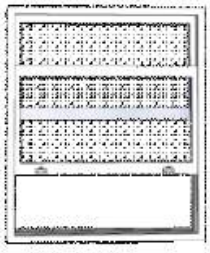
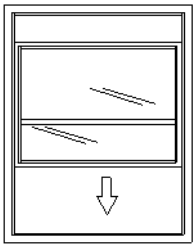
Tabela A.1- Tipologias de esquadrias e suas características

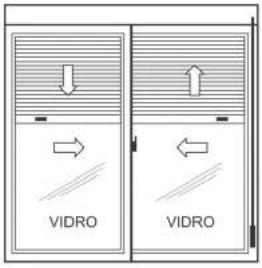
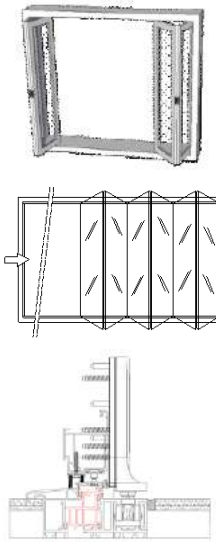
Tipo de esquadria	Ilustração	% abertura para ventilação natural (FC_{vent})	% abertura para iluminação natural (FC_{ilum})
1 – Janelas ou portas de giro (abrir a 90º) 1 ou 2 folhas		90	90
		Características	
		• Disponíveis com uma ou duas folhas, são a solução ideal para qualquer tipo de ambiente, permite o uso de sistema de travamento multiponto e aplicação de soleiras de vedação que garantem excelente estanqueidade e desempenho em geral.	
2 – Janela ou porta de correr (deslizante) 02 folhas		45	80
		Características	
		• Modelos com grande versatilidade e ideais para ambiente compactos, permitindo a abertura de até 1/2 do vão, assim como o uso de sistemas de blackout externo como persianas manuais e motorizadas.	
3 - Janela ou porta de correr (deslizante) 03 folhas, sendo 02 venezianas		45	45
		Características	
		• Modelos com grande versatilidade e ideais para ambiente compactos, permitindo a abertura de até 1/2 do vão, possuindo sistema de blackout externo (veneziana) integrado, para escurecimento do ambiente.	

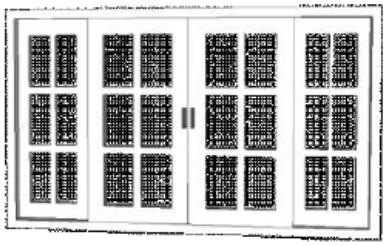
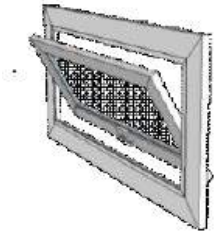
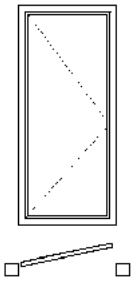
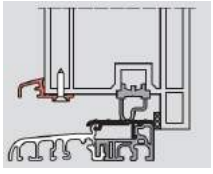
<table>
<tr><th>Tipo de esquadria</th><th>Ilustração</th><th>% abertura para ventilação natural (FC_{vent})</th><th>% abertura para iluminação natural (FC_{ilum})</th></tr>
<tr><td rowspan="3">4 – Janela ou porta de correr (deslizante) 03 folhas móveis</td><td rowspan="3"> </td><td>60</td><td>75</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Modelos com grande versatilidade e ideais para ambiente compactos, permitindo a abertura de até 2/3 do vão, assim como o uso de sistemas de blackout externo como persianas manuais e motorizadas</td></tr>
<tr><td rowspan="3">5 – Janela ou porta de correr (deslizante) 04 folhas (2 fixas e 2 móveis)</td><td rowspan="3"> </td><td>40</td><td>70</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Modelos com grande versatilidade e ideais para ambiente compactos, permitindo a abertura de até 1/2 do vão, assim como o uso de sistemas de blackout externo como persianas manuais e motorizadas</td></tr>
<tr><td rowspan="3">6 - Basculante</td><td rowspan="3"> </td><td>70 (i=45º) /90 (i=90º)</td><td>65</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Modelo que deve ser usado como esquadria interna, pela dificuldade de desempenho quanto à estanqueidade à água.</td></tr>
</table>

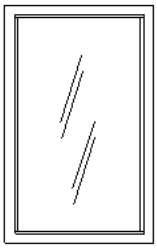
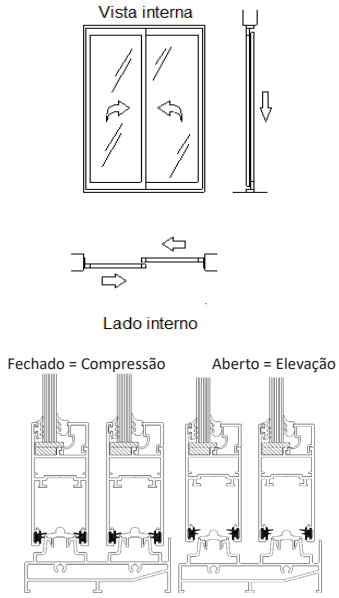
<table>
<tr><th>Tipo de esquadria</th><th>Ilustração</th><th>% abertura para ventilação natural (FC_{vent})</th><th>% abertura para iluminação natural (FC_{ilum})</th></tr>
<tr><td rowspan="3">7 – Basculante sem esquadria</td><td rowspan="3">  </td><td>80</td><td>80</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Modelo que deve ser usado como esquadria interna, pela dificuldade de desempenho quanto à estanqueidade à água.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">8 – Maxim Ar (Projetante-deslizante)</td><td rowspan="3">  </td><td>65 (i=45º) inserir equação</td><td>80</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• O uso deste tipo de janela, cuja folha se projeta para o ambiente externo, proporciona maior ventilação ao ambiente, permite o uso de sistema de abertura com motorização quando aplicadas em grandes alturas, e permite o tombamento das folhas a 90° para facilidade na manutenção e limpeza. É ideal para ambientes que requerem grande circulação e ar. Devem ser compostas de limitadores de abertura das folhas, para regulagem do seu ângulo de abertura.</td></tr>
</table>

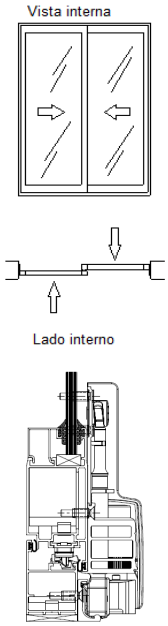
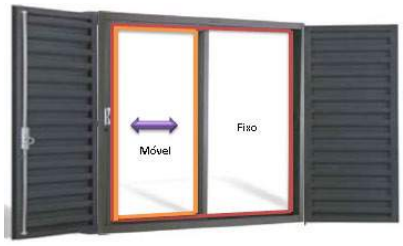
<table>
<tr><th>Tipo de esquadria</th><th>Ilustração</th><th>% abertura para ventilação natural (FC_{vent})</th><th>% abertura para iluminação natural (FC_{ilum})</th></tr>
<tr><td rowspan="3">9 – Tombar</td><td rowspan="3">  </td><td>60 (i=45º) /90 (i=90º)</td><td>90</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Modelo disponível em 1 ou mais folhas e que pode ser composta com outros movimentos. Pode apresentar boa estanqueidade se fabricada com componentes que forneçam uma boa vedação.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">10 – Janela ou porta Oscilo batente (Tombar e giro)</td><td rowspan="3"> 
</td><td>65 (i=45º) /90 (i=90º)</td><td>90</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Disponíveis em 1 ou 2 folhas de abrir e tombar, possuem alto nível de conforto acústico. Ideais para ambiente amplos, permitem a ventilação do ambiente mantendo a privacidade com o tombamento de uma das folhas. Com fechamentos multipontos e possiblidade de mais pressão nos pontos de travamento, sempre com o sistema de vedação dupla junta.</td></tr>
</table>

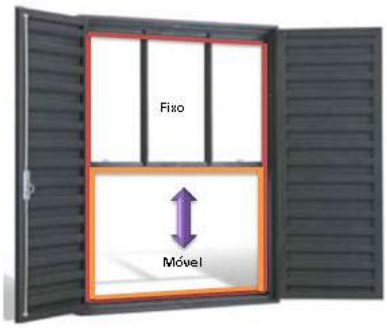
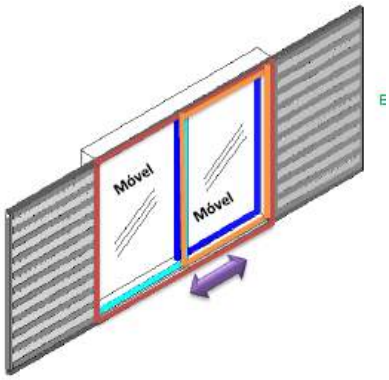
Tipo de esquadria	Ilustração	% abertura para ventilação natural (FC_{vent})	% abertura para iluminação natural (FC_{ilum})
11 – Cortina de vão		95	95
		Características	
		• Modelo que pode apresentar dificuldade de estanqueidade à água, devido à dificuldade de vedação entre as folhas.	
12 – Guilhotina tripla (2 folhas móveis e 1 fixa)		60	75
		Características	
		• Comportamento semelhante à janela guilhotina	
13 – Guilhotina dupla (2 folhas móveis	 	40	80
		Características	
		• Disponíveis com duas ou três folhas, são ideais para ambientes integrados, possuindo um sistema de abertura vertical das folhas e permitindo comunicação entre os ambientes. Também pode ser utilizada na fachada externa, desde que com desempenho satisfatório de estanqueidade ao ar e à água.	

<table>
<tr><th>Tipo de esquadria</th><th>Ilustração</th><th>% abertura para ventilação natural (FC_{vent})</th><th>% abertura para iluminação natural (FC_{ilum})</th></tr>
<tr><td rowspan="3">14 – Janela ou porta de correr (ou deslizante) com 2 folhas e persiana integrada</td><td rowspan="3"> 
</td><td>45</td><td>80</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• As persianas podem ser utilizadas nas janelas ou portas de correr. Ideais para ambientes como dormitórios, o acionamento pode ser feito manualmente ou por sistema automático de controle remoto ou interruptor.
• Este modelo utiliza uma persiana de enrolar e folhas de vidro de correr que irão proporcionar e garantir o escurecimento com ventilação natural (quando acionadas) e iluminação natural (quando recolhidos) através de:
  • Sistema de ventilação natural, através de furos estampados nas persianas de enrolar;
  • Movimento de deslizamento vertical da persiana de enrolar que permite a iluminação total da área envidraçada da esquadria;
  • Movimento de correr das folhas de vidro garante maior facilidade no uso e operação.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">15 – Tipo camarão</td><td rowspan="3">  </td><td>80</td><td>90</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• já existem sistemas estanques, herméticos e com quebra térmica, na soleira aumentando a vedação</td></tr>
</table>

Tipo de esquadria	Ilustração	% abertura para ventilação natural (FC_{vent})	% abertura para iluminação natural (FC_{ilum})
16 - Pinázio		40	60
		Características	
		• Qualquer tipologia de esquadria que apresenta pinázio nas folhas diminuindo o a área envidraçada e portanto a área de iluminação.	
17 – Pivotante		90	90
		Características	
		• Disponível em 1 ou mais folhas, modelo que pode apresentar dificuldade de estanqueidade à água, devido à dificuldade de vedação entre as folhas e os perfis do marco.	
18 – Porta de giro com barreira	 	90	90
		Características	
		• Na tipologia de porta de giro, pode-se colocar uma barreira. Barreiras vedantes em portas de giro, que ao fechar são pressionadas contra o piso e travam nas laterais.	

<table>
<tr><th>Tipo de esquadria</th><th>Ilustração</th><th>% abertura para ventilação natural (FC_{vent})</th><th>% abertura para iluminação natural (FC_{ilum})</th></tr>
<tr><td rowspan="3">19 – Quadros fixos</td><td rowspan="3">  </td><td>0</td><td>80</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Ideal para o fechamento de vãos mantendo a luminosidade e vista para o ambiente externo. São muito aplicadas na composição de fachadas, peitoris e como bandeira superior. Podem ser confeccionadas em diversos formatos, como arcos e trapézios.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">20 – Janela ou Porta alçante ou elevadora</td><td rowspan="3"> 
</td><td>45</td><td>80</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Dotada de sistemas de elevação, compressão e travamento, possui recursos como o de “Ventilação Noturna”, garantindo “Ventilação e Renovação de Ar”</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Tipo de esquadria</th><th>Ilustração</th><th>% abertura para ventilação natural (FC_{vent})</th><th>% abertura para iluminação natural (FC_{ilum})</th></tr>
<tr><td rowspan="3">21 – Janelas ou portas de correr com deslocamento</td><td rowspan="3"> 
</td><td>45</td><td>80</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Neste sistema ao fechar tem que “compensar” entre 5 e 6 mm para travar no marco , causando uma grande compressão e criando o invólucro necessário para garantir a eficiência energética.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">22 – Janela Veneziana de Abrir com Folha de Vidro de Correr</td><td rowspan="3"> 
</td><td>45</td><td>80</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">Este é um modelo híbrido entre a janela apresentada anteriormente e a janela de correr, tendo um sistema de folhas de veneziana (de giro) e vidro (de correr) que irão proporcionar e garantir o escurecimento com ventilação natural (quando acionadas) e iluminação natural (quando recolhidos) através de:
• Sistema de ventilação natural, através de furos estampados nas folhas de veneziana;
• Movimento de giro da folha de veneziana permitindo a iluminação total da área envidraçada da esquadria;
• Movimento de correr das folhas de vidro garante maior facilidade no uso e operação;</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Tipo de esquadria</th><th>Ilustração</th><th>% abertura para ventilação natural (FC_{vent})</th><th>% abertura para iluminação natural (FC_{ilum})</th></tr>
<tr><td rowspan="3">23 – Janela Veneziana de Abrir com Folha de Vidro de Guilhotina</td><td rowspan="3"> 
</td><td>40</td><td>80</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">Este modelo de janela possui um sistema de folhas de veneziana (de giro) e vidro (deslizamento vertical) que irão proporcionar e garantir o escurecimento com ventilação natural (quando acionadas) e iluminação natural (quando recolhidos) através de:
• Sistema de ventilação natural, através de furos estampados nas folhas de veneziana;
• Movimento de giro da folha de veneziana permitindo a iluminação total da área envidraçada da esquadria;</td></tr>
<tr><td rowspan="3">24 – Janela Veneziana de Correr Externa com Folha de Vidro de Correr</td><td rowspan="3"> 
</td><td>45</td><td>80</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características</td></tr>
<tr><td colspan="2">Este modelo de janela possui um sistema de folhas de veneziana (de correr externa ao quadro da janela) e vidro (de correr) que irão proporcionar e garantir o escurecimento com ventilação natural (quando acionadas) e iluminação natural (quando recolhidos) através de:
• Sistema de ventilação natural, através de furos estampados nas folhas de veneziana;
• Movimento de deslizamento horizontal da veneziana externa ao quadro da janela (quando aberta a folha fica na parede) que permite a iluminação total da área envidraçada da esquadria.</td></tr>
</table>

Fonte: Anexo II do RTQ-R, anexo da Portaria nº 018/2012 e informações dos participantes.

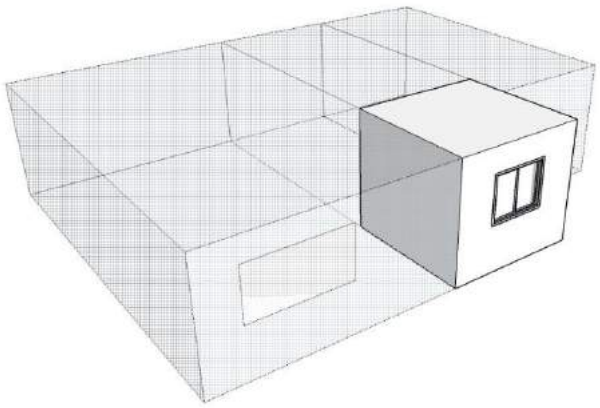
ANEXO B

VIDROS DE CONTROLE SOLAR
ESTUDO COM ORIENTAÇÕES DE APLICAÇÃO

A especificação adequada de vidros de controle solar para edificações pode ser feita com maior precisão por meio de simulação térmica computacional.

Este anexo apresenta estudos de caso onde se quantificou a economia de energia ou redução da temperatura interna de edificações com o uso de vidros de controle solar.

No primeiro estudo de caso, o cômodo de um apartamento foi modelado e simulado em diferentes orientações solares.



As características principais do modelo são:

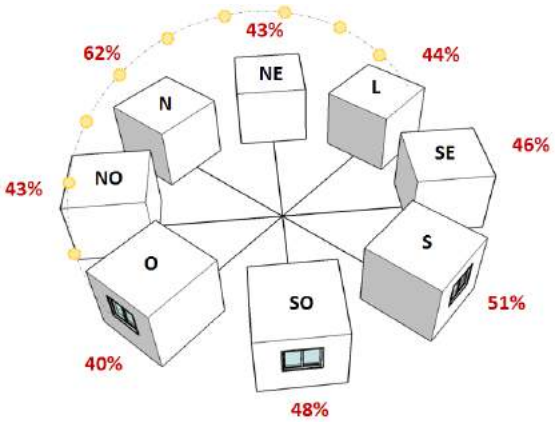
- Dormitório de 3,00 x 3,00 m (9 m²)
- Paredes em alvenaria
- Janela de correr de 2 folhas (1,20 x 1,20 m)

Analisou-se a substituição de uma esquadria com nível "E" de desempenho térmico por modelos com melhor desempenho, até o nível "A". O cômodo foi simulado com a janela voltada para oito orientações solares. Os testes foram feitos com o arquivo climático da cidade de Santa Maria (RS), escolhida por ter um verão quente e inverno rigoroso, podendo-se analisar o comportamento térmico do modelo em condições extremas de calor e frio.

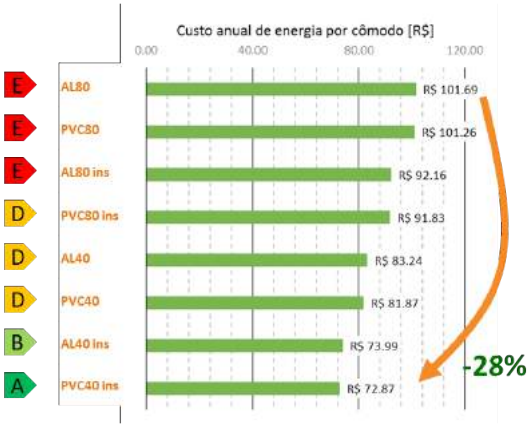
Ventilação natural e temperatura do ar interno

Inicialmente o modelo foi simulado com ventilação natural, para avaliação da temperatura do ar interno.

A figura ao lado indica o percentual de horas de redução do sobreaquecimento (temperatura do ar interno acima de 28oC) do cômodo para cada orientação solar quando substituiu-se o vidro incolor comum por vidro de controle solar com Fator Solar de 40%.



Consumo de energia com climatização.

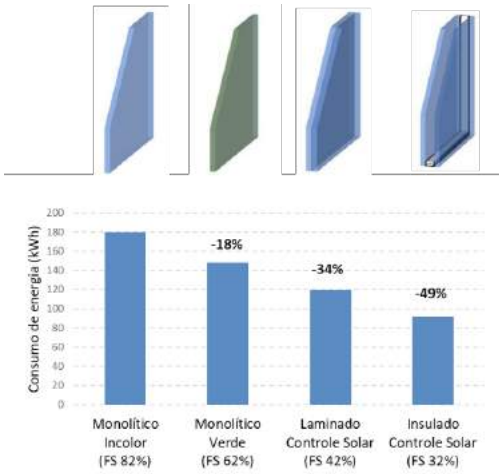


Na sequência, o modelo foi simulado com ar-condicionado do tipo Split, para avaliação do impacto da esquadria no consumo de energia.

A Figura ao lado mostra o custo anual de energia para um cômodo com janela voltada para oeste. Observa-se uma economia de 28% no consumo anual quando se opta por uma esquadria nível "A", contra uma especificação nível "E".

No segundo estudo avaliou-se o mesmo cômodo, agora simulado com arquivo climático típico da cidade de São Paulo, com a janela voltada para noroeste.

O gráfico da figura ao lado mostra a economia de energia em climatização quando se substitui o vidro incolor por vidro verde (18% de economia), depois por vidro de controle solar com Fator Solar 42% e por fim com vidro insulado de controle solar com Fator Solar de 32%. A economia final de energia chegou a quase 50%.



Estudo realizado por Fernando Simon Westphal; Universidade Federal de Santa Catarina.

ANEXO C

ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO COM ESQUADRIA EFICIENTE

Para o desenvolvimento do estudo de caso, foram consideradas as características dos seguintes parâmetros:

- Ambiente de uma unidade habitacional
- Dormitório = ocupação das 22h00 às 08h00
- Área do ambiente: 9 m2
- Transmitância térmica das paredes: 2,80 (W/m2K)
- Transmitância térmica da cobertura: 1,50 (W/m2K)
- Transmitância térmica do vidro: 5,7 (W/m2K) e 2,82 (W/m2K)
- Fator solar do vidro: 0,87; 0.50; 0.35
- WWR: 15%
- Com e sem sombreamento
- Orientação da janela: Oeste
- Carga térmica de resfriamento
- Carga térmica de aquecimento
- Climas adotados: Santa Maria, São Paulo e Salvador

A Figura C.1 apresenta os parâmetros determinados como fixos e variáveis para o desenvolvimento do estudo. Os parâmetros variados foram a transmitância térmica do vidro e o fator solar do vidro. O estudo observou o comportamento dos diferentes tipos de vidro em três diferentes climas: Santa Maria, São Paulo e Salvador.

Figura C.1.
Características dos parâmetros adotados no estudo.

FIXO

- Área do ambiente: 9 m^2 - dormitório
- Transmitância térmica das paredes: 2,80 (W/m^2K)
- Transmitância térmica da cobertura: 1,50 (W/m^2K)
- Capacidade térmica das paredes e cobertura: 50 a 100 kJ/(m^2K)
- WWR: 15%

VARIÁVEL

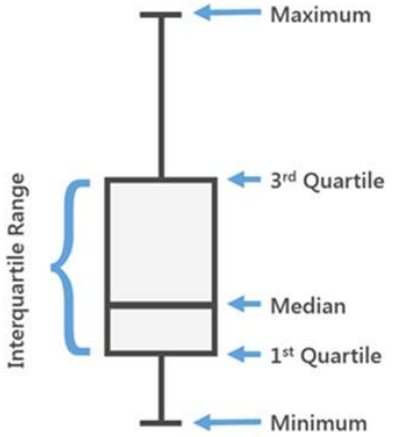
- Transmitância térmica do vidro: 5,7 (W/m^2K) e 2,82 (W/m^2K)
- Fator solar do vidro: 0,87; 0.50; 0.35; e 0,22

Os resultados são apresentados em formato de boxplot, representado pela Figura C.2.

Os resultados do estudo de caso são apresentados na Figura C.3, Figura C.4 e Figura C.5.

A Figura C.3 apresenta os resultados da carga térmica de resfriamento para o clima de Salvador. Nesta análise, além da variação da transmitância térmica dos vidros e fator solar, analisou-se o uso de venezianas nas janelas considerando um vidro com transmitância térmica de 5,7 (W/m2K) e fator solar de 0,87.

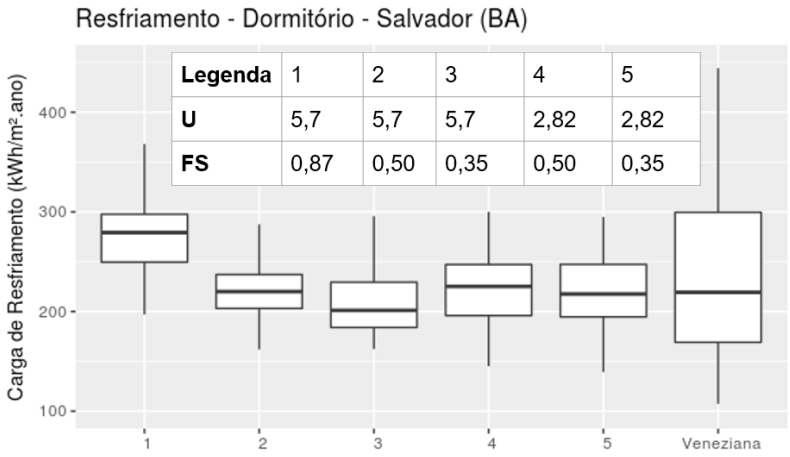
Figura C.2.
Representação do boxplot.



Observando o comportamento dos diferentes tipos de vidro, nota-se que o vidro simples (com transmitância térmica de 5,7 (W/m2K) e fator solar de 0,87) apresentou o maior resultado de carga térmica de resfriamento; e o vidro de controle solar (com transmitância térmica de 5,7 (W/m2K) e fator solar de 0,35) apresentou o menor resultado de carga térmica de resfriamento. Entretanto, o vidro de controle solar apresentou pouca diferença no resultado

de carga térmica quando comparado aos outros tipos de vidro analisados. Além disso, observa-se que o simples uso da veneziana nas janelas reflete na redução dos ganhos solares, reduzindo significativamente o consumo da carga térmica de resfriamento. O resultado da mediana com a alternativa da veneziana é bem próxima ao resultado do vidro de controle solar (com transmitância térmica de 5,7 (W/m2K) e fator solar de 0,35).

Figura C.3.
Carga térmica de resfriamento- Salvador.



A Figura C.4 apresenta os resultados da carga térmica de resfriamento para o clima de Santa Maria e São Paulo. Nesta análise, observa-se que os vidros com transmitância térmica de 5,7 (W/m2K) e fator solar de 0,50 e 0,35 apresentaram os menores resultados de carga térmica de resfriamento. Porém, observando a Figura C.5, nota-se que estes tipos de vidro aumentam o resultado de carga térmica de aquecimento para o clima de Santa Maria (com inverno mais rigoroso que a cidade de São Paulo).

Os vidros apresentam o mesmo comportamento de carga térmica de resfriamento para o clima de Santa Maria e São Paulo. Os resultados das medianas são bem próximas para os tipos de vidro analisados, exceto para o vidro com transmitância térmica de 5,7 (W/m2K) e fator solar de 0,87.

Os resultados observados para a carga térmica de aquecimento em Santa Maria destacam que a combinação entre diferentes parâmetros apresentou um comportamento semelhante para os tipos de vidro

analisados. Quando estes vidros são comparados com o vidro 1 (vidro simples), nota-se um aumento na carga térmica de aquecimento. Além disso, é importante destacar que a eficiência da esquadria depende do clima e das características da edificação analisada e de como é usada.

Figura C.4.
Carga térmica de resfriamento- Santa Maria e São Paulo

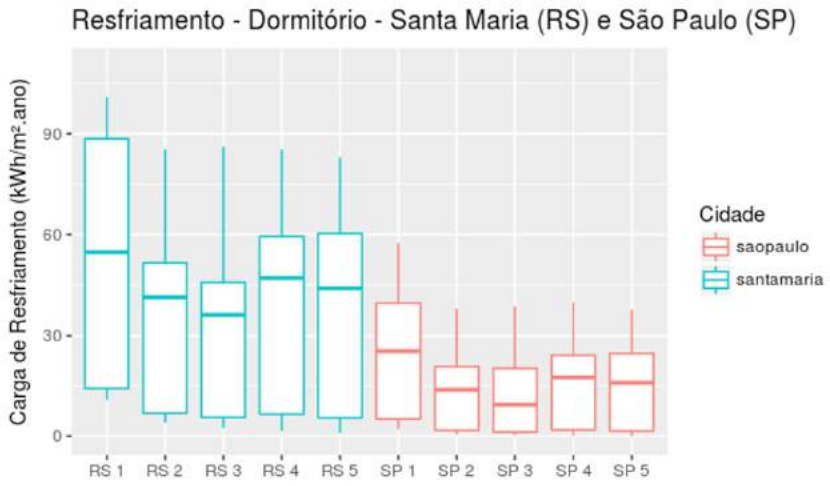
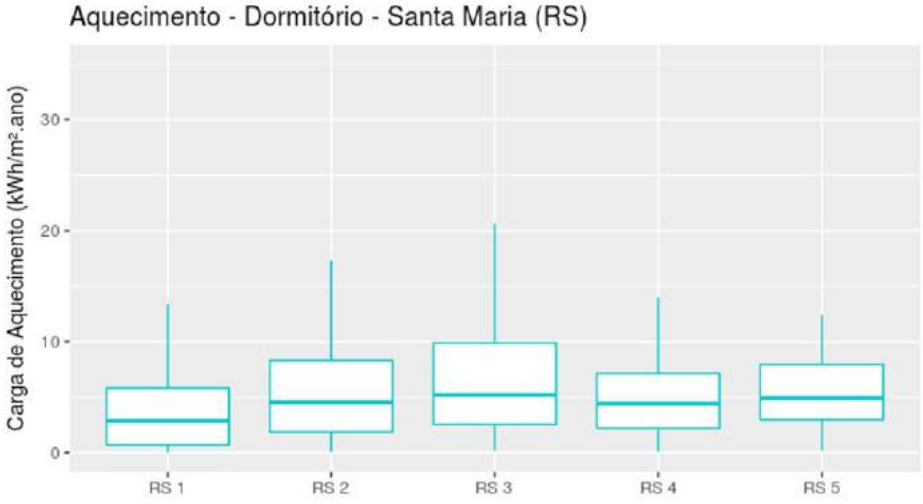


Figura C.5.
Carga térmica de aquecimento- Santa Maria e São Paulo.



Estudo realizado por Roberto Lamberts; Ana Paula Melo; Leonardo Mazzaferro e Marcelo Salles Olinger; Universidade Federal de Santa Catarina- LABEEE.

ANEXO D

BRISE-SOLEIL - ELEMENTO DE CONTROLE DE INCIDÊNCIA DE RADIAÇÃO SOLAR

ORIENTAÇÕES PARA ESTUDO DE APLICAÇÃO

D.1. Introdução:

Este anexo tem por objetivo orientar e exemplificar processos para elaboração de um estudo de necessidade e aplicação do elemento arquitetônico conhecido como brise-soleil, para obtenção da proteção da radiação solar que incide nas edificações.

O brise Soleil, ou somente brise, como é também conhecido no Brasil, é um elemento estratégico, utilizado por projetistas e arquitetos, pois além de função técnica empregada na proteção da radiação solar que incide em uma determinada área, também tem apelo visual, devido à variedade de formas, sentido de aplicação e afastamentos possíveis, e variedade de cores em que pode ser fabricado.

D.2. Análise de Fatores Auxiliares:

Antes de escolher um modelo de brise dentre os variados modelos disponíveis e formas e aplicações deste elemento, são necessários alguns estudos e considerações complementares. O estudo de conforto térmico é essencial para a escolha, baseada na real necessidade do ambiente, que varia entre as edificações e localizações geográficas.

Uma das ferramentas disponíveis para analise de insolação, é a carta solar, sendo uma maneira simples e básica de avaliar ângulos utilizados para encontrar o sentido e orientação dos raios solares que incidem nas fachadas, esse estudo permite avaliação ao longo de um dia, mês e ano (Figuras D.1 e D.2). Também através desse tipo de ferramenta é possível obter máscaras de sombreamento, que são orientações necessárias para garantir o conforto térmico do ambiente interno.

Figura D.1- Carta solar para latitude de 15º55'.

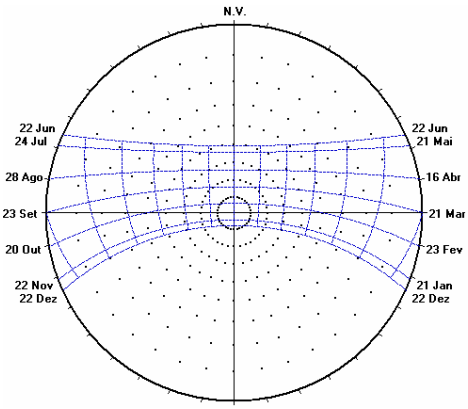
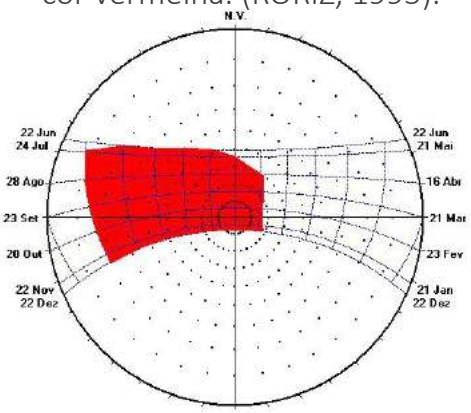


Figura D.2 - Carta solar com período de sombreamento, em destaque na cor vermelha. (RORIZ, 1995).



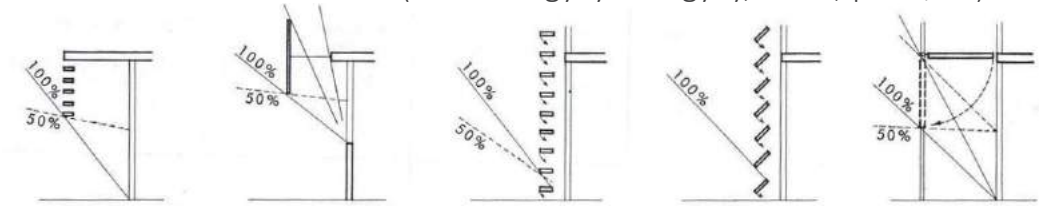
D.3. Classificações básicas de brises e melhores aplicações:

Existem diversas formas de classificarmos os brises segundo seus formatos e formas de aplicação, porém para um simples entendimento, basicamente iremos classifica-los em: horizontais e verticais.

Alguns modelos dentre essas classificações são de sistema fixo, ou seja, o brise fica estático em uma posição e ou ângulo determinados. Alguns modelos possuem a possibilidade de acionamento, podendo esse ser manual ou através de motorização, esses são sistemas móveis, que por permitir controle de angulação pode vir a otimizar a função técnica e estética ao qual é designado.

Brises horizontais, são painéis dispostos com sentido longitudinal na horizontal, paralelos ao solo, este tipo de brise é mais eficaz nos períodos onde o sol está mais alto, ou seja, o período entre o final da manhã e o começo da tarde. (Figura D.3).

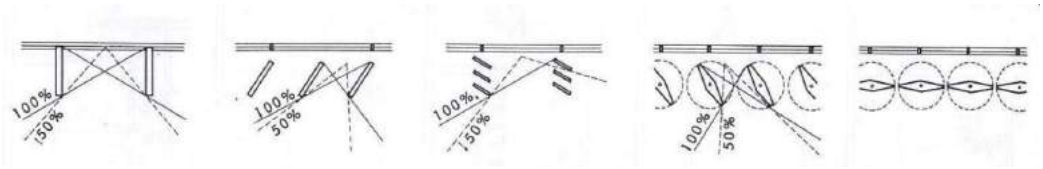
Figura D.3
Brise Horizontal- corte (Fonte: Olgyay & Olgyay, 1957, p. 90/92)



Brises verticais, são painéis dispostos com sentido longitudinal na vertical, perpendiculares ao solo, este tipo de brise é mais eficaz nas situações onde a maior incidência da radiação solar, vem no sentido lateral da fachada, situação observada nos horários entre o nascer do sol e o final do período da manhã, e do final do período da tarde até o pôr do sol. (Figura C.4).

Figura D.4

Brise Vertical- planta baixa (Fonte: Olgyay & Olgyay, 1957, p. 90/92)



Após escolher qual tipo de brise e sistema, existem outros fatores que influenciam a otimização térmica do brise em relação à fachada ou área de aplicação ao qual irá conferir proteção.

A cor do brise, pode ser utilizada para otimizar a função técnica, observando a sua designação estética, cor, tom, opacidade e a taxa de refletância de cada cor perante a radiação solar incidente, quanto maior a porcentagem de refletância, menor a é a taxa de calor que a cor absorve.

A condutividade térmica do material, pois o calor pode ser retido e dissipado conforme as propriedades físicas da matéria prima utilizada na manufatura dos brises.

Os produtos metálicos, são os mais utilizados na confecção dos brises, uma vez que são industrialmente a melhor opção. Por sua resistência, maleabilidade que permite uma variedade de conformações, durabilidade e baixa manutenção. Também existem brises que possuem preenchimento ou “miolo” de poliuretano o que auxilia o isolamento.

Após todos os dados apontados o estudo de **otimização térmica**, pode ser medido através da intensidade do fluxo térmico **(q)**, pelo efeito da radiação solar incidente e da diferença de temperatura do ar, dado por:

q = UαRse Ig + U(te-ti) (W/m2)

onde:

U: coeficiente global de transmissão térmica (W/m2ºC)

α: coeficiente de absorção da radiação solar

Rse: resistência superficial externa (m2ºC/W)

Ig: intensidade de radiação solar incidente global (W/m2)

te: temperatura do ar externo (ºC)

ti: temperatura do ar interno (ºC)

D.4. Dados Técnicos No Auxílio Ao Desempenho Acústico

Conforto acústico é obtido quando o usuário de um determinado ambiente não tem interferências por ruídos e ou reverberação sonora. As Figuras D.5 e D.6 apresentam efeitos que possam criar uma queda em sua produtividade ou causar estresse por exposição

Figura D.5 - Propagação do som através do concreto.

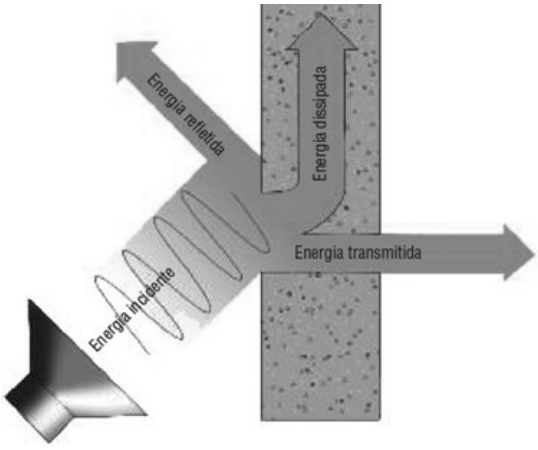
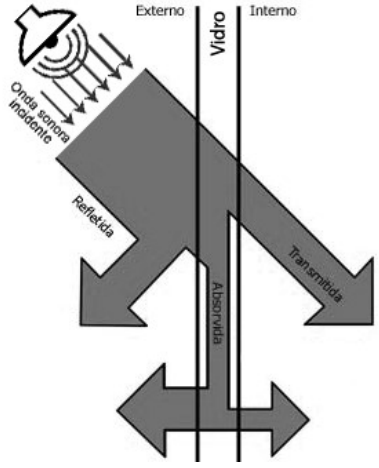


Figura D.6 - Propagação do som através do vidro.



A velocidade de propagação do som depende da natureza do meio físico de propagação.

Exemplos de velocidade de propagação do som em diversos materiais:

Material	Densidade	Velocidade do som, m/s
Aço	7,67- 8,03	5000- 6900
Alumínio	2,7	6200- 6374

Quando a onda sonora atinge uma parede, esta parede começa a vibrar e através desta vibração o som é transmitido para o ambiente receptor.

Os brises-soleil, por serem aplicados no ambiente externo, criam uma barreira física que auxilia para que a parede não receba a onda sonora diretamente. Uma vez que, quanto maior a massa da superfície, menor a probabilidade de vibração e menor a transmissão sonora.

Como geralmente os brises são instalados com afastamento determinado, a camada de ar que é mantida entre o elemento e a parede, auxilia no isolamento acústico, uma vez que quanto maior o afastamento, maior o isolamento sonoro nas baixas frequências.

A perda na transmissão sonora composta ou global (PTc), é determinada, em dB, pela seguinte equação:

$$PTc = 10 \log \frac{\sum S_i}{\sum \tau_i S_i}$$

Si = é a área do elemento (m2)

Ti = é o coeficiente de transmissão sonora do elemento.

Outro fator que pode contribuir de forma positiva na otimização acústica no estudo da aplicação do brise, é se o elemento possuir o preenchimento ou "miolo" de poliuretano. O diferencial é que quando existem o preenchimento de PU (poliuretano), a propriedade física desse material que é a elevada capacidade de absorção acústica complementa o sistema em potencial de otimização acústico. Essa alta performance está relacionada à espuma em si pela sua densidade e formato alveolar, quando na composição química desse PU é adicionado um retardantes à chama, obtêm-se um produto auto extinguível.

D.5. Considerações finais

Buscou-se nesse breve resumo técnico demonstrar a eficiência do elemento arquitetônico brises-soleil, como elemento eficaz não somente como elemento estético muito importante para o período moderno e contemporâneo da arquitetura, mas também como elemento eficaz na otimização térmica e acústica que a construção civil demanda, visando

economia energética através da otimização térmica (economia com sistemas de arrefecimento e refrigeração), permitido que a luz natural adentre no ambiente (economia com sistemas de iluminação artificial), e conforto acústico, que gera um ambiente interno agradável, sem a perturbação de ruídos externos.

De regra geral e genérica, pode-se observar que brises de modelos fixos, tem por média a obstrução de radiação solar, percentualmente em torno 50% a 70%, enquanto brises de modelos móveis cerca 70% a 90%. (Dados podem sofrer variação de acordo com a carta solar, afastamento do brise da fachada, modelo do brise selecionado, espaçamento definido entre suas aletas e quanto a existência do preenchimento de poliuretano).

Os fornecedores de brises devem dispor de um setor técnico para consulta na elaboração de estudos e projetos.

D.6 Referências Bibliográficas:

CORONA, Eduardo; LEMOS, C. A. C. Dicionário da arquitetura brasileira. São Paulo: Edart, 1972.

LE CORBUSIER. Precisões sobre um estado presente da arquitetura e do urbanismo. São Paulo: Cosac & naify, 2004b.

OLGYAY, A.; OLGYAY, V. Solar control & shading devices. New Jersey: Princeton University Press,1957.

RORIZ, M. Luz do Sol - Versão 1.1, São Carlos, 1995. Freeware. Radiação solar e iluminação natural.

Estudo realizado por Txai Oliveira (Projetista Sênior); Departamento: Técnico e Aprimoramento de Produtos da SULMETAIS Revestimento Arquitetônicos.

Por meio da:

Rua Dona Veridiana, 55 - Santa Cecília
CEP 01238-010 - São Paulo
11 3334-5600 • sindusconsp@sindusconsp.com.br
www.sindusconsp.com.br