



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

MAIKE MARCELINO VITÓRIO

VÍTOR IUNG DA ROSA

**PATOLOGIAS RELACIONADAS ÀS JANELAS DE ALUMÍNIO E VIDRO
TEMPERADO: APLICAÇÃO DA NBR 15575: 2013**

Tubarão

2016

**MAIKE MARCELINO VITÓRIO
VÍTOR IUNG DA ROSA**

**PATOLOGIAS RELACIONADAS ÀS JANELAS DE ALUMÍNIO E VIDRO
TEMPERADO: APLICAÇÃO DA NBR 15575: 2013**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^a. Esp. Norma Beatriz Camisão Schwinden.

Tubarão
2016

MAIKE MARCELINO VITÓRIO
VÍTOR IUNG DA ROSA

PATOLOGIAS RELACIONADAS ÀS JANELAS DE ALUMÍNIO E VIDRO
TEMPERADO: APLICAÇÃO DA NBR 15575: 2013

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 22 de novembro de 2016.



Professora e orientadora Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Professora Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Msc.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Professora Vivian Mendes da Silva, Msc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela proteção e por me dar saúde física e mental para a realização deste sonho.

Aos meus pais, Manoel e Natália, que não mediram esforços para me apoiarem nesta caminhada, pela dedicação e perseverança para que este sonho pudesse se tornar realidade.

À minha irmã, Lidiane, e seu esposo, Wilson, os quais sempre tentaram me tranquilizar nos momentos de fragilidade, fazendo enxergar sempre a minha capacidade.

Ao meu afilhado, Lorenzo, que com seu sorriso sincero e inocente conseguiu me cativar a cada dia mais, dando-me motivos para persistir.

Ao meu tio, Francisco (*in memoriam*), e demais familiares que sempre me apoiaram com palavras de conforto e motivação para que eu nunca desistisse deste sonho.

À professora e orientadora deste trabalho, Norma Beatriz, por toda compreensão, paciência e contribuição para o desenvolvimento do mesmo.

Ao meu amigo, Vítor, por somar ideias e ajudar no desenvolvimento deste projeto.

Aos demais amigos, pelo auxílio nas horas mais necessitadas.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Maike Marcelino Vitória

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde física e mental para que fosse possível a elaboração deste trabalho e de todas as conquistas nesta etapa.

Aos meus pais, Moacir Martins da Rosa e Adília Corrêa da Rosa, e, também, ao meu irmão, Gian Iung da Rosa, por serem os maiores motivos de todo esse esforço e orgulho, pela dedicação e por tornar este momento possível.

À Marina Pires, minha namorada, pelo carinho, paciência, incentivo e por todo o tempo e confiança dedicado a mim.

Ao meu amigo e, também, autor desse trabalho, Maíke Vitório, por todo o tempo que dedicamos à finalização deste projeto, pela paciência e incentivos dados neste período.

À professora e orientadora, Norma Camisão Schwinden, pela experiência e conhecimento no auxílio deste trabalho de conclusão de curso.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para realização desta etapa.

Vítor Iung da Rosa

"O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis." (José de Alencar).

RESUMO

A NBR 15575 (Edificações Habitacionais – Desempenho), publicada em julho de 2013, vem trazendo modificações quanto à qualidade das edificações brasileiras. A partir desta norma, foram estabelecidos desempenhos mínimos que as unidades habitacionais deverão atender, influenciando diretamente no nível de exigência dos usuários. Além disso, o Sistema de Vedação Vertical Externa, mais precisamente as janelas de alumínio e vidro temperado, objeto de estudo deste trabalho, tem grande parcela no comportamento das edificações quanto à estanqueidade de água, permeabilidade ao ar, oscilação de temperatura do ambiente externo ao interno, transmissão de ruídos oriundos do meio externo, além do desempenho estrutural e da durabilidade das peças. Esses são fatores relevantes que podem ou não propiciar conforto aos usuários e devem ser analisados pelas construtoras e/ou incorporadoras para que possam se adequar a normalização, buscando sempre o melhor para quem usufruir o imóvel. Desta forma, por meio de pesquisa metodológica, foram expostos os requisitos de desempenho para janelas de alumínio e vidro temperado, as patologias mais comuns encontradas nesses tipos de janelas, expondo as falhas que a induziram, e ainda, com aplicação de questionário em quatro construtoras da cidade de Tubarão/SC, coletou-se dados que auxiliaram nos estudos sobre os motivos pelos quais muitas das construções ainda não se adequaram aos critérios mínimos de desempenho propostos pela NBR 15575:2013, evidenciando os fatores como preço, prazo de entrega e montagem, e também o desconhecimento da norma em questão.

Palavras-chave: Esquadrias de alumínio. Vidro temperado. Norma de desempenho.

ABSTRACT

The Brazilian NBR 15575 Standard (Residential Buildings - Performance), published in July 2013, has brought changes regarding the quality of Brazilian buildings. Based on this standard, housing units must meet the performance requirements established for residential buildings, which directly influences on the level of demand from users. Furthermore, the Vertical Sealing System, more precisely aluminum windows and tempered glass windows, the aim of this study, has a large influence on the behavior of buildings regarding water-tightness, air permeability, the difference between indoor and outdoor temperatures, noise transmission from the outside, in addition to the influence on the structural performance and durability of the parts. These are relevant factors that may or may not provide comfort to users, and should be analyzed by the construction companies and/or development companies so that they can meet the standards, always trying to do the best for those who will benefit from the property. Thus, through methodological research, the performance requirements for aluminum windows and tempered glass windows and the most common pathologies found in these types of windows were presented throughout this study, exposing the failures, and with a questionnaire in four construction companies in the city of Tubarão/SC, data were collected to support the studies on the as the reasons why many of the buildings still did not meet the minimum performance criteria established by NBR 15575: 2013, evidencing factors such as price, delivery time and assembly, and also the lack of knowledge of the standard in question.

Keywords: Aluminum window frames. Tempered glass. Performance standard.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Requisitos dos sistemas de vedações verticais interna e externa.....	32
Figura 2 - Ensaio de esquadria em câmara	34
Figura 3 - Regiões brasileiras para efeito de estanqueidade à água	40
Figura 4 - Ressalto e pingadeiras executados em fachada.....	42
Figura 5 - Zoneamento bioclimático brasileiro	43
Figura 6 - Esquadria com ventilação	45
Figura 7 - Fachada de edifício executada com janelas de vidro temperado	57
Figura 8 - Mão de amigo	58
Figura 9 - Informações técnicas de vidro	59
Figura 10 - Vidro laminado com PVB	60
Figura 11 - Fachada de edifício executada com janelas de alumínio	61
Figura 12 - Processos de anodização	62
Figura 13 - Modelo de etiqueta para identificação da classificação e do desempenho de esquadrias	65
Figura 14 - Exemplo de manifestação patológica	66
Figura 15 - Degradação do tratamento superficial	70
Figura 16 - Não conformidade de tonalidade dos perfis	71
Figura 17 - Detalhes de suportes para manter o alinhamento das esquadrias de alumínio até sua instalação.....	72
Figura 18 - Quebra de vidro temperado.....	74
Figura 19 - Acessórios utilizados em esquadrias de alumínio.....	75
Figura 20 - Verga e contraverga.....	77
Figura 21 - Fissura horizontal.....	78
Figura 22 - Tipologias para cálculo de dimensões	79
Figura 23 - Diagrama de dimensões	80
Figura 24 - Frestas causadas por falhas em folgas	81
Figura 25 - Frestas causadas por falha de montagem.....	82
Figura 26 - Falha no chumbamento.....	82
Figura 27 - Falha ocasionada por produtos de limpeza.....	83
Figura 28 - Relação de desempenhos atendidos pelas construtoras questionadas	86
Figura 29 - Murfor.....	87

Figura 30 - Esquema de patologias relacionadas às esquadrias de alumínio e vidro temperado 89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exigências dos usuários e fatores a serem avaliados segundo NBR 15575: 2013.	26
Quadro 2 - Vida Útil de Projeto	30
Quadro 3 - Cargas de ensaio e critérios para peças suspensas fixadas por mão francesa padrão	34
Quadro 4 - Classificação dos materiais tendo como base o método NBR 9442: 1988	36
Quadro 5 - Classificação dos materiais tendo como base o método EN 13823	37
Quadro 6 - Estanqueidade à água de vedações verticais externas (fachadas) e esquadrias.....	39
Quadro 7- Condições de ensaio de estanqueidade do sistema de vedações verticais externas	41
Quadro 8 - Transmitância térmica de paredes externas.....	43
Quadro 9 - Capacidade térmica de paredes externas	44
Quadro 10 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar	44
Quadro 11 - Parâmetros acústicos de verificação.....	46
Quadro 12 - Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D(2m,nTw)$ para ensaios de campo	47
Quadro 13 - Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D(nT,w)$ para ensaios de campo.....	48
Quadro 14 - Índice de redução sonora ponderado, R_w , de fachadas.....	49
Quadro 15 - Índice de redução sonora ponderado, R_w , de componentes construtivos utilizados nas vedações entre ambientes	49
Quadro 16 - Classificação das esquadrias quanto à sua forma de abertura.....	53
Quadro 17 - Informações dos vidros	59
Quadro 18 - Classe de espessuras das camadas anódicas para as aplicações exteriores e interiores	62
Quadro 19 - Ligas de alumínio comumente encontradas no mercado	68
Quadro 20 - Designação e definição de têmperas para a liga 6063.....	70
Quadro 21 - Fatores de quebra espontânea de vidro temperado.....	73

LISTA DE SIGLAS

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Abravidro – Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos

AFEAL – Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio

Anavidro – Associação Nacional de Vidraçarias

ASTM – *American Society For Testing And Materials*

BNH – Banco Nacional da Habitação

CB – Comitês Brasileiros

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CDC – Código de Defesa do Consumidor

CEF – Caixa Econômica Federal

Cobracon – Comitê Brasileiro de Construção Civil

ELS – Estado Limite de Serviço

ELU – Estado Limite Último

EN – Norma Européia

Finep – Financiadora de Estudos e Projetos

I – Desempenho Intermediário

IACS – Padrão Internacional de Cobre Recozido

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISO – *International Organization for Standardization*

ITEC – Instituto de Tecnologia da Construção Brasileira

M – Desempenho Mínimo

NBR – Norma Brasileira

ONS – Organismos de Normalização Setorial

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

PSQ – Programa Setorial da Qualidade das Esquadrias de Alumínio

PVB – Polivinil Butiral

PVC – Policloreto de Vinila

S – Desempenho Superior

Secovi – Sindicato da Habitação

SiAC – Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil

Sinduscon – Sindicato da Indústria da Construção Civil

SVVE – Sistema de Vedação Vertical Externa

SVVI – Sistema de Vedação Vertical Interna

SVVIE – Sistema de Vedação Vertical Interna e Externa

VUP – Vida Útil de Projeto

UNIDADES DE MEDIDAS

°C – grau Celsius

dB – decibéis

h – hora

K – Kelvin

$\text{kJ/m}^2\cdot\text{K}$ – quilojoule por metro quadrado e por Kelvin

kN – quilonewton

L – Litro

$\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ – Litro por minuto por metro quadrado

m – metro

m^2/s^2 – metro ao quadrado por segundo ao quadrado

min – minuto

MJ – Megajoule

mm – milímetro

Pa – Pascal

s – segundo

$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ – Watt por metro quadrado e por Kelvin

W/s – Watt por segundo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	16
1.2 JUSTIFICATIVA	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo geral	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1 NBR 15575: 2013	22
2.1.1 Contextualização	22
2.1.2 Norma de desempenho vs norma prescritiva.....	27
2.1.3 Responsabilidade do empreendedor quanto ao desempenho da edificação	27
2.2 NBR 15575 – PARTE 4 – REQUISITOS PARA OS SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNA E EXTERNA.....	31
2.2.1 Desempenho estrutural.....	33
2.2.2 Segurança contra incêndio	35
2.2.3 Estanqueidade	39
2.2.4 Desempenho térmico	42
2.2.5 Desempenho acústico	45
2.2.6 Durabilidade e manutenibilidade	50
2.3 VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA.....	51
2.3.1 Esquadrias	52
2.3.1.1 Formas de abertura e materiais disponíveis para a fabricação de esquadrias.....	53
2.3.1.2 Janelas de vidro temperado	55
2.3.1.3 Janelas de alumínio.....	60
3 PATOLOGIAS EM VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA	66
3.1 QUANTO ÀS FALHAS NA MATÉRIA-PRIMA	67
3.1.1 Alumínio.....	67
3.1.1.1 Tratamento superficial.....	69
3.1.1.2 Qualidade da matéria-prima	70
3.1.2 Vidro.....	73

3.1.3 Acessórios	75
3.2 QUANTO ÀS FALHAS NOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS	76
3.2.1 Fissuras	76
3.3 QUANTO ÀS FALHAS NO ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO	78
3.4 QUANTO ÀS FALHAS NA DIMENSÃO DAS ESQUADRIAS.....	79
3.5 QUANTO ÀS FALHAS DE MONTAGEM E INSTALAÇÃO DAS PEÇAS.....	81
3.6 QUANTO À FALTA DE MANUTENÇÃO E MANUSEIO.....	83
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DO TEMA	85
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
5.1 CONCLUSÃO	91
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	92
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICES	100
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA COLETA DE DADOS	101
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELA EMPRESA “A”	102
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELA EMPRESA “B”	104
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELA EMPRESA “C”	106
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELA EMPRESA “D”	108

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A construção civil teve início a partir das necessidades básicas da humanidade e, a princípio, sem preocupação com o aperfeiçoamento das técnicas construtivas. Com o passar do tempo, o homem sentiu, então, a necessidade do aprimoramento das técnicas utilizadas para a construção civil, pois com o início das criações das cidades faziam-se necessárias melhores condições de conforto e segurança, tanto quando da construção, como para quem ali habitaria. Assim, as técnicas passaram a ser lapidadas.

A partir dessa deficiência, foi desenvolvida a função do engenheiro. Na antiguidade, a palavra “engenho” significava uma qualidade natural, em particular mental, ou seja, uma criação inteligente. No Brasil, a palavra apareceu no início do século XVI, relacionado à pessoa que construía um engenho, que na época significava “máquina de guerra”. Mais tarde, com o surgimento dos projetos específicos para a construção, foi composta a palavra engenharia civil, possibilitando diferenciar as atividades civis das militares (PEREIRA, 2013).

Segundo Bazzo e Pereira (2006), a criação dos conjuntos sistemático e ordenado de doutrinas, durante o século XVIII, contribuiu para a modernização da engenharia que, conseqüentemente, influenciou no avanço da sociedade, destacado pelo aperfeiçoamento dos sistemas de transporte, comunicação, produção e o avanço da qualidade nas construções civis.

Com o desenvolvimento dos métodos e estímulo do Estado, houve a necessidade de implantar normas técnicas a fim de garantir a qualidade do produto fornecido, e a transmissão dos conhecimentos para gerações futuras. No Brasil, foi criada em 1940 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que se trata de um fórum nacional de normalização sob responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS) (ABNT, 2011).

Dessa maneira, a ABNT publicou a norma NBR 15575 em 2007, porém somente após ampla discussão entre os agentes responsáveis é que foi aperfeiçoada e publicada sua atualização, em 2013, como NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho. Sua principal função é avaliar o desempenho de toda edificação residencial para que o consumidor, ao adquirir um imóvel, tenha satisfeito os requisitos mínimos necessários descritos na citada norma, responsabilizando, também, o consumidor pelas manutenções periódicas necessárias para o bom funcionamento do sistema.

A NBR 15575:2013 está subdividida em seis partes distintas, onde cada parte se trata de uma execução e desempenho necessário para aplicação que se especifica. São elas: requisitos gerais, sistemas estruturais, sistemas de pisos, sistemas de vedação, sistemas de coberturas e sistemas hidrossanitários.

Assim, no presente trabalho, abordar-se-á a quarta parte da NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais - Desempenho – Parte 4 – Requisitos para o Sistema de Vedações Verticais Internas e Externas – SVVIE, com maior foco em vedações verticais externas, as janelas de alumínio e vidros temperados, pois é notória a falta de conhecimento e projetos qualificados para este sistema.

Para tanto, buscou-se a resposta para o seguinte questionamento: quais as prováveis causas para as construções, em sua maioria, não atenderem aos requisitos mínimos de desempenho das janelas de alumínio e vidro temperado à NBR 15575-4: 2013?

1.2 JUSTIFICATIVA

No Brasil, é notável a falta de conhecimento e o descaso com o sistema construtivo. Apesar da evolução nos produtos e métodos de execução, as construções continuam tendo seus erros e vícios. Mesmo sabendo que a escolha dos insumos não pode prejudicar o sistema construtivo, e que este é um fator relevante na compra de um imóvel, ainda, há empresas que visam, acima de tudo, o lucro em detrimento da qualidade.

Porém, com a publicação da norma de desempenho NBR 15575: 2013, a cobrança do consumidor em relação à qualidade do produto adquirido se tornou evidente. Estando ciente dos seus direitos, o proprietário do imóvel passa a ser mais exigente com o desempenho e a conseqüente qualidade de todo o sistema construtivo.

Tomando como estudo o sistema de vedação vertical abordado na quarta parte da norma citada, percebe-se que tamanha é a falta de conhecimento em relação ao detalhamento dos projetos de esquadrias tanto para edifícios de alto padrão, em que a qualidade exigida se torna ainda maior, como para edifícios de baixo ou médio padrão, entre eles os financiados pelo Programa do Governo Federal Minha Casa, Minha Vida. Ainda que os custos se elevem por propor a adoção de material de maior qualidade, o fornecedor não deve deixar de atender a norma comentada e, caso o consumidor se sinta lesado perante algum sistema da obra, poderá exigir reparos, desde que estejam assegurados pela normatização.

Desta forma, os profissionais responsáveis, tanto pelos projetos, como execução, devem conhecer minimamente não apenas do sistema de esquadrias, mas também dos demais

sistemas, sendo capazes de suprir às exigências mínimas requeridas por norma para cada critério específico. Para as esquadrias, tal conhecimento possibilitará a inserção de produtos certificados pelos órgãos competentes, além de seguir o Programa Setorial da Qualidade das Esquadrias de Alumínio (PSQ), vinculados à AFEAL (Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio). Conhecendo esses critérios, o engenheiro ou profissional responsável garantirá o tempo de Vida Útil de Projeto (VUP), evitará desgastes no sistema de abrir e fechar, minimizando problemas com infiltrações de água, problemas na vedação do ar, além dos transtornos e prejuízos futuros.

Os motivos que induzem a maioria dos construtores ao não cumprimento dessa norma será o tema deste trabalho, buscando, através de pesquisas bibliográficas, apontar as consequências desses problemas e propor soluções viáveis que permitirão adequá-los às condições prescritas no ordenamento em estudo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Analisar, a partir de um estudo detalhado, os motivos que levam as edificações a não atenderem os requisitos mínimos de janelas de alumínio e vidro temperado conforme NBR 15575-4: 2013. A partir dessa análise, serão propostas soluções para que se tenha o atendimento às exigências mínimas prescritas.

1.3.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral proposto, foram designados os seguintes objetivos específicos:

- a) elaborar pesquisa bibliográfica referente às patologias causadas pelo mau desempenho das janelas de alumínio e vidros temperados quanto à NBR 15575-4: 2013;
- b) realizar levantamento de dados com construtoras da cidade de Tubarão/SC de modo a avaliar a importância da NBR 15575: 2013 às suas obras;
- c) apontar, detalhadamente, as causas indutoras destas patologias;
- d) propor medidas que atendam aos requisitos mínimos no desempenho das esquadrias citadas, relacionados à norma em estudo.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto aos objetivos propostos, o levantamento de dados busca analisar quantitativamente, determinadas características, foco da pesquisa, envolvendo uma população específica (LEONEL; MOTTA, 2011).

Outro procedimento utilizado para a coleta de dados é a pesquisa bibliográfica, que, de acordo com Leonel e Motta (2011), trata-se daquela desenvolvida tentando explicar um problema a partir das teorias publicadas em diversos tipos de fontes: livros, artigos, manuais, enciclopédias, anais, meios eletrônicos, etc., sendo, portanto, fundamental para conhecer e analisar as principais contribuições teóricas sobre um determinado tema ou assunto.

Na concepção de Leonel e Motta (2011), a pesquisa bibliográfica pode ser desenvolvida através de sete etapas:

- a) escolha do tema;
- b) delimitação do tema e formulação do problema;
- c) elaboração do plano de desenvolvimento da pesquisa;
- d) identificação, localização das fontes e obtenção do material;
- e) leitura do material;
- f) tomada de apontamentos;
- g) redação do trabalho.

Tem-se como primeira etapa a escolha do tema a ser pesquisado, levando em conta o interesse do pesquisador pelo assunto, bem como sua familiaridade com o mesmo, e a existência de fontes bibliográficas especializadas para o desenvolvimento da pesquisa.

Escolhido o tema, passa-se para a formulação do problema, que, conforme Gil (2002, apud LEONEL; MOTTA, 2011), deve ser: (a) através de pergunta; (b) claro e preciso; (c) empírico; (d) suscetível de solução; e (e) delimitado a uma dimensão viável.

Seguido da formulação do problema, elabora-se um plano provisório de assunto, o qual Salvador (1982, apud GIL, 2002) define como sendo a estrutura lógica do trabalho, de forma que as partes estejam sistematicamente vinculadas entre si e ordenadas em função da unidade de conjunto.

A próxima etapa consiste em localizar e identificar as fontes que poderão fornecer informações adequadas ao tema a ser pesquisado. De acordo com Leonel e Motta (2011), as fontes mais comuns para pesquisas podem ser livros, obras de referência, manuais, periódicos

científicos, sites especializados, teses e dissertações, anais, e/ou periódicos de indexação e resumos.

De posse das fontes obtidas, passa-se à leitura do material. Nesta etapa, ressalta Gil (2002) para os seguintes objetivos:

- a) identificar as informações e os dados constantes do material impresso;
- b) estabelecer relações entre as informações e os dados obtidos com o problema proposto;
- c) analisar a consistência das informações e dados apresentados pelos autores.

Cumprida a leitura do material, é necessário que se faça as anotações provenientes da leitura. Para Severino (2000, apud LEONEL; MOTTA, 2011), essas anotações são os elementos utilizados para o desenvolvimento do trabalho, servindo como matéria-prima para o mesmo e funcionando como uma espécie de rascunho.

Considera-se a redação do trabalho como a última etapa do desenvolvimento da pesquisa bibliográfica que, de acordo com a NBR 14724: 2011 (Informação e documentação - Trabalhos acadêmicos – Apresentação) dividem-se em elementos pré-textuais, textuais e pós-textuais. Leonel e Motta (2011) elucidam que os elementos pré-textuais são aqueles apresentados antes da introdução, auxiliando na identificação e utilização do trabalho. Os elementos textuais são compostos pela introdução, desenvolvimento e conclusão. E, por último, os elementos pós-textuais, que se trata de informações que complementam o trabalho.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será dividido, estruturalmente, em capítulos para facilitar a compreensão.

No primeiro capítulo está apresentada a introdução, com a exposição do tema de pesquisa, a justificativa, os objetivos, os procedimentos metodológicos adotados e a estrutura que integra o trabalho.

O capítulo dois trará a fundamentação teórica sobre o tema abordado, buscando estudos mais aprofundados, teorias e abordagens, com o objetivo de compreender melhor a Norma de Desempenho, sobretudo o Sistema de Vedação Vertical Externa (SVVE) correlacionado às janelas de alumínio e de vidro temperado.

No capítulo três serão expostas as manifestações patológicas mais comuns decorrentes do mau desempenho das janelas de alumínio e de vidro temperado, apontando e analisando suas principais causas, desde a matéria-prima até o uso e manuseio das peças.

Posteriormente, no quarto capítulo, serão analisados e discutidos os resultados provenientes da pesquisa bibliográfica, bem como os dados levantados através de questionário aplicado em construtoras de maior porte da cidade de Tubarão/SC, expondo as prováveis causas pelas quais as construções, em sua maioria, não atendem aos requisitos mínimos de desempenho das esquadrias citadas, associados à NBR 15575-4: 2013, apresentando as conclusões referentes ao tema e propondo medidas que atendam aos requisitos mínimos relacionados à norma em estudo.

O capítulo cinco será destinado para a conclusão obtida com o desenvolvimento da pesquisa bibliográfica e levantamento de dados.

Por último, serão apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para compor e desenvolver este trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 NBR 15575: 2013

Com o intuito de aumentar a qualidade das construções no país, em 17 de julho de 2013, a ABNT pôs em vigor a NBR 15575 (Edificações Habitacionais – Desempenho), levando em consideração não o método de execução, mas o bom desempenho das edificações, cumprindo as necessidades e exigências dos usuários.

Para melhor compreensão do assunto, nas seções a seguir será exposta a parte histórica dessa norma, bem como os principais tópicos que envolvem este trabalho.

2.1.1 Contextualização

O conceito de desempenho em edificações, segundo Pierrard e Akkerman (2013), teve sua origem na Europa, na década de 1960, mas somente com a publicação da norma ISO 6241 – *Performance standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered*, em 1984, é que foram estabelecidos os requisitos primordiais de uma edificação, quais sejam segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

Na compreensão de Bonin (2016), o termo *segurança* condiz com a garantia que o usuário tem quanto às questões de desempenho estrutural, contra o fogo, além do uso e operação da edificação. À segurança estrutural, entende-se que o edifício deve ser calculado para que haja estabilidade e resistência às ações estáticas, dinâmicas e aos esforços de partes móveis, sem que se tenha qualquer risco de ruína ou sensação de insegurança. Ainda, para a segurança contra o fogo, ressaltam-se o projeto, proteção dos ocupantes e o comportamento dos materiais e componentes em casos de incêndio, determinando itens que devem ser atendidos para que a edificação seja considerada segura. Além disso, quanto ao uso e operação, serão atendidos os termos de segurança caso na construção houver proteção à integridade física dos usuários contra a ação de agentes externos ou por características da edificação.

Além disso, Bonin (2016) trata *habitabilidade* como a qualidade e condição do imóvel para habitação, devendo atender aos requisitos de estanqueidade, desempenho térmico, acústico e lumínico, saúde, higiene, qualidade do ar, funcionalidade, acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico. À *sustentabilidade*, diz-se que é toda ação humana que visa suprir às

atuais necessidades dos seres humanos, sem prejudicar as gerações futuras. Para esta exigência, tem-se como requisitos a durabilidade, manutenibilidade e o impacto ambiental.

De acordo com Borges e Sabbatini (2008), no Brasil, a construção de habitações populares em grande escala ocorreu no passado, principalmente na década de 1970, investida pelo Banco Nacional da Habitação. Foram nessas obras que o país adquiriu experiências de utilização de técnicas inovadoras, criando métodos de avaliação para tais que, por sinal, apresentaram péssimos resultados, como patologias construtivas, degradação e problemas estruturais logo após a conclusão das obras. A partir desses casos, houve, na década de 1980, a evolução do conceito de desempenho no Brasil, a partir de trabalhos realizados pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) para o BNH e, posteriormente, à CEF (Caixa Econômica Federal), sua sucessora.

Apesar de todo o empenho e discussão sobre qualidade, Cordovil (2013) afirma que o Brasil não evoluiu na mesma velocidade apresentada pelos países desenvolvidos. Mesmo assim, no ano 2000, o Governo Federal lançou o SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil) como parte do PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e da Produtividade do Habitat). A partir desses estudos, organizou-se todo o conhecimento adquirido, resultando na primeira versão da norma de desempenho NBR 15575: 2008. Muitos órgãos contribuíram para a elaboração desta norma, como cita Ribeiro (2010, apud GAZOLA; MENDONÇA, 2014, p.39):

O processo se iniciou com um financiamento da CEF através da FINEP (Financiadora de estudos e projetos), que possibilitou o COBRACON (Comitê Brasileiro de Construção Civil), entidade que abriga o CB-02 (Divisão do Comitê Brasileiro de Construção Civil responsável pela elaboração da norma de desempenho) a reunir um conjunto de especialistas para a produção de uma documentação de referência, que evoluiu, através da intensa participação de entidades como SINDUSCON SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo), SECOVI (Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo), IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas), Poli.USP (Escola Politécnica da USP), IBS (Instituto Brasileiro de Siderurgia), Caixa e ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), além academia, para o atual conjunto de norma.

O documento previa sua exigibilidade a partir de 2010, porém, com as dificuldades encontradas pelos incorporadores, construtores e indústrias de materiais para se adaptar aos requisitos apontados em um curto tempo, o prazo foi estendido.

Após ceder um período de adequação às empresas, a Associação Brasileira de Normas Técnicas lançou a nova versão da NBR 15575: 2013, sempre buscando atender às exigências dos usuários quanto às edificações e os sistemas que a compõem, e seu

desempenho, sem considerar, entretanto, o método de execução. Para Gazola e Mendonça (2014), essas exigências são relevantes em questões ligadas à moradia, expressas pela segurança estrutural, contra incêndio e no uso e na operação, além de desempenhos quanto à funcionalidade, acessibilidade, conforto tátil, antropodinâmico, térmico, acústico, lumínico, de estanqueidade, de durabilidade e manutenibilidade de edifícios, como já citados.

De acordo com Borges e Sabbatini (2008, p.9):

No Brasil, as principais motivações dos agentes que participaram do processo de elaboração da Norma Brasileira de Desempenho de Edifícios foram a de criar um ambiente técnico mais claro para o setor da construção, tornando a concorrência mais saudável, e proteger os usuários das habitações populares.

Esta norma vem auxiliando não somente os bancos investidores de edificações habitacionais, mas também aqueles que adquirem essas unidades. A partir da NBR 15575: 2013, as exigências na qualidade das obras estão se tornando cada vez mais rígidas, fazendo com que as construtoras e incorporadoras invistam em aprimoramento de métodos, auxiliando no avanço do desempenho da produção habitacional.

De forma a detalhar minuciosamente os requisitos mínimos exigíveis, a instrução normativa supracitada foi dividida em seis partes, distribuídas da seguinte maneira:

- a) Parte 1: Requisitos gerais;
- b) Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- c) Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- d) Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- e) Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas; e
- f) Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

A primeira parte da NBR 15575 se refere às exigências dos usuários e aos requisitos gerais comuns aos sistemas de uma edificação, instituindo as interações e interferências entre estes sistemas. Quanto a essas exigências, afirma Abreu (2009, apud VIEIRA; BARRETO, 2016, p.37):

São as necessidades a serem satisfeitas pelo edifício a fim de que este realize sua designação como produto, as condições necessárias à segurança e saúde do homem, ao seu conforto e à satisfação de suas preocupações econômicas. Incluindo, nessa satisfação econômica, a questão da durabilidade de um produto em função dos rendimentos dos usuários, uma vez que o usuário que não tem altos rendimentos, não poderia gastar mais com pequenos reparos se comparado a usuários com altos rendimentos.

De acordo com a parte 2 da NBR 15575-2 (2013, p. viii), esclarece que o texto “[...] trata dos requisitos para os sistemas estruturais aplicáveis a edificações habitacionais

com respeito ao desempenho estrutural, analisado do ponto de vista dos estados-limites último e de serviço pelo método semi-probabilístico de projeto estrutural”. Em outras palavras, essa parte do texto impõe os critérios de estabilidade e resistência da edificação, apontando, inclusive, os métodos que devem ser seguidos para medir o tipo de impacto que a estrutura pode suportar sem que apresente nenhum tipo de trinca ou fissura.

Na terceira parte, a NBR 15575-3 (2013, p.1) “estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema de pisos da edificação habitacional”, ou seja, este texto abrangerá tanto os pisos de parte interna, como externa, salientando a importância de uma boa execução, não apenas dos acabamentos, mas também de todos os componentes do sistema, o que implicarão diretamente no desempenho deste.

A parte 4 da norma incumbirá o principal objetivo deste trabalho, caracterizado pelas possíveis causas que fazem os empreendimentos habitacionais, na maioria das vezes, não atenderem aos requisitos mínimos de desempenho das janelas de alumínio e vidros temperados. Como descrito pela NBR 15575-4 (2013, p.3), esta parte do texto aborda os sistemas de vedação vertical interna e externa (SVVIE) das edificações habitacionais, responsáveis não somente pela volumetria e compartimentação dos espaços da edificação, mas também com grande parcela no desempenho do empreendimento. Ainda ressalva a NBR 15575-4 (2013, p. xi):

Mesmo sem função estrutural, as vedações podem atuar como contraventamento de estruturas reticuladas, ou sofrer as ações decorrentes das deformações das estruturas, requerendo assim uma análise conjunta do desempenho dos elementos que interagem. Podem também interagir com demais componentes, elementos e sistemas da edificação, como caixilhos, esquadrias, estruturas, coberturas, pisos e instalações. As vedações verticais exercem ainda outras funções, como estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, compartimentação em casos de incêndio, etc.

Os sistemas de coberturas são foco da quinta parte desta norma. São eles que, quando bem executados, impedem a infiltração advinda de intempéries, minimizam a proliferação de micro-organismos patogênicos e da degradação de materiais de construção. Por ser o sistema mais exposto à radiação solar, tem grande influência na transferência de temperaturas para os ambientes, geralmente residência de um pavimento ou cobertura de edifícios, afetando diretamente no conforto térmico de seus habitantes.

E, por último, tem-se a sexta parte da NBR 15575: 2013, estabelecendo os requisitos mínimos de desempenho e as exigências dos usuários para os sistemas

hidrossanitários de uma edificação habitacional. Sobre os encargos desta parte da norma, aborda a NBR 15575-6 (2013, p. ix):

[...] são responsáveis diretas pelas condições de saúde e higiene requeridas para a habitação, além de apoiarem todas as funções humanas nela desenvolvidas (cocção de alimentos, higiene pessoal, condução de esgotos e águas servidas etc.). As instalações devem ser incorporadas à construção, de forma a garantir a segurança dos usuários, sem riscos de queimaduras (instalações de água quente), ou outros acidentes. Devem ainda harmonizar-se com a deformabilidade das estruturas, interações com o solo e características físico-químicas dos demais materiais de construção.

De tal modo, um grande número de quesitos é proposto em cada uma das partes, sendo que, para cada uma dessas necessidades, devem ser levados em conta os requisitos mínimos exigíveis pretendidos ao desempenho dos sistemas. Uma vez que esses sejam atendidos, os usuários, também, terão suas exigências satisfeitas. Essa relação entre as necessidades dos usuários e os fatores a serem avaliados são imprescindíveis para o bom desempenho de uma edificação e, para uma melhor compreensão, serão agrupados no quadro 1, a seguir.

Quadro 1 - Exigências dos usuários e fatores a serem avaliados segundo NBR 15575: 2013

<i>Exigências dos usuários</i>	<i>Fatores Avaliados</i>
Segurança	Segurança estrutural Segurança contra o fogo Segurança no uso e na operação
Habitabilidade	Estanqueidade Desempenho térmico Desempenho acústico Desempenho lumínico Saúde, higiene e qualidade do ar Funcionalidade e acessibilidade Conforto tátil e antropodinâmico
Sustentabilidade	Durabilidade Manutenibilidade Impacto ambiental

Fonte: Adaptado da NBR 15575-1 (2013).

Desta forma, para Gazola e Mendonça (2014), os requisitos e critérios contidos na instrução normativa em destaque foram divididos em três níveis de desempenho. O nível

mínimo (M) atende às exigências básicas do usuário, portanto, deve ser considerado e rigorosamente seguido. Já os níveis intermediário (I) e superior (S) podem ser analisados como características diferenciais nos empreendimentos que os atingirem.

Ainda, quanto aos requisitos e critérios, é importante ressaltar que os requisitos de desempenho são atribuídos qualitativamente para uma edificação e seus sistemas, assim atendendo o conjunto de necessidades do usuário, definido pela NBR 15575: 2013 como os requisitos dos usuários. Já os critérios de desempenho, são especificações quantitativas para atender esses requisitos, sendo, desta forma, expressos em quantidades mensuráveis.

2.1.2 Norma de desempenho vs norma prescritiva

Ao contrário de outras instruções normativas relacionadas à Construção Civil, que prescrevem o produto a ser utilizado e o método de execução do serviço, a NBR 15575: 2013 trata de uma norma de desempenho, diferenciada das demais por não estar diretamente ligada à técnica construtiva, focando-se na qualidade do resultado final. Afirma a própria NBR 15575-1 (2013, p. xi) que “normas de desempenho são estabelecidas buscando atender às exigências dos usuários, que, no caso desta Norma, referem-se a sistemas que compõem edificações habitacionais, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado.”.

Diferente do conceito de desempenho, Silva (2011, p.28) comenta que a norma prescritiva “especifica os meios e não os fins que se deseja atingir”, evidenciando o fato de que, com a abordagem prescritiva, devem-se considerar, primeiramente, os métodos e produtos utilizados para a execução dos sistemas e, de forma indireta estará o desempenho.

Para tanto, Szigeti e Davis (2005, apud SILVA, 2011) afirmam que “a intenção é permitir aos construtores uma flexibilidade em relação às soluções de projeto”, possibilitando o desenvolvimento de materiais com qualidade elevada e custo otimizado.

2.1.3 Responsabilidade do empreendedor quanto ao desempenho da edificação

Sabe-se que o crescimento considerável na construção de edifícios habitacionais, principalmente obras financiadas pelo governo federal – como o programa *Minha Casa Minha Vida* – têm diminuído um grande problema na vida do brasileiro, tornando possível adquirir o imóvel próprio no intuito de ter uma moradia digna. Porém, muitas construtoras estão pecando por deixarem seus empreendimentos “*a desejar*”, através de mão de obra

desqualificada movida por vícios construtivos, pela falta de produtos adequados quando a visão é reduzir custos, ou até mesmo na falta de supervisão periódica das frentes de serviço. Isso vem acarretando problemas quando o assunto é desempenho e qualidade nas edificações. Muitas delas são entregues com várias deformidades e reparos a serem executados, ou, ainda, após um determinado tempo é que se começam a observar esses defeitos construtivos.

Segundo Cavaliere (2004, apud PERALTA, 2016, p.1):

A responsabilidade do construtor é de resultado, como já assinalado, porque se obriga pela boa execução da obra, de modo a garantir sua solidez e capacidade para atender ao objetivo para qual foi encomendada. Defeitos na obra, aparentes ou ocultos que importem sua ruína total ou parcial configuram violação do *dever de segurança* do construtor, verdadeira *obrigação de garantia* (ele é o garante da obra), ensejando-lhe o dever de indenizar independentemente de culpa. Essa responsabilidade só poderá ser afastada se o construtor provar que os danos resultaram de uma causa estranha - força maior, fato exclusivo da vítima ou de terceiro, não tendo aqui, relevância o fortuito interno.

Além disso, Luthold (2012, p.1) ressalta:

[...] a construção de um imóvel se constitui numa obrigação de resultado, em que o contratante espera pela perfeição técnica da obra, bem como pela sua solidez e segurança, uma vez que contrata um profissional técnico habilitado detentor de um dever ético-profissional de bem realizar o seu trabalho. Trata-se, pois, de um pressuposto de qualidade intrínseco dessa obrigação, que deve atender a padrões mínimos de desempenho que garantam solidez, segurança e a sua razoável durabilidade.

Tôrres e Pinto (2000, apud VIEIRA; BARRETO, 2016) asseguram que a responsabilidade civil é caracterizada por atividades ou procedimentos que geram prejuízos a outros indivíduos. No contexto jurídico, o ato humano cometido contra a lei é identificado como “ato ilícito”, então, quando esta conduta não proporcionar danos à vítima, não suscitará em responsabilidade civil. Quando a relação da causa e efeito entre os estragos cometidos e os fatores que o geraram for praticada dolosamente, faz-se obrigatória a execução de reparos por parte dos agentes deste ato.

Sobre as fontes de responsabilidade advindas da construção civil, Meirelles (1996, apud PELACANI, 2010) destaca a de responsabilidade legal, contratual e extracontratual. A primeira trata daquela imposta pela lei por certa conduta, de ordem pública, irrenunciável e intransacionável entre as partes. Já a responsabilidade contratual condiz àquelas oriundas do ajuste entre as partes, de acordo com o combinado para o cumprimento dos deveres de cada contratante, havendo a possibilidade de abdicação ou transação por parte dos contratantes a qualquer momento e situação, geralmente, com a intenção de preservar a execução do contrato. E, enfim, as fontes de responsabilidade extracontratual são definidas por sua origem

no ato ilícito, ou seja, esta responsabilidade é gerada por um ato ilícito, independente do cumprimento das cláusulas de um contrato.

Neste contexto, a construtora e/ou incorporadora é tratada como fornecedora de um bem ou serviço, neste caso, pela comercialização de um imóvel por ela desenvolvido. Para tanto, define o Código de Defesa do Consumidor - CDC (1990, p. 16) como:

Art. 3º Fornecedor é toda pessoa física ou jurídica, pública ou privada, nacional ou estrangeira, bem como os entes despersonalizados, que desenvolvem atividades de produção, montagem, criação, construção, transformação, importação, exportação, distribuição ou comercialização de produtos ou prestação de serviços.

§ 1º Produto é qualquer bem, móvel ou imóvel, material ou imaterial.

§ 2º Serviço é qualquer atividade fornecida no mercado de consumo, mediante remuneração, inclusive as de natureza bancária, financeira, de crédito e securitária, salvo as decorrentes das relações de caráter trabalhista.

Além disso, a responsabilidade civil destes fornecedores e sua relação com o consumerista são tratadas entre os artigos 12 e 17 do manual supracitado, com ênfase no fato do produto e do serviço, e entre os artigos 18 e 25 do mesmo texto para a responsabilidade por vícios do produto e do serviço.

Para a responsabilidade pelo fato do produto e do serviço, o Código de Defesa do Consumidor (1990) salienta que o fabricante, o construtor, o produtor, independente da existência de culpa, é responsável pela retificação dos prejuízos causados aos consumidores por equívocos de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação, acondicionamento dos produtos ou pela falta de informações suficientes sobre seu modo de utilização. Deste modo, serão abolidos de tal culpa os prestadores de serviço que provarem o desconhecimento do produto no mercado, ou, ainda, que tenham colocado o produto em comercialização, mas que não haja existência do defeito, podendo ser revogado caso a culpa seja do consumidor ou de terceiros. As mesmas responsabilidades cabem aos comerciantes quando o fabricante, o construtor, o produtor ou o importador não forem identificados, ou em casos de o produto fornecido não ter identificação do prestador de serviço, ou, ainda, pela má conservação deste produto.

Para a responsabilidade por vícios do produto e do serviço, pode-se dizer que os fornecedores respondem por estes vícios de qualidade ou quantidade que os fazem inadequados ao uso ou que lhes diminuam o valor, isto é, o fornecedor tem o dever de tomar as medidas cabíveis em caso de danos no bem de consumo quando este tenha se deteriorado por um mau uso do qual o consumidor não havia sido comunicado nem por embalagem, rotulagem ou mensagem publicitária (CDC, 1990).

De acordo com Pasqualon (2014), nem sempre os vícios oriundos da má qualidade e execução das construções são vistos imediatamente na entrega dos imóveis. Em muitos dos casos, esses danos levam um tempo até serem identificados e, a princípio, é um dos principais assuntos jurídicos entre os construtores/ incorporadores e o dono do imóvel. Quanto a isso, deixa claro o CDC (1990, p.22):

Art. 26. O direito de reclamar pelos vícios aparentes ou de fácil constatação caduca em:

I - trinta dias, tratando-se de fornecimento de serviço e de produtos não duráveis;

II - noventa dias, tratando-se de fornecimento de serviço e de produtos duráveis.

§ 1º. Inicia-se a contagem do prazo decadencial a partir da entrega efetiva do produto ou do término da execução dos serviços.

[...]

§ 3º. Tratando-se de vício oculto, o prazo decadencial inicia-se no momento em que ficar evidenciado o defeito.

O Código de Defesa do Consumidor admite uma ação do fornecedor em um determinado tempo, sem predefinir um período para a execução da mesma, uma vez que este poderia não ser suficiente para verificar o defeito. Para tanto, o vício oculto deve ser identificado e comunicado ao fornecedor dentro do período mínimo de durabilidade e Vida Útil de Projeto (VUP), previstos na norma NBR 15575-1 que, de acordo com ABNT (2013), VUP é um estimado período de tempo para qual um sistema foi projetado de modo a atender os requisitos mínimos de desempenho propostos na mesma norma.

No quadro 2, observa-se o período médio de cada sistema.

Quadro 2 - Vida Útil de Projeto

<i>Sistema</i>	<i>VUP Mínima (anos)</i>
Estrutura	≥ 50
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: Adaptado da NBR 15575-1 (2013).

Ainda explica Grandiski (2001, apud PELACANI, 2010), com base no CDC, que o construtor e/ou incorporador se faz responsável em três fases do empreendimento: durante a elaboração do projeto, quando os equívocos previsíveis podem ser evitados; na execução da obra, onde os vícios não perceptíveis anteriormente possam ser corrigidos; e após a ocupação da edificação, dentro do prazo de garantia estabelecido, de maneira que, através de instruções adequadas, possam evitar o surgimento de novos prejuízos.

Desta forma, pode-se dizer que as responsabilidades tanto do construtor e/ou incorporador, como os deveres cabíveis ao consumidor, são de extrema importância para manter o imóvel adequado à utilização. Por parte do fornecedor, cabe o cargo de dar assistência, executando os reparos necessários aos vícios cometidos por equívoco construtivo. Ao consumidor, compete a obrigação de manutenibilidade para que não se perca a garantia do imóvel.

2.2 NBR 15575 – PARTE 4 – REQUISITOS PARA OS SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNA E EXTERNA

A NBR 15575: 2013 traz requisitos mínimos para habitação que são tecnicamente e financeiramente viáveis para construção. Não se trata de uma norma prescritiva, mas de uma relação entre as normas de desempenho e as normas prescritivas de cada assunto abordado. Na sua quarta parte, essa norma aborda os sistemas de vedações verticais internas e externas das edificações habitacionais.

Esse sistema não exerce função estrutural, porém, dependendo do tipo de vedação, pode assumir este papel, desde que siga os itens estabelecidos na NBR 15575-2: 2013:

Atender, durante a vida útil de projeto, sob as diversas condições de exposição (ação do peso próprio, sobrecargas de utilização, atuações do vento e outros), aos seguintes requisitos gerais:

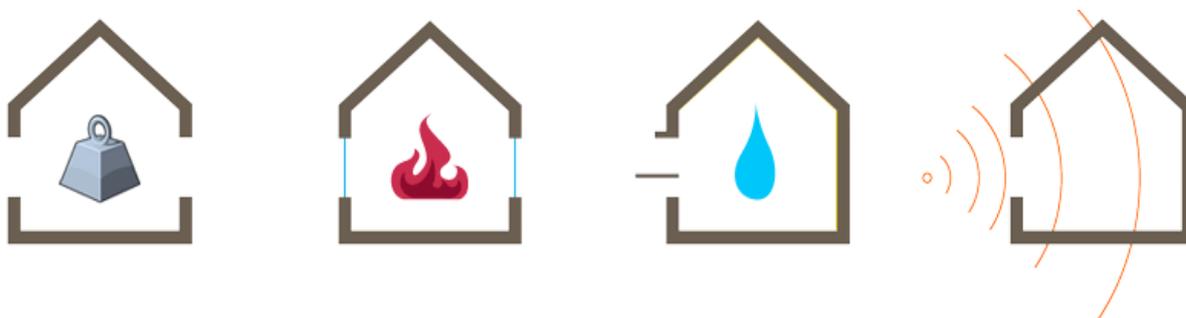
- a) não ruir ou perder a estabilidade de qualquer de suas partes;
- b) prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- c) não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, permitindo-se tal requisito o atendido caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta Norma;
- d) não repercutir em estados inaceitáveis de fissura de vedação e acabamentos;
- e) não prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e janelas, nem prejudicar o funcionamento normal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais;
- f) atender às disposições das ABNT NBR 5629, ABNT NBR 11682 e ABNT NBR 6122 relativas às interações com o solo e com o entorno da edificação. (NBR 15575-2:2013, p.4).

Além da função estrutural, a parte 4 assume as funções dos sistemas de edificações, como pisos, coberturas, instalações e esquadrias.

Ainda, tratando-se de uma norma de desempenho, estabelece os requisitos e critérios, conforme já descrito no item 2.1.1 deste trabalho, para uma edificação habitacional e de todos os seus sistemas, não somente com base em seus materiais e métodos utilizados, mas também em requisitos dos usuários.

De acordo com o ilustrado na figura 1, dentro dessas funções têm-se os requisitos de estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, sistema de fixação, onde são projetadas a capacidade dos esforços nela solicitado e compartimentação em casos de incêndio.

Figura 1 - Requisitos dos sistemas de vedações verticais interna e externa



Fonte: Trevo Drywall (2016).

Dado a diretriz com esta norma, segundo Amaral Neto et al. (2013), os requisitos e critérios de avaliações foram fixados e os avanços na concepção de Estado Limite Último (ELU) e Estado de Utilização ou Serviço (ELS) foram perceptíveis, sendo esses de suma importância para avaliação do sistema de desempenho. Assim, esses dois parâmetros são descritos como:

O ELU é caracterizado como o estado no qual o sistema de vedação não é satisfatório quanto aos critérios de desempenho e segurança relativos à segurança (risco de colapso e ruína), por outro lado o ELS é momento a partir do qual a funcionalidade das vedações é prejudicada (deslocamentos exagerados, fissuras, falhas diversas, etc). (AMARAL NETO et al., 2013, p. 39).

Além dos avanços dos critérios, Cordovil (2013), também, destaca que foram definidos todos os ensaios de simulação, prevendo as possíveis solicitações que ocorrerão durante a vida útil de uma edificação, não só através de esforços naturais externos, mas também de ações transmitidas pelo usuário no seu decorrer do tempo. Também ressalta que, através da NBR 15575-4: 2013, está sendo possível tratar o sistema de vedação interna e

externa como um todo da edificação, não abordando ela isoladamente dos demais sistemas, podendo ser considerado a influência que faz nos demais elementos da construção.

Os sistemas de esquadrias, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2013), devem atender os requisitos como a utilização em portas externas, resistentes à umidade em ambientes onde terá o possível contato com a água, e as janelas deverão atender a NBR 10821: 2011 (Esquadrias externas para edificações), seguindo todos os seus requisitos e critérios de desempenho, quais sejam:

- a) desempenho estrutural;
- b) segurança contra incêndio;
- c) estanqueidade;
- d) desempenho térmico;
- e) desempenho acústico;
- f) durabilidade e manutenibilidade.

2.2.1 Desempenho estrutural

Para a NBR 15575-4 (ABNT, 2013), o nível de segurança deve considerar todas as ações possíveis no sistema de vedação vertical, baseando-se na parte 2 desta mesma norma, além de outras instruções normativas, como NBR 6118: 2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento), NBR 7190: 1997 (Projeto de estruturas de madeira), NBR 15961-1: 2011 (Alvenaria estrutural – Blocos de concreto parte 1: projeto), NBR 15.961-2: 2011 (Alvenaria estrutural – Blocos de concreto parte 2: execução e controle de obras), NBR 8545: 1984 (Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos – procedimento), entre outras normas que tem como objetivo a estabilidade estrutural de vedações verticais internas e externas.

Este item da norma tem como finalidade resguardar o construtor de possíveis irregularidades, fissurações ou deslocamento que afetam a segurança ocupacional e/ou desconfortos causados por esses danos em sua edificação, sendo que a citada norma fornece ao responsável pela construção dados e tabelas interligando o tipo de estrutura a ser usada para cada esforço. Mesmo não pertencendo ao sistema de vedações com função estrutural, são fornecidos dados, conforme quadro 3, para auxiliar e nortear a execução.

Assim, a NBR 15575-4: 2013 solicita para os sistemas que tem como função estrutural os cálculos e projetos conforme NBR 15575-2: 2013, além de ser efetuado todos os ensaios nela descrito. Já em sistemas sem a função estrutural, recomenda-se realizar ensaios

como demonstrado na figura 2, e analisando o projeto que deverá considerar ações verticais devidas ao vento. Os ensaios para esquadrias externas são realizados em câmara, obedecendo a NBR 10821-3: 2011 (Esquadrias externas para edificações parte 3 – métodos de ensaio).

Figura 2 - Ensaios de esquadria em câmara



Fonte: AECweb (2016).

No que se refere a peças suspensas em vedações verticais, Amaral Neto et al. (2013) cita como exemplo: armários, prateleiras, lavatórios, hidrantes e quadros que são fixados com dispositivo padrão, são ensaiados com cargas pré-fixadas, disponíveis em tabelas próprias com aplicação em cada ponto, ou considerando tais pontos, como consta no quadro 3.

Quadro 3 - Cargas de ensaio e critérios para peças suspensas fixadas por mão francesa padrão

Carga de ensaio aplicada em cada ponto kN	Carga de ensaio aplicada em cada peça, considerando os dois pontos kN	Critério de desempenho
0,4 kN	0,80 kN	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/500$ $d_{hr} \leq h/ 2\ 500$
<p>Onde: h é altura da parede d_h é o deslocamento horizontal instantâneo d_{hr} é o deslocamento horizontal residual</p>		

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

Para resistência ao impacto de corpo mole ou corpo duro, sendo ou não estrutural, são fixados energias mínimas que o sistema deve suportar quando for solicitado, resistindo às reações em casos de ruptura, fissuras e danos a componentes. Também, para as cargas incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janela, deverão suportar cargas horizontais, verticais e a impactos, porém baseado nas normas prescritas na NBR 14718: 2008 (Guarda-corpos para edificação) (CORDOVIL, 2013).

Todos os requisitos descritos para o Sistema de Vedações Verticais Internas e Externas, SVVIE, são eles: estabilidade e resistência estrutural, deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas, solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes, impacto de corpo mole com ou sem função estrutural para edifícios ou casas térreas, ações transmitidas por portas, impacto de corpo duro incidente, cargas de ocupação incidentes em guardas corpos e parapeitos de janelas, os quais devem atender aos ensaios quanto ao desempenho M (denominado mínimo), ou seja, atendendo às premissas dos projetos e os níveis ensaiados.

2.2.2 Segurança contra incêndio

Para a certificação da segurança de vedações verticais internas e externas contra incêndio, as construções habitacionais deverão atender essa parte da NBR 15575-4: 2013 e os critérios da NBR 15575-1: 2013. Neste requisito, a principal característica é a não propagação do incêndio além do ambiente de origem. O foco do incêndio não poderá gerar fumaça excessiva, obstruindo a fuga dos ocupantes nesta situação.

Através da NBR 15575-4: 2013, são classificados as superfícies internas das vedações verticais externas e, também, ambas as superfícies das vedações verticais internas, como:

- a) I, II A ou III A, quando estiverem associadas a espaços de cozinha;
- b) I, II A, III A ou IV A, quando estiverem associadas a outros locais internos da habitação, exceto cozinhas;
- c) I ou II A, quando estiverem associadas a locais de uso comum da edificação;
- d) I ou II A, quando estiverem associadas ao interior das escadas, porém com D_m inferior a 100.

Os materiais empregados no meio das paredes (miolo) – externas ou internas - devem classificar-se como I, II A ou III A. (ABNT, 2013, p.18).

Os materiais são classificados e tabelados por meio da NBR 9442: 1988 (Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante – Método de ensaio) e pela EN 13823: 2002 (*Reaction to fire tests for building products - Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by*

a single burning), sendo esta uma norma internacional onde são especificados os métodos de ensaios. Assim, são determinados o desempenho quanto à reação do fogo nos materiais de construção, exceto aqueles empregados em pisos, disponível na NBR 15575-4: 2013 e apresentado nos quadros 4 e 5 a seguir.

Quadro 4 - Classificação dos materiais tendo como base o método NBR 9442: 1988

Classe / Método de ensaio		ISO 1182	NBR 9442	ASTM E662
I		Incombustível $\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta m \leq 50\%$; $t_f \leq 10 \text{ s}$	-	-
II	A	Combustível	$I_p \leq 25$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$I_p \leq 25$	$D_m > 450$
III	A	Combustível	$25 < I_p \leq 75$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$25 < I_p \leq 75$	$D_m > 450$
IV	A	Combustível	$75 < I_p \leq 150$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$75 < I_p \leq 150$	$D_m > 450$
V	A	Combustível	$150 < I_p \leq 400$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível	$150 < I_p \leq 400$	$D_m > 450$
Legenda: I_p - Índice de propagação superficial de chama. D_m - Densidade Específica óptica máxima de fumaça. Δm - Variação da massa do corpo de prova T_f - Tempo de flamejamento do corpo de prova. ΔT - Variação de temperatura no interior do forno.				

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

O quadro acima está dividido em cinco classes, sendo que cada classe obedece à divisão interna da residência, de acordo com a citada norma. Seguindo instruções da NBR 9442: 1988, a maioria dos materiais, como as esquadrias de alumínio e vidro temperado, se adequam a esse quadro, exceto outros destacados no quadro 5.

Quadro 5 - Classificação dos materiais tendo como base o método EN 13823

Classe / Método de ensaio		ISO 1182	EN 13823	ISO 11925-2 (exp. =30 s)
I		Incombustível $\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$; $\Delta m \leq 50\%$; $t_f \leq 10\text{s}$	-	-
II	A	Combustível	FIGRA ≤ 120 W/s LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 7,5$ MJ SMOGRAM ≤ 180 m ² /s ² e TSP600s $\leq 200\text{m}^2$	FS ≤ 150 mm em 60 s
	B	Combustível	FIGRA ≤ 120 W/s LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 7,5$ MJ SMOGRAM > 180 m ² /s ² e TSP600s $> 200\text{m}^2$	FS ≤ 150 mm em 60 s
III	A	Combustível	FIGRA ≤ 250 W/s LSF < canto do corpo de prova THR600s ≤ 15 MJ SMOGRAM ≤ 180 m ² /s ² e TSP600s $\leq 200\text{m}^2$	FS ≤ 150 mm em 60 s
	B	Combustível	FIGRA ≤ 250 W/s LSF < canto do corpo de prova THR600s ≤ 15 MJ SMOGRAM > 180 m ² /s ² e TSP600s $> 200\text{m}^2$	FS ≤ 150 mm em 60 s
IV	A	Combustível	FIGRA ≤ 750 W/s SMOGRAM ≤ 180 m ² /s ² e TSP600s $\leq 200\text{m}^2$	FS ≤ 150 mm em 60 s
	B	Combustível	FIGRA ≤ 750 W/s SMOGRAM > 180 m ² /s ² e TSP600s $> 200\text{m}^2$	FS ≤ 150 mm em 60 s
V	A	Combustível	FIGRA > 750 W/s SMOGRAM ≤ 180 m ² /s ² e TSP600s $\leq 200\text{m}^2$	FS ≤ 150 mm em 20 s
	B	Combustível	FIGRA > 750 W/s SMOGRAM > 180 m ² /s ² e TSP600s $> 200\text{m}^2$	FS ≤ 150 mm em 20 s
VI		-	-	FS > 150 mm em 20 s

Legenda:
 FIGRA - Índice da taxa de desenvolvimento de calor.
 LSF - Propagação lateral da chama.
 THR600s - Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600 s de exposição às chamas.
 TSP600s - Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600 s de exposição às chamas.
 SMOGRAM - Taxa de desenvolvimento de fumaça, correspondendo ao máximo do quociente de produção de fumaça do corpo de prova e o tempo de sua ocorrência.
 FS - Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado.
 Δm - Variação da massa do corpo de prova.
 t_f - Tempo de flamejamento do corpo de prova.
 ΔT - Variação de temperatura no interior do forno.

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

O quadro 5 se destina a materiais que melhor se adequam aos casos descritos na NBR 15575-4 e especificado na EN 13823, nas condições seguintes:

- quando ocorre derretimento ou o material sofre retração abrupta, afastando-se da chama-piloto;
- quando o material é composto por miolo combustível protegido por barreira incombustível ou que pode se desagregar;
- materiais compostos por diversas camadas de materiais combustíveis, apresentando espessura total superior a 25mm;
- materiais que na instalação conformam juntas através das quais, especialmente, o fogo pode propagar ou penetrar. (ABNT, 2013, p.21).

A aplicação e execução são os fatores chave para análise do correto ensaio a que o material deve ser submetido, pois em casos de aplicação sobre base com alto teor de propagação de fogo, deve-se aplicar o ensaio. Já em casos onde não são aplicados em bases combustíveis, pode ser ensaiado em substrato de placas de fibrocimento com 6 mm de espessura (ABNT, 2013).

Para peças com função estrutural, Cordovil (2013) ressalta que deverão suportar um tempo mínimo de 30 minutos em contato direto ao fogo. Também precisarão seguir todos os critérios prescritos na NBR 14432: 2001 (Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento), sempre visando atender ao desempenho M (denominado mínimo).

As esquadrias, assim como os demais elementos constituintes dos sistemas de um edifício, não devem ser fabricadas e/ou executadas com materiais propagadores de chamas, que venham gerar excessiva fumaça ou interditar caminhos de fácil acesso para o meio externo e que impeçam os ocupantes de evacuar a edificação em caso de incêndio.

Para CBIC (2013, p.85):

Com relação à segurança contra incêndio, a norma visa, em primeiro lugar, a integridade física das pessoas e, depois, a própria segurança patrimonial. Os critérios de desempenho contemplam recursos para dificultar o princípio de incêndio e a sua propagação, o Tempo Requerido de Resistência ao Fogo – TRRF de elementos e componentes da construção, as rotas de fuga, a propagação de fumaça, os equipamentos de extinção e também a facilidade de acesso dos bombeiros para combate a incêndios já deflagrados.

Para tanto, deve-se sempre observar os materiais utilizados nas esquadrias de alumínio e vidro temperado, de maneira a atender o desempenho mínimo estabelecido por norma e para que o usuário esteja sempre em segurança.

2.2.3 Estanqueidade

A NBR 15575: 2013 esclarece que a estanqueidade tem por função a vedação contra a água proveniente da chuva ou de qualquer outra fonte, sendo que a vedação vertical interna e externa deverá ser estanque a qualquer passagem de água, incluindo a junção entre a janela e a parede, impedindo, assim, a passagem de água para dentro da construção, ou mesmo escorrimento em forma de gotas. Quanto à estanqueidade de água, destaca o CBIC (2013, p.178):

A norma NBR 15575 trata apenas da estanqueidade à água, de suma importância não só para evitar processos deletérios dos materiais e componentes (lixiviação, corrosão etc), mas sobretudo para evitar proliferação de fungos, doenças respiratórias e outros. As exigências de estanqueidade à água englobam umidade ascendente do solo, percolação de umidade entre ambientes internos da edificação e infiltrações de água de chuva [...].

Neste critério, a norma permite apenas pequenas manchas de umidade em paredes com áreas menores, em relação ao exposto no quadro 6.

Quadro 6 - Estanqueidade à água de vedações verticais externas (fachadas) e esquadrias

Edificação	Tempo de Ensaio (h)	Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência de água, em relação à área total do corpo de prova submetido à aspersion de água, ao final do ensaio
Térrea (Somente a parede, seja com ou sem função estrutural)	7	10
Com mais de um pavimento (Somente a parede, seja com ou sem função estrutural)	7	5
Esquadrias	Devem atender à ABNT NBR 10821-2	

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

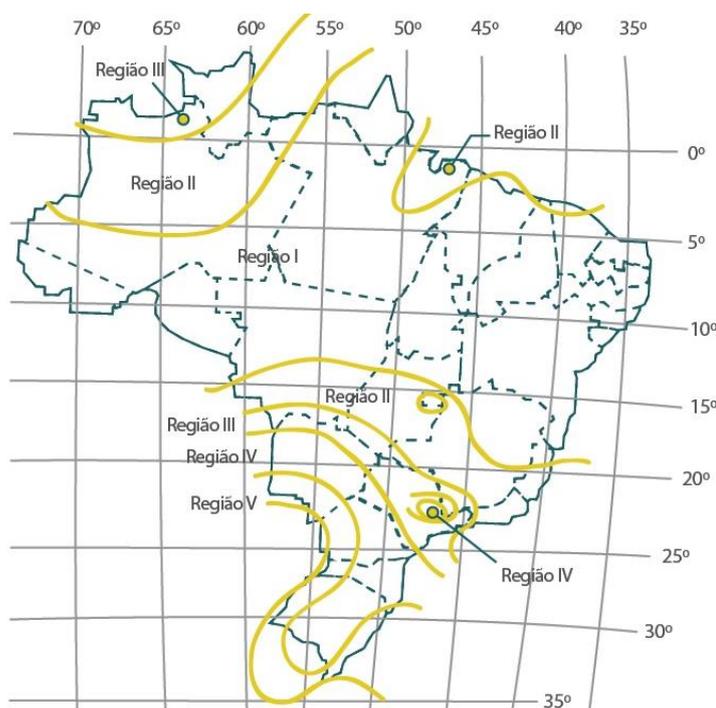
A vedação entre paredes e esquadrias é um dos principais desafios a serem vencidos nas construções, fazendo-se necessário que o processo atenda não somente a NBR 15575-4: 2013 como também a NBR 10821-2: 2011 (Esquadrias externas para edificações

parte 2 – Requisitos e classificação), onde são estimadas as possíveis condições de exposição ao vento em que as esquadrias a serem instaladas poderão ser submetidas.

Além disso, a estanqueidade da água, tanto nas esquadrias quanto coberturas, está relacionada aos índices pluviométricos e à velocidade e direção do vento onde a obra está localizada. Sendo assim, a NBR 15575-4: 2013, em conjunto com a NBR 6123: 1988 (Forças devido ao vento em edificações), trazem as regiões do Brasil divididas em cinco grupos (Figura 3), distribuídas de forma crescente quanto à pressão do vento em que a esquadria deverá suportar (CBIC, 2013).

Para avaliação dos sistemas de esquadrias, a instrução normativa NBR 10821-3: 2011 estabelece o modo de ensaio para aprovação quanto ao seu desempenho. O corpo de prova ensaiado deve ser o mesmo da esquadria utilizada na obra, seguindo os mesmos componentes e projeto de execução. Neste teste, além do ensaio quanto à estanqueidade, após a fixação no corpo de prova, é testado sua funcionalidade, abrindo e fechando suas folhas móveis e garantindo que sua função ocorra de forma correta. Ao iniciar o teste, são aplicadas dispersões de água e pressão, conforme a região de utilização ilustrada na figura 3, verificando, em seguida, a passagem de água e classificando-as de acordo com a norma citada.

Figura 3 - Regiões brasileiras para efeito de estanqueidade à água



Fonte: CBIC (2013).

CBIC (2013) ressalta que, para demais tipos de vedação externas, são enviados corpos de provas a laboratórios, onde são realizados ensaios e análises de infiltração de água, assim, submetendo as peças a simulações reais encontradas em cada região. Os testes iniciam com uma lâmina de água escorrendo por sete horas a partir do seu topo, com uma vazão de 3 litros / minuto / m² de parede e com uma pressão de vento que poderá variar conforme região ou os corpos de provas poderão ser submetidos gradativamente à máxima pressão de vento para analisar seu comportamento. O quadro 7 indica as regiões e sua pressão e vazão ensaiadas.

Quadro 7- Condições de ensaio de estanqueidade do sistema de vedações verticais externas

Condições de ensaios de paredes		
Região do Brasil	Pressão estática (Pa)	Vazão de água (L/min/m ²)
I	10	3*
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	
(*) Coberturas são ensaiadas com a mesma pressão acima, todavia com vazão de 4 litros/minuto/m ² ; Nota: Para edificações térreas, com beirais de no mínimo 0,50m de projeção, a pressão estática do ensaio pode ser reduzida de 10 Pa nas regiões II a V.		

Fonte: Adaptado de CBIC (2013).

Mesmo com todos os ensaios aprovados, quando são exigidos um desempenho M (denominado mínimo), a NBR 15575-4: 2013 sugere que nos projetos sejam estudados e encaminhados os detalhes construtivos entre juntas ou componentes, principalmente de materiais de diferente dilatação, com intuito de evitar penetração de água para o interior da habitação. Também são sugeridos detalhes de ressalto e pingadeiras nas fachadas (Figura 4). Para Oliveira (2008, p.1), trata-se ressalto como “[...] um obstáculo [...] instalado idealmente a cada pavimento, que cria seguidas discontinuidades e impede o acúmulo de água [...]”, e pingadeira como sendo uma “[...] linha ranhurada, abaixo dos peitoris, que intercepta a lâmina d’água, resultando pingos que se projetam afastados da fachada”.

Sendo assim, a NBR 15575: 2013 ressalta que não deve ser perceptível a incidência de umidade em ambientes contíguos, respeitando as condições de ocupação e

manutenção previstas previamente durante a fase de projeto e descritas ao manual de uso e operação.

Figura 4 - Ressalto e pingadeiras executados em fachada



Fonte: Jornal A Crítica (2014, adaptado).

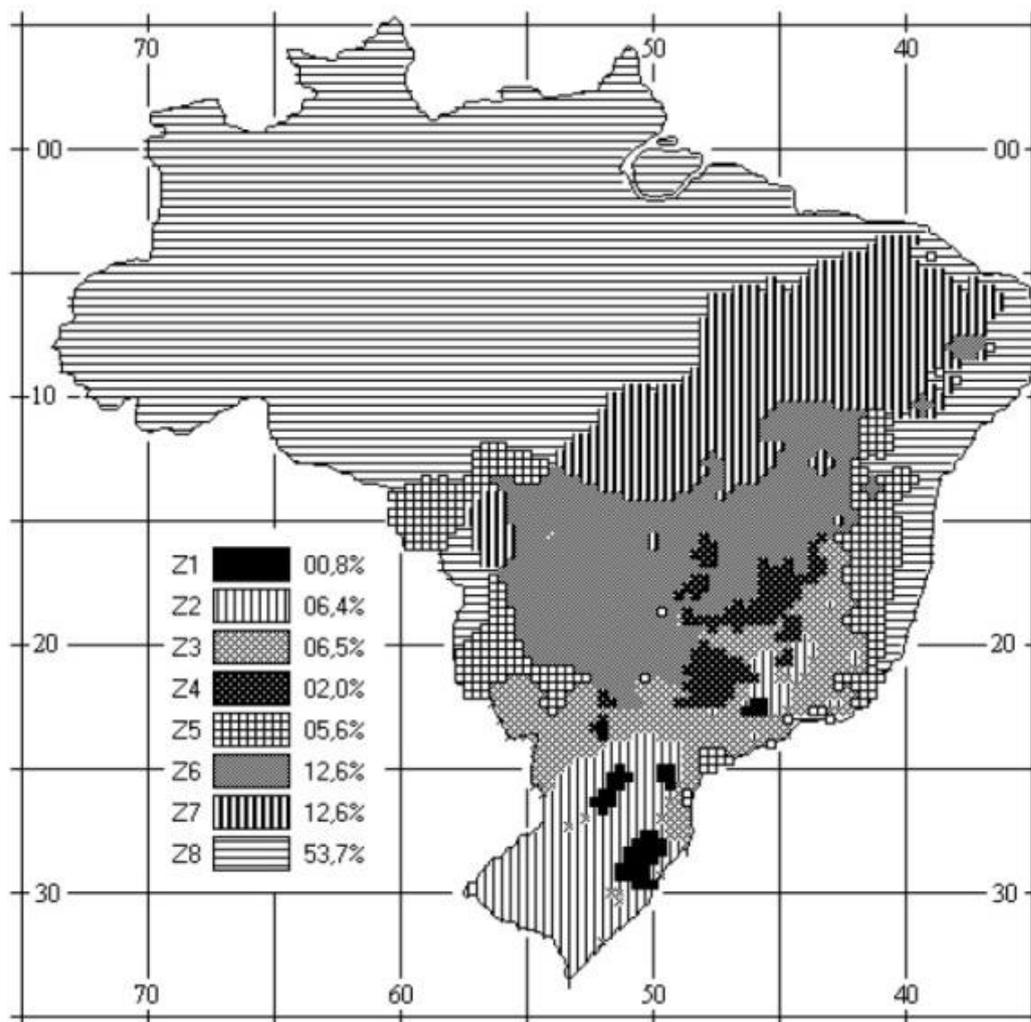
2.2.4 Desempenho térmico

A partir do estudo da NBR 15220: 2005 (Desempenho térmico de edificações), ainda utilizando suas unidades e simbologia, a NBR 15575-4: 2013 apresenta os requisitos e critérios, onde classificam como mínimo, para desempenho de uma edificação habitacional. Neste item, trata-se de uma simplificação da primeira parte desta mesma norma, que, em caso de não atendimento dos requisitos por um edifício, é necessário aplicar o procedimento completo descrito na NBR 15575-1: 2013 (ABNT, 2013).

São dois os principais requisitos abordados no desempenho térmico de sistema de vedações verticais externas: as adequações de paredes externas, tratando da transmitância térmica e da capacidade térmica das paredes externas; e as aberturas para ventilação, obtendo as ventilações de ambientes com longa permanência.

Para ter o desempenho nesses dois requisitos, tomam-se como base as divisões de zoneamento bioclimático disponível na NBR 15220: 2005, conforme ilustrado na figura 5. Com os dados obtidos nesse mapa, são realizados os cálculos de transmitância térmica e capacidade térmica das paredes externas e comparados com as tabelas 3 e 4 a seguir, disponível na NBR 15575-4: 2013.

Figura 5 - Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: NBR 15220-3 (2005).

De acordo com o quadro 8, é possível identificar a transmitância térmica (U) máxima das paredes externas que, segundo a NBR 15575-4: 2013, trata-se da transmissão do calor em unidade de tempo por uma área unitária de um componente construtivo.

Quadro 8 - Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância Térmica - U ($W/m^2.K$)		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

Onde:
 U - Transmitância térmica.
 α^a - Absortância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

Já com o quadro 9, os valores são da capacidade térmica (CT) mínima que as paredes externas deverão ser capazes de desempenhar, isto é, conceitua-se como sendo a quantidade de calor que influenciará na variação de temperatura de um sistema (ABNT, 2013).

Quadro 9 - Capacidade térmica de paredes externas

Capacidade Térmica - CT kJ/m ² .K	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zona 8
≥ 130	Sem requisito

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

Com esses dados e os cálculos apresentados na NBR 15220: 2005, é possível verificar o desempenho mínimo. Para a NBR 15575-4: 2013, os materiais que apresentam isolantes térmicos de condutividade menor ou igual a 0,065 W/(m.K) e resistência superior a 0,5 (m².K)/W, deve se desprezar no cálculo da capacidade térmica os materiais voltados para o ambiente externo.

Os projetos devem prever ventilações mínimas nas fachadas para os dormitórios e salas, pois se trata de setores considerados na edificação de longa permanência. Na falta de legislação local, a obra deve atender aos critérios considerados mínimos, sendo que, também, deve ser baseado no zoneamento bioclimático demonstrado anteriormente na figura 5 e, depois de calculado através da área de piso, comparado com o quadro 10, apresentado na sequência.

Quadro 10 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar

Nível de desempenho	Aberturas para ventilação - A	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	A ≥ 7% da área de piso	A ≥ 12% da área de piso – Região norte do Brasil A ≥ 8% da área de piso – Região nordeste e sudeste do Brasil
Nota: Nas zonas de 1 a 6, as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.		
Legenda: A - Aberturas para ventilação		

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

Para o atendimento desse requisito, o projetista deverá indicar a esquadria mais adequada para cada caso, podendo variar a tipologia da janela escolhida ou variando o tipo de linha de esquadria a ser utilizada. Nas zonas de 1 a 6, delimitadas na figura 5, deverá prever a

estanqueidade do ar para os períodos de frio, podendo utilizar janelas com folhas intercaladas de venezianas com ventilação e vidro, ou, em alguns casos, brises móveis, com funcionamento de abre e fecha, demonstrado na figura 6. Já nas demais zonas, poderá ser indicado ventilações permanentes.

Figura 6 - Esquadria com ventilação



Fonte: Sasazaki (2016).

2.2.5 Desempenho acústico

O isolamento acústico tem sido um dos itens mais comentados na indústria da construção, uma vez que a NBR 15575: 2013 se torna cada dia mais pertinente quanto à qualidade e desempenho de uma edificação. Desta forma, as incorporadoras, construtoras e fornecedoras de insumos devem encontrar maneiras de proporcionar conforto ao cliente comprador do imóvel, seja através de produtos ou métodos construtivos, mas que possam sanar a preocupação com os ruídos advindos do meio externo e aqueles transmitidos através do impacto, principalmente entrepisos e coberturas, fator esse indutor de muitas discussões entre vizinhos de apartamentos (CBIC, 2013).

Com essa importância, a NBR 15575-4:2013 apresenta requisitos para confirmação do isolamento acústico mínimo entre os ambientes internos e externos. Para isso, indica testes divididos em ensaios de laboratório ou de campo.

Essa parte da norma tem como principal referência as ISO 10140-2:2010 (*Acoustique - Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction- Partie 2: Mesurage de l'isolation au bruit aérien*), para os métodos de ensaios realizados em laboratório; ISO 140-5: 1998 (*Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades*); ISO 140-4: 1998 (*Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms*), com ênfase nos métodos de engenharia realizados em campo; e a ISO 10052: 2004 (*Acoustics - Field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound - Survey method*), em métodos de engenharia realizados em campo simplificado. Sendo assim, os métodos variam de acordo com o sistema de vedação. Para o Sistema de Vedação Externa (SVVE), utiliza-se a ISO 140-5, enquanto o SVVI (Sistema de Vedação Interna) tem como base a ISO 140-4.

Quanto às esquadrias, o isolamento acústico, também, faz-se imprescindível para o conforto e comodidade do usuário. Uma janela ou porta executada com materiais de baixa qualidade ou mão de obra desqualificada pode gerar danos ao proprietário da edificação, deixando de exercer corretamente sua função.

Os parâmetros adotados constam no quadro 11, conforme discriminado na NBR 15575-4: 2013.

Quadro 11 - Parâmetros acústicos de verificação

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
R_W	Índice de redução sonora ponderado	ISO 10140-2 ISO 717-1	Componentes, em laboratório
$D_{nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada	ISO 140-4 ISO 717-1	Vedações verticais e horizontais internas, em edificações (paredes etc.)
$D_{2m,nTw}$	Diferença padronizada de nível ponderada a 2m de distância da fachada	ISO 140-5 ISO 717-1	Fachadas, em edificações Fachadas e coberturas em casas térreas e sobrados

Nota – Como as normas ISO referenciadas não possuem versão em português, foram mantidos os símbolos nelas consignados com os seguintes significados:
 R_W – índice de redução sonora ponderado (*weighted sound reduction index*).
 $D_{nT,w}$ – diferença padronizada de nível ponderada (*weighted standardized level difference*).
 $D_{2m,nTw}$ – diferença padronizada de nível ponderada a 2 m (*weighted standardized level difference at 2m*).

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

Em CBIC (2013, p. 156), é dito que:

A norma NBR 15575 não fixa critérios de conforto acústico, como por exemplo, “a máxima intensidade sonora admitida para o repouso noturno”, o que é tratado na norma NBR 10152 – “Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações”. Também não compreende a forma de quantificar níveis de ruído externos à edificação, assunto pertinente à norma NBR 10151 – “Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações”.

Ressalta-se que, para os ensaios citados acima, a NBR 15575-4: 2013 expõe e classifica o desempenho em três níveis, quais sejam: mínimo, intermediário e superior. A classificação é dada a partir do nível de alcance para cada ensaio e critério solicitado.

Para tanto, o método de avaliação descrito no quadro 12 classifica quanto ao nível de desempenho da vedação externa.

Quadro 12 - Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nTw}$ para ensaios de campo

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nTw}$ dB	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas à situação de ruído não enquadráveis nas classes I e III.	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transportes e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação.	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

Legenda:
 $D_{nT,w}$ - Diferença padronizada de nível ponderada (weighted standardized level difference).
 $D_{2m,nTw}$ - Diferença padronizada de nível ponderada a 2 m (weighted standardized level difference at 2m).
M - Desempenho mínimo.
I - Desempenho intermediário.
S - Desempenho superior.

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

O quadro 13, ainda, classifica quanto ao nível de desempenho da vedação entre ambientes.

Quadro 13 - Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$ para ensaios de campo

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥ 55	S
Parede cega de dormitório entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias nos pavimentos.	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias dos pavimentos.	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
<p>Legenda:</p> <p>$D_{2m,nT,w}$ - Diferença padronizada de nível ponderada a 2 m (weighted standardized level difference at 2m).</p> <p>M - Desempenho mínimo.</p> <p>I - Desempenho intermediário.</p> <p>S - Desempenho superior.</p>		

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

O quadro 14 classifica quanto ao nível de desempenho para medição em laboratório, sendo este para componentes de fachadas. Para tanto, ressalta Alcoa (2016, p.1) que:

Quando se fala em fachadas, considera-se a composição de alvenaria, acabamentos e esquadrias juntos. A norma não estabelece nenhum requisito acústico para a alvenaria ou esquadria, ou para qualquer de seus componentes separadamente, apenas para o conjunto. Assim, o resultado que se busca é uma composição do isolamento de todos estes elementos, que pode ser obtido para fim de projeto, por cálculo ou simulações computacionais, ponderando o isolamento de cada elemento pela área em que será aplicada.

Quadro 14 - Índice de redução sonora ponderado, R_w , de fachadas

Classe de ruído	Localização da habitação	R_w dB	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas à situação de ruído não enquadráveis nas classes I e III.	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transportes e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação.	≥ 35	M
		≥ 40	I
		≥ 45	S

Nota - Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ($D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$), tipicamente, são inferiores aos obtidos em laboratório (R_w). A diferença entre resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 15712 e EM 12354).
 A R_w com valores aproximados.
 R_w - Índice de redução sonora ponderado (weighted sound reduction index).
 M - Desempenho mínimo.
 I - Desempenho intermediário.
 S - Desempenho superior.

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

Associando-se a classificação de desempenho para medição em laboratório, o quadro 15 indica os componentes de edificação.

Quadro 15 - Índice de redução sonora ponderado, R_w , de componentes construtivos utilizados nas vedações entre ambientes

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede cega de dormitório entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias nos pavimentos.	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias dos pavimentos.	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 45	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns	50 a 54	M

de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	55 a 59	I
	≥ 60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall.	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
<p>Nota – Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ($D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$), tipicamente, são inferiores aos obtidos em laboratório (R_w). A diferença entre resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ISO 15712 e EN 12354).</p> <p>A R_w com valores aproximados.</p> <p>R_w - Índice de redução sonora ponderado (weighted sound reduction index).</p> <p>M - Desempenho mínimo.</p> <p>I - Desempenho intermediário.</p> <p>S - Desempenho superior.</p>		

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2013).

A NBR 15575: 2013 ressalta que os testes realizados em campo deverão ser feitos com as aberturas (janelas e portas) fechadas.

2.2.6 Durabilidade e manutenibilidade

Nestes critérios, a durabilidade é definida por CBIC (2013, p.32) da seguinte forma:

Capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções ao longo do tempo, sob condições de uso e manutenção especificadas no Manual de Uso, Operação e Manutenção.

E manutenibilidade é exposta como:

Grau de facilidade de um sistema, elemento ou componente de ser mantido ou recolocado no estado no qual possa executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas, procedimentos e meios prescritos. (CBIC, 2013, p.33).

Nesse sentido, a NBR 15575-4: 2013 expõe quanto à durabilidade de uma edificação residencial que, para atender aos critérios mínimos de desempenho, devem ser limitadas as patologias que poderão ocorrer no SVVE durante sua vida útil em função da exposição ao calor e resfriamento.

Através de ensaios realizados em laboratório, o SVVE é testado quanto à sua durabilidade para o choque térmico na edificação. A simulação é realizada através de

sucessivas exposições ao calor e, logo após, o resfriamento, sendo possível medir seu deslocamento horizontal, onde o resultado não poderá ser maior que sua altura dividida por 300. Ainda não poderão ocorrer falhas como fissuras, destacamento, empolamento, descoloramento e danos visíveis que possam danificar o SVVE (ABNT, 2013).

Principalmente para o requisito em questão, os deveres não cabem apenas à construtora e/ou incorporadora, como também aos consumidores do imóvel que devem se atentar a todas as manutenções preventivas apresentadas no manual de uso fornecido pela incorporadora e/ou construtora, previsto no item 14.3 da citada norma de desempenho, garantindo sua vida útil. Assim, cabe ao responsável pela construção, a obrigação de fornecer esse manual de acordo com a NBR 14037: 2014 (Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos).

Além disso, a norma de desempenho estabelece que a gestão dos procedimentos de manutenção deva seguir a NBR 5674: 2012 (Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção) que, conforme CBIC (2013), tem por objetivo a preservação dos sistemas em sua característica original, evitando, com as manutenções adequadas, a degradação do material. Ainda, afirma-se que:

Ao contrário da NBR 15575, que não se aplica a obras em construção, edificações pré-existentes etc, a NBR 5674 prevê que “edificações existentes antes da vigência da norma devem adequar ou criar seus programas de manutenção atendendo às prescrições nela registradas.” (CBIC, 2013, p. 217).

Sendo assim, a NBR 15575-4: 2013 exige que, para estar apto à utilização, o SVVIE deve atender a todos os critérios mínimos estabelecidos.

2.3 VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA

Uma edificação é composta por um conjunto de vários sistemas, identificados pelo sistema estrutural, as instalações e o sistema de vedação externa. Para Ching et al. (2010), o sistema estrutural é projetado e executado com o fim de sustentar todas as cargas aplicadas à edificação, transferindo-as ao solo sem que ultrapasse seu esforço admissível.

Ainda para o autor supracitado, o sistema de instalações é integrado por vários outros subsistemas, dentre os quais, o hidráulico, de esgoto, elétrico, de calefação e refrigeração, preventivo contra incêndio, entre outros que são opcionais à edificação.

Já o sistema de vedação externa, doravante designado como SVVE, objeto de estudo deste trabalho, Ching et al. (2010) trata como sendo os elementos ou um conjunto deles, necessários para o fechamento de uma edificação, sendo a cobertura, paredes, porta e janelas externas.

2.3.1 Esquadrias

Esquadrias são elementos cuja função é fechar as aberturas de uma edificação projetada para acessar ambientes, proporcionar luminosidade e ventilação ao interior da edificação, entre outras finalidades. Giannella (2015) se refere às esquadrias como sendo partes da construção destinadas à locomoção dentro de um imóvel, estando o termo esquadria ligado aos locais onde serão construídos, com o fim de possibilitar os acessos. Caracterizadas, em sua maioria, por portas e janelas, as esquadrias devem garantir proteção contra água, vento, luminosidade ou o acesso de intrusos e, ultimamente, com o grande avanço em tecnologias, estão tomando o lugar da decoração em fachadas, deixando a edificação mais sofisticada.

Além disso, o sistema de esquadrias deve ser executado seguindo as especificações técnicas, bem como seus projetos em compatibilidade com o arquitetônico da edificação, visando atender todos os requisitos primordiais, tais como as dimensões, formas, cores, texturas e desempenho. Para tanto, sobre as condições principais de desempenho, elucidada Zulian (2002, p.3):

- a) estanqueidade ao ar: características dos sistemas que devem proteger os ambientes interiores da edificação das infiltrações de ar que possam causar prejuízo ao conforto do usuário e/ ou gastos adicionais de energia a climatização do ambiente, tanto no calor como no frio;
- b) estanqueidade à água: característica dos sistemas em proteger o ambiente interior da edificação das infiltrações de água provenientes de chuvas, acompanhadas ou não de ventos;
- c) resistência a cargas uniformemente distribuídas: característica dos sistemas em suportar pressões de vento estabelecidas nas normas técnicas e que têm de ser compatibilizadas pelo projetista, segundo o seu local de uso;
- d) resistência à operação de manuseio: característica do sistema em suportar os esforços provenientes de operações e manuseio prescrita nas normas;
- e) comportamento acústico: característica das janelas em atenuar, quando fechadas, os sons provenientes de ambientes externos, compatibilizado com as condições de uso e as normas técnicas.

Sobre os níveis de desempenho das esquadrias, e de acordo com a referência citada, determina a NBR 10821-2: 2011 (Esquadrias externas para edificações parte 2 – Requisitos e classificação) que para atender o desempenho mínimo devem obter:

- a) permeabilidade ao ar: quando as esquadrias, através de ensaio estabelecido por norma, sejam permeáveis ao ar que passa por elas com uma pressão de 50 Pa;
- b) estanqueidade à água: as esquadrias não podem provocar escoamento de água pelas paredes ou por componentes sobre as quais estejam fixadas quando submetidas a uma vazão mínima de água de 2 L/min por bico e às pressões de ensaio correspondentes às regiões do Brasil onde são utilizadas;
- c) resistência às cargas uniformemente distribuídas: as peças devem se manter em estado de conservação, sem qualquer tipo de deformidade quando submetidas a cargas provenientes da ação dos ventos; e
- d) resistência às operações de manuseio: as esquadrias devem resistir aos ensaios propostos pela NBR 10821: 2011 sem que haja nenhum tipo de deformidade.

E, atualmente, quanto à atenuação acústica, a ABNT está coletando dados e aprimorando estudos para adequar a NBR 10821: 2011 neste requisito. Portanto, trata-se de um desempenho que auxilia no conforto do usuário, visto pela NBR 15575: 2013 como o conjunto de vedação vertical.

2.3.1.1 Formas de abertura e materiais disponíveis para a fabricação de esquadrias

Com uma diversidade de materiais, há possibilidades de ajustar as esquadrias conforme solicitado pelo cliente, visando sempre sua satisfação e conforto. A flexibilidade em geometrias e cores personalizadas faz com que a arquitetura da edificação se torne exclusiva. Para tanto, em concordância com Rodrigues (2015), as esquadrias podem ser classificadas quanto à sua forma de abertura em (Quadro 16):

Quadro 16 - Classificação das esquadrias quanto à sua forma de abertura

Tipo	Descrição	Ilustração
De abrir	Por meio de dobradiças, gira, proporcionando abertura integral do vão.	
Pivotante	O vão é aberto através de um pivô central.	

De correr	As esquadrias “correm” no sentido lateral, de acordo com a superfície em que é instalada, podendo ser apoiadas ou suspensas em trilhos com auxílio de acessórios.	
Basculante	São caracterizadas pela abertura parcial devido à presença de pivôs na lateral que possibilitam a projeção interna ou externa ao ambiente.	
Guilhotina	Sua abertura se dá pelo deslizamento vertical de uma folha sobre outra.	
Fixa	Não abrem, possuindo apenas funções estéticas ou de iluminação.	
Maxim-ar	Translação em torno de um eixo horizontal, podendo ser para dentro ou fora da edificação a sua projeção. Pode ter sua abertura regulada, por possuir uma corredeira em suas laterais.	
Camarão	Conhecidas, também, como sanfonas, são caracterizadas pela presença de mais folhas, as quais permitem a dobra e corrida, pode abrir quase 100% do vão.	
Oscilobatente	Possibilita dupla abertura (abrir e tombar) e permite, então, ventilação total ou limitada.	

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2015).

Para Giannella (2015), quanto ao material para a fabricação das esquadrias, existem diversos disponíveis no mercado, dentre eles:

a) esquadrias de PVC (Policloreto de Vinila): têm grande aceitação no mercado brasileiro por possuírem maior versatilidade na necessidade do usuário e acabamento do produto, sem necessitar de manutenção, pois o material possui grande resistência e durabilidade. Além disso, o PVC rígido é auto-extinguível, isto é, não propaga chamas, o que faz tornar seu uso mais seguro;

b) esquadrias de madeira: a madeira é bastante comum na fabricação de esquadrias, identificadas pela flexibilidade quanto ao seu acabamento, porém as peças de aberturas montadas com esse tipo de material podem sofrer com a ação de pragas e com as variações climáticas, podendo, assim, danificar a peça e causar rachaduras, empenamentos, apodrecimento do material, entre outras deformidades;

c) esquadrias de ferro: para a fabricação de esquadrias, o ferro, também, é citado como um tipo de material disponível. Apesar do baixo custo, o ferro tem sido cada vez menos utilizado na fabricação dessas peças, por se tratar de um material oxidante e com pouca durabilidade. Por esse motivo, tendem a necessitar de manutenção periódica, tornando sua aplicação inviável;

d) esquadrias de vidro: outra possibilidade bastante utilizada na indústria da construção civil para a vedação de aberturas como portas e janelas são as esquadrias de vidro, geralmente temperados, fixados à edificação por pequenas cantoneiras laterais. Essas esquadrias proporcionam, além de maior visibilidade e transparência, uma beleza diferenciada, tornando a edificação com um visual mais sofisticado e contemporâneo;

e) esquadrias de alumínio: este material tem sido bastante empregado no sistema de esquadrias pelo seu ótimo desempenho na vedação, aliado à beleza propiciada às edificações onde são instaladas. Com inúmeras qualidades, as peças de vedação montadas com o alumínio têm grande aceitação no mercado brasileiro, empregando-as na maioria das edificações.

Sabe-se que a escolha do tipo de esquadria, da qualidade do produto e da mão de obra podem gerar danos à edificação e prejudicar o conforto dos usuários, uma vez que, quando mal executado, o sistema passa a não atender aos requisitos mínimos exigíveis, não desempenhando suas principais funções e trazendo problemas a quem usufruir do imóvel.

Desta forma, será abordado, a seguir, as janelas de vidro temperado e de alumínio, objetos desta pesquisa.

2.3.1.2 Janelas de vidro temperado

Janelas de vidro temperado, como ilustra a figura 7, são comumente usadas em fachadas de residências, edifícios habitacionais e comerciais, devido ao seu desempenho.

Além da beleza e comodidade, esse tipo de janela fornece maior durabilidade, resistência, facilidade de limpeza, segurança, entre outros fatores (GOLDEN, 2016).

Em termos de arquitetura, as janelas de vidro temperado possibilitam um visual mais requintado, possibilitando uma melhor transparência e visibilidade, aliados à combinação perfeita com os mais variados tipos de edificações.

Ainda assim, essas peças têm maior resistência à flexão, uma vez que, ao passar pelo seu tratamento térmico, são aquecidos gradativamente até atingir 700°C, resfriando-o repentinamente em seguida, aumentando sua resistência mecânica em cinco vezes quando comparado ao vidro comum, sendo este entendido como àquele que não passa por processo de têmpera (DIVINAL, 2016).

Nesse processo, são modificadas algumas propriedades do vidro, dentre elas um fato que muito auxilia, principalmente, a quem trabalha diariamente com este material. Após todo o processo térmico, os vidros temperados passam a estilhaçar e não mais quebrar em pedaços grandes e pontiagudos como poderia ocorrer em casos de incidentes antes da têmpera. Essa propriedade auxilia, imprescindivelmente, na segurança dos usuários, uma vez que em casos de o vidro temperado quebrar, as chances de acontecer um acidente com graves lesões seriam menores (VETRO, 2016).

Quanto à facilidade de limpeza, pode-se dizer que este sistema é prático e ajuda muito nesses casos, graças à sua confecção em peças monolíticas sem o uso de caixilhos, como nas demais esquadrias.

Porém, como todo material, o vidro temperado tem suas desvantagens que não podem deixar de ser levados em consideração. Apesar de uma infinidade de utilizações, esse produto não pode ser cortado ou furado após seu processo de têmpera, pois quaisquer alterações feitas na peça pode causar seu estilhaçamento, ou seja, nesse tipo de vidro, a colocação de hastes ou parafusos e até mesmo o polimento ou lapidação de suas bordas deve ser feito antes do processo térmico, pois qualquer ato brusco em sua superfície pode resultar na fragmentação completa da peça (GUARDIAN, 2010).

Figura 7 - Fachada de edifício executada com janelas de vidro temperado



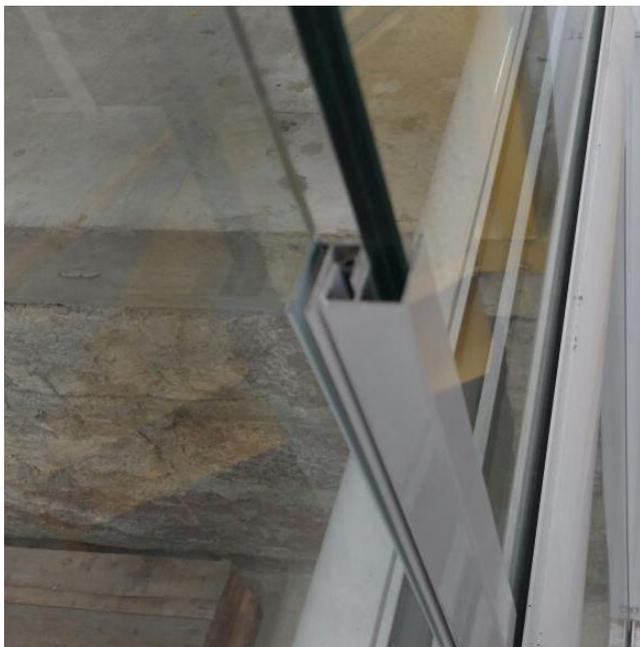
Fonte: Acervo Vipel Indústria e Comércio Ltda (2016, adaptado).

Ao optar por esse tipo de vedação externa, o construtor deve, assim como em outros sistemas, requerer produtos homologados pelo ITEC (Instituto de Tecnologia da Construção Brasileira) e Falcão Bauer, com a garantia de qualidade, pois devido a grande concorrência entre os fabricantes, encontram-se no mercado atual fornecedores sem esses pré-requisitos. Ainda, por se tratar de um produto frágil em comparação com os demais sistemas, o consumidor deve atender todas as exigências de manutenção solicitadas no manual de uso fornecido pela incorporadora e/ou construtora que, conforme já citado, é exigido pela NBR 15575-4: 2013.

Além da escolha de um bom material, o modo de instalação faz a diferença na obtenção do produto final. Assim, o responsável pela execução desse sistema deve estar sempre atualizado com os produtos lançados pelos fornecedores, visando o melhor desempenho desse produto, como, por exemplo, a utilização de “mão de amigo” (Figura 8) entre as folhas do vidro temperado. Esse sistema, empregado normalmente com perfil de

alumínio, garante a união entre as folhas da janela. Deste modo, com a incidência de vento e chuva, a esquadria de vidro temperado terá maior resistência quanto à deformação de suas folhas e a vedação necessária (ALUMP, 2016).

Figura 8 - Mão de amigo



Fonte: Acervo dos autores (2016).

Além disso, esse tipo de esquadria necessita de fixadores com resistência adequada, uma vez que, por ser constituída na sua maior área em vidro, o perfil, muitas vezes, não é considerado pelo construtor como parte imprescindível do sistema, pois visando diminuir o preço, acabam inferiorizando a qualidade da matéria-prima e espessura do material, prejudicando todo sistema de vedação vertical externa e facilitando a instalação de manifestações patológicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO - ABAL, 2009).

Os acessórios, também, devem ser levados em consideração na escolha das esquadrias de vidro temperado, porque permitirão o funcionamento conforme projetado. Roldanas para portas e janelas de correr, dobradiças para janelas e portas de abrir, pivôs e outros materiais importantes devem ser escolhidos minuciosamente para que se adquiram corretamente produtos segundo a necessidade e o local de uso (AFEAL, 2010).

Atualmente, encontram-se no mercado da construção civil vários tipos de vidros distintos por sua coloração, reflexão, espessura, proteção solar, entre outras características. De acordo com Duarte (2016), nos novos projetos arquitetônicos vêm sendo utilizadas áreas com fechamento em vidros, janelas e portas com vãos maiores que os habituais no Brasil, atributo influenciado pela arquitetura europeia que, além de ser um grande desafio para a estrutura

com esse material, deve-se levar em consideração o tipo de vidro a ser usado, visto que o clima frio na Europa faz com que se deseje, durante o dia, a penetração de calor no ambiente, e que durante a noite, o calor se mantenha por maior tempo, diferente dos países tropicais, como o Brasil, onde a intenção é a não passagem do calor para o ambiente interno, e que no período da noite o calor adquirido seja liberado com maior facilidade.

Com isso, os projetos devem apresentar a especificação completa dos vidros a serem utilizados, não somente a cor do material ou se é temperado. Para isso, os fornecedores dos vidros disponibilizam informações, conforme quadro 17 e figura 9.

Quadro 17 - Informações dos vidros

Linha	Cor	Espessuras	Dimensão
Habitat neutro	Incolor/Verde/Azul	4 mm, 6 mm, 8 mm e 10 mm	3,21 x 2,20 m 3,21 x 2,40 m
Habitat refletivo	Champanhe/Verde/Cinza	4 mm, 6 mm, 8 mm e 10 mm	3,21 x 2,20 m 3,21 x 2,40 m

Fonte: Adaptado de Cebrace (2016).

As informações de dimensão, no quadro exposto acima, são do fornecimento de chapas de vidros. Assim, deve-se consultar ao beneficiador os tamanhos máximos de produção e, em caso de vidro temperado, seguir a norma NBR 14698: 2001 (Vidro temperado), onde estão estabelecidas todas as dimensões máximas de vidros por espessuras.

Figura 9 - Informações técnicas de vidro

	Vidro Refletivo*				*Dados para vidro de 4 mm	Vidro Neutro*				*Dados para vidro de 4 mm
	Habitat			Vidro comum		Habitat			Vidro comum	
	Cinza	Verde	Champanhe	Incolor		Verde	Azul	Incolor	Incolor	
Proteção de Calor	71%	59%	49%	15%		56%	44%	31%	15%	
Proteção UV	✓ ⁺	✓ ⁺	✓ ⁺	✗		✓ ⁺	✓	✓	✗	
Economia	✓ ⁺	✓ ⁺	✓ ⁺	✗		✓ ⁺	✓ ⁺	✓	✗	
Design Diferenciado	✓	✓	✓	✗		✓ ⁺	✓	✓	✗	

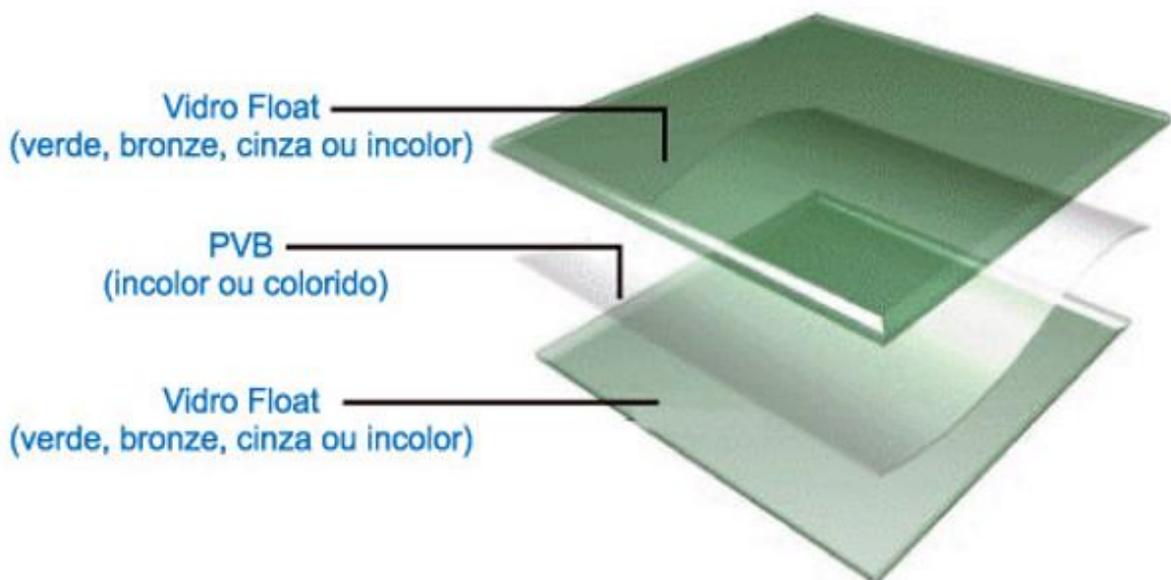
* Os três produtos dessa linha possuem uma transmissão luminosa semelhante.

Fonte: Cebrace (2016, adaptado).

Com essas variedades de cores e tipos de vidros disponíveis, as janelas de vidro temperado possuem grande vantagem na luminosidade do ambiente, já que os perfis ocupam uma parte muito pequena na área total das esquadrias. Por outro lado, são limitadas quanto às suas tipologias em comparação com as janelas de alumínio, levando, muitas vezes, a técnicas de montagem não previstas em projeto.

Para Voitille (2012), essas esquadrias são trabalhadas com vidro monolítico, ou seja, vidros com a composição simples, geralmente com espessuras de 8 mm e 10 mm, sendo esse um fator negativo para a acústica do ambiente, uma vez comparado com vidros laminados, onde se trabalha com composição combinada entre dois ou mais vidros unidos por uma ou mais camadas de PVB (polivinil butiral), conforme mostra a figura 10.

Figura 10 - Vidro laminado com PVB



Fonte: Anavidro (2013).

2.3.1.3 Janelas de alumínio

Há disponíveis no mercado brasileiro dois tipos de esquadrias de alumínio: as especiais e as padronizadas. As especiais são aquelas feitas sob medidas de um projeto, assim, é contratada uma empresa para a fabricação e instalação das peças. Já as padronizadas são projetadas e produzidas em grande escala para determinados padrões de edificações, disponibilizando-as em um catálogo para a comercialização em materiais de construções ou em lojas do ramo (AFEAL, 2016).

As janelas de alumínio, conforme figura 11, são conhecidas pela sua longevidade em função da sua grande resistência à corrosão. Isto somente é possível pelo fato de que essas peças passam por um processo de anodização ou pintura em sua superfície. Essas janelas têm ótimo desempenho nas regiões litorâneas onde há frequente incidência de maresia (MALDONADO, 2016).

Figura 11 - Fachada de edifício executada com janelas de alumínio



Fonte: Acervo Alump – Alumínio MP Ltda (2016).

Com o processo de anodização, o alumínio se torna mais resistente à corrosão, aumentando, assim, a durabilidade e qualidade do sistema de esquadrias. Objetiva-se, também, à arquitetura, uma vez que pode ser escolhida sua coloração, sendo as cores foscas as mais comuns, quais sejam bronze, variando de um tom mais claro ao mais escuro, preto ou champanhe.

Para NBR 12609: 2012 (Alumínio e suas ligas — Tratamento de superfície — Anodização para fins arquitetônico — Requisitos), esse processo, esquematizado na figura 12, é obtido através das etapas de tratamento mecânico, quando o alumínio não apresenta características defeituosas, desengraxa, fosqueamento, neutralização, anodização, coloração,

quando for solicitado uma anodização colorida, e selagem. Ainda, esta norma requisita que ao final de cada processo citado, é necessário a lavagem da peça.

Figura 12 - Processos de anodização



* Processos não-obrigatórios

Fonte: Elaboração dos autores (2016).

A camada anódica deve obedecer à espessura indicada na NBR 12609: 2012, sendo adequada conforme sua região, como demonstrado no quadro 18. As demais normas regentes desse processo são NBR 9243: 2012 (Alumínio e suas ligas — Tratamento de superfície — Determinação da selagem de camadas anódicas — Método da perda de massa), NBR 12610: 2010 (Alumínio e suas ligas — Tratamento de superfície — Determinação da espessura de camadas não condutoras — Método de correntes parasitas (*Eddy current*)), NBR 12612: 2008 (Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Camada anódica colorida - Determinação da resistência ao intemperismo acelerado) e NBR 12613: 2006 (Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Determinação da selagem de camadas anódicas - Método de absorção de corantes).

Quadro 18 - Classe de espessuras das camadas anódicas para as aplicações exteriores e interiores

Classe	Espessuras de camadas	Nível de agressividade	Ambiente típico
A13	11 a 15	Baixa/Média	Urbano/Rural
A18	16 a 20	Alta	Litorâneo*
A23	21 a 25	Excessiva	Industrial/ Marítimo

Notas:

- a) Os números 13, 18 e 23 que sucedem a letra “A” identificam o valor médio da camada, em micrômetros;
- b) *Ambiente marítimo abrange somente os prédios frontais ao mar e sujeitos à névoa salina. Áreas marítimas mais internas são consideradas litorâneas.

Fonte: Adaptado da NBR 12609 (2012).

Já para a pintura eletrostática a pó, o alumínio passa por processos de pré-tratamento, pintura eletrostática, polimerização e controle de qualidade. Nessa aplicação, a variedade de cores são maiores que anodização, ampliando, então, suas características arquitetônicas. Para obter a qualidade desejada, são utilizadas máquinas específicas, distinguindo-se da anodização pela diferença de potencial entre as partículas pulverizadas da tinta com o objeto a ser pintado. Também, são aplicadas à pintura manual, porém não é possível garantir uma cobertura uniforme.

Além do custo acessível, as janelas de alumínio são flexíveis quanto à sua customização, podendo tomar várias formas e estilos, dependendo do projeto, da necessidade e gosto do proprietário da obra. É possível ajustar a cor dessas esquadrias durante o processo de fabricação de acordo com o que foi projetado, dando harmonia à edificação.

Sobre as vantagens das esquadrias de alumínio, cita a AFEAL (2016, p.1):

As esquadrias de alumínio representam cerca de 20% do volume total de caixilhos produzidos no país. Nas últimas três décadas, as esquadrias de alumínio vêm conquistando o mercado nacional, desde os especificadores até o consumidor final. Entre os quatro materiais – aço, alumínio, PVC e madeira -, os caixilhos de alumínio são os que apresentam melhores índices de crescimento. Isto se deve, em primeiro lugar, às características do material: o alumínio é leve, estrutural e de baixa manutenção. As esquadrias fabricadas com alumínio são esteticamente bonitas, possibilitam ampla variedade de cores e tons em pintura eletrostática a pó ou anodização, harmonizando-se com a decoração de interiores.

Por outro lado, as esquadrias fabricadas em alumínio não são bons isolantes termoacústico, isso porque os interiores dos perfis que as compõem são providos de espaços vazios que auxiliam para essa desvantagem. No entanto, buscando sempre a excelência e versatilidade no uso dos materiais para a construção civil e o conforto dos usuários, o problema tem sido resolvido com a implantação de materiais isolantes entre os painéis, fazendo com que não haja troca de temperaturas entre o meio externo e o interno.

Também, para resolver esse problema, o mercado disponibiliza uma grande diversidade de linhas de esquadrias, onde são modificadas as dimensões dos perfis, aumentando sua espessura. Assim, além de ganhar mais massa, é possível dimensionar vidros com maior espessura, melhorando as condições de isolamento do ambiente.

Além disso, visando atender aos requisitos quanto à acústica, esforço mecânico e estanqueidade a água e ar, AFEAL (2016, p.1) destaca que:

a) As esquadrias devem ser fabricadas com perfis adequados e bem estruturados, para que ofereçam resistência mecânica, conforme a norma que garante a segurança do usuário;

- b) A aba interna do perfil inferior deve ser mais alta do que os trilhos, o que impede o embarrigamento do perfil e evita que o acúmulo de água da chuva transborde para o interior do ambiente;
- c) Os rasgos de saída de água devem ter tamanho adequado e posicionamento ideal, o que proporciona um rápido escoamento de água acumulada entre o trilho e a aba interna;
- d) Os cantos do quadro devem ter juntas de material flexível, o que previne a infiltração de água acumulada;
- e) A existência de encaixes, entre os perfis do quadro e a folha, permite melhor contato, o que garante boa vedação e fixação;
- f) O perfeito encaixe do trilho no interior da folha garante a estabilidade da janela, mesmo sob condições de esforço;
- g) As folhas da janela de correr devem ter roldanas bem dimensionadas para suportar seu peso e fechos de qualidade, de forma a garantir durabilidade, boa movimentação e um perfeito fechamento;
- h) Esquadrias qualificadas são fabricadas com componentes de boa qualidade, tais como escovas, guarnições e caixa de dreno, entre outros, o que garantem boa vedação e desempenho;
- i) As venezianas devem ter o aspecto de um painel único e uniforme, com vedação lateral que impede a vibração, o ruído das palhetas e a passagem de luz entre os elementos;
- j) O vidro deve ser dimensionado adequadamente, o que contribui para a resistência estrutural da esquadria, em qualquer condição climática;
- k) A anodização quando fosca pode indicar uma boa camada protetora, o que lhe garantirá maior durabilidade;
- l) Ao contrário da esquadria anodizada, quando pintada, deve ser com pintura eletrostática que proporciona um brilho intenso e uniforme;
- m) A existência de ranhuras, nervuras e chumbadores (grapas) no perfil, suficientes em todo o perímetro externo, contribui para uma perfeita fixação da janela na alvenaria;
- n) A utilização de perfis e vidros adequados, associados ao emprego de elementos de vedação de boa qualidade, permite um bom isolamento acústico;
- o) A embalagem deve ser resistente e estruturada para garantir o bom esquadro da janela, desde a saída da fábrica até sua instalação, além de preservar os ajustes de fabricação. A embalagem somente deve ser retirada no final da obra, após a penúltima demão de pintura nas paredes.

Mesmo atendendo todos os requisitos acima, a NBR 10821-2: 2011 exige que o fornecedor de esquadrias informe as especificações técnicas, como catálogo, projetos e certificados. As peças, ainda, podem ser identificadas através de etiquetas, segundo figura 13.

Figura 13 - Modelo de etiqueta para identificação da classificação e do desempenho de esquadrias

Entendendo as informações da etiqueta

Nome do fabricante (Nome do fabricante)

CNPJ (CNPJ)

Modelo de esquadria (Modelo de esquadria)

Informar se: Mínimo (M), Intermediário (I) ou Superior (S) (Informar se: Mínimo (M), Intermediário (I) ou Superior (S))

Específico para esquadria de aço (Específico para esquadria de aço)

Informar a qual tipo de edificação se destina o produto (número de pavimentos e nível de ruído) (Informar a qual tipo de edificação se destina o produto (número de pavimentos e nível de ruído))

Informar: Cidade, Estado e Região (Informar: Cidade, Estado e Região)

Informar resultados obtidos nos ensaios (Informar resultados obtidos nos ensaios)

Fabricante:			
CNPJ:			
Produto:			
Dimensão - Altura x Largura:			
Espessura e Tipo do Vidro:			
CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA DO PRODUTO (ABNT NBR 10821)		Região do país	Quant. pavimentos
NÍVEL DE DESEMPENHO:			
RESISTÊNCIA À CORROSÃO:			
ISOLAÇÃO SONORA	Índice de redução sonora ponderado (R _w) - __dB		
Classificação	Classificação __ (vide selo)		
APLICAÇÃO:			
REGIÃO DE UTILIZAÇÃO: Demarcar a região do mapa			
			
RECOMENDAÇÕES			
Características técnicas de acordo com ABNT NBR 10821:			
Ensaio	Resultados		
Permeabilidade ao ar:	(Vazio obtida)		
Estanqueidade à água:	Mínimo __ Pa		
Pressão de vento para o ensaio de deformação:	Mínimo __ Pa		
Resistência às operações de manuseio:	(Atende)		

Fonte: AFEAL (2016, adaptado).

Essas etiquetas apresentam o nome ou logomarca do fabricante, o número da norma seguida, a pressão máxima da carga de vento que a esquadria resiste, bem como seu nível de desempenho, de acordo com o exposto pelos autores na seção 2.2 deste trabalho.

3 PATOLOGIAS EM VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA

Na construção civil, o termo “patologia” está ligado ao estudo dos danos causados às edificações. Ainda, as patologias são tratadas como falhas, ou defeitos que, durante a vida de uma edificação, prejudicam o real desempenho dos sistemas ou de qualquer parte constituinte (GONÇALVES, 2015).

Comumente, o termo “patologia” é empregado de forma errônea, confundindo-se, muitas vezes, com “manifestação patológica”. Patologia, como já conceituada, são as causas responsáveis pela manifestação patológica, sendo esta, por sua vez, a consequência das falhas no sistema (SILVA, 2011). Pode-se dizer, então, que manifestação patológica é a parte visível de uma patologia, caracterizada por fissuras, trincas, bolor, infiltrações, entre outras, conforme ilustra a figura 14.

Figura 14 - Exemplo de manifestação patológica



Fonte: Sabino (2014).

Para Pedro et al (2002, apud BARBALHO, 2013, p.16), as patologias na construção civil são classificadas como:

- a) Congênitas: são aquelas originárias da fase do projeto, em função da não observância das normas técnicas, ou de erros e omissões dos profissionais, que resultam em falhas no detalhamento e concepção inadequada dos revestimentos.

- b) Construtivas: sua origem está relacionada à fase de execução da obra, resultante do emprego de mão-de-obra despreparada, produtos não certificados e ausência de metodologia para assentamento das peças.
- c) Adquiridas: ocorrem durante a vida útil dos revestimentos, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio, ou decorrentes da ação humana.
- d) Acidentais: caracterizadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum.

No sistema de vedação vertical externa, mais precisamente na utilização de esquadrias de alumínio e vidro temperado em edificações, foco principal deste trabalho, é comum encontrar patologias causadas por diversos motivos, desde falhas na matéria-prima até a montagem e instalação das peças.

Rodvalho (2016) afirma que as anomalias nas esquadrias estão vinculadas às falhas construtivas associadas à deficiência de projeto, falta de especificações e detalhamento, utilização de produtos distintos ao projeto ou sem certificação, além da mão de obra desqualificada para o processo.

Desta maneira, as patologias e suas respectivas causas serão abordadas nas próximas seções.

3.1 QUANTO ÀS FALHAS NA MATÉRIA-PRIMA

As manifestações patológicas podem evidenciar, por motivos distintos, o surgimento de diversas patologias às esquadrias. Em certos casos, a incidência de anomalias nas esquadrias não está ligada apenas a falhas de projeto, construtivas, de montagem e instalação, ou na falta de manutenção, mas também podem ser indiciadas por um equívoco no processo de extração e tratamento da matéria-prima, neste caso, o alumínio e vidro, além de matérias-primas usadas na fabricação de componentes para a montagem das janelas em estudo.

3.1.1 Alumínio

As janelas de alumínio são formadas por perfis extrudados que, por sua vez, são produzidos por tarugos compostos em ligas de alumínio necessárias para atingir a propriedade mecânica indispensável para este fim (ABAL, 2012). Esse material, por se tratar de um elemento com excelente possibilidade de combinação química, é encontrado no mercado em diferentes tipos de ligas. Assim, apontar-se-ão as mais comuns no mercado (Quadro 19).

Quadro 19 - Ligas de alumínio comumente encontradas no mercado

Ligas	Características	Aplicações
1050 1100	Alumínio comercialmente puro, muito dúctil no estado recozido, indicadas para deformação a frio. Estas ligas têm excelente resistência à corrosão, a qual é crescente com o aumento da pureza de liga.	Equipamentos para indústrias alimentícias, químicas, bebidas, trocadores de calor, utensílios domésticos.
1350	Alumínio 99,5% de pureza, com condutividade mínima de 61% IACS.	Barramentos elétricos, peças ou equipamentos que necessitem alta condutibilidade elétrica.
2017 2024 2117 2219	Ligas de AlCu, com elevada resistência mecânica, alta ductibilidade, média resistência à corrosão, boa usinabilidade.	Peças usinadas e forjadas, indústria aeronáutica, transporte, máquinas e equipamentos.
3003 3105	Ligas de AlMn, com boa resistência à corrosão, boa conformidade e moderada resistência mecânica. São ligas de uso geral.	Carrocerias de ônibus e de furgões, equipamentos rodoviários e veículos em geral, reboques, vagões, utensílios domésticos, equipamentos para indústria química e alimentícia, telhas, cumeeiras, rufos, calhas, forros, construção civil, fachadas.
4043 4047	Ligas de AlSi utilizadas em varetas de solda.	Soldagem das ligas das séries 1XXX, 3XXX e 6XXX.
5005 5052 5056	Ligas de AlMg são dúcteis no estado recozido, mas endurecem rapidamente sob trabalho a frio. Alta resistência à corrosão em ambientes marítimos. Em geral, a resistência mecânica aumenta com os teores crescentes de Mg.	Carrocerias de ônibus e de furgões, equipamentos rodoviários e veículos em geral, estruturas solicitadas, reboques, vagões ferroviários, elementos estruturais, utensílios domésticos, equipamentos para indústria química e alimentícia, telhas, cumeeiras, rufos, calhas, forros, construção civil, fachadas, embarcações.
6053 6061 6063 6351	Ligas de AlMgSi, tratáveis termicamente com excelente resistência mecânica na têmpera T6.	Carrocerias de ônibus e de furgões, equipamentos rodoviários e veículos em geral, estruturas solicitadas, reboques, vagões ferroviários, elementos estruturais, utensílios domésticos, equipamentos para indústria química e alimentícia, telhas, cumeeiras, rufos, calhas, forros, construção civil, fachadas, embarcações.
7075 7178	Ligas de AlZn, tratáveis termicamente, alta resistência mecânica, boa resistência à corrosão, boa conformidade.	Peças sujeitas aos mais elevados esforços mecânicos em indústria aeronáutica, militar, máquinas e equipamentos, moldes para injeção de plástico e estruturas.

Fonte: Adaptado da ABAL (2012).

Consequentemente, a definição da liga influenciará nas possíveis manifestações patológicas. Também, é necessário certificar-se da composição química do alumínio, pois com o alto índice de ferro na composição, a esquadria pode vir a sofrer corrosão. Para o sistema de janelas de alumínio, ABAL (2012) indica a liga 6063 que, de acordo com Alcoa (2010, p.32):

[...] é uma das ligas mais populares da série 6XXX, oferecendo boa extrudabilidade e uma alta qualidade de acabamento superficial. A Liga 6063 é usada em uma grande variedade de aplicações arquiteturas, trocadores de calor. Em condições de tratamento térmico, a liga 6063 oferece boa resistência à corrosão em geral, incluindo a corrosão por tensão. É facilmente soldada ou brasada por diferentes métodos convencionais, com a cautela de que o contato direto com metais dissimilares pode provocar a corrosão galvânica.

O alumínio tem como característica a formação de uma fina camada de óxido quando em contato com a atmosfera, gerando, naturalmente, uma camada de proteção contra oxidações. Todavia, algumas ligas são menos resistentes devido à sua composição, o que torna necessária a proteção superficial caracterizada por pinturas eletrostáticas ou anodização (ABAL, 2012).

3.1.1.1 Tratamento superficial

Os materiais metálicos devem ser submetidos a tratamentos de conversão antes do processo de revestimento. É nesse processo que são retiradas todas as impurezas do alumínio, diminuindo as chances de degradação do material. Ainda, auxilia na aderência entre o substrato e o revestimento orgânico, caracterizado, neste caso, por pintura eletrostática ou anodização, além de dificultar a ação corrosiva nas peças (SANTOS; VASCONCELLOS NETO, 2011).

Desta forma, quando o tratamento de conversão não é bem executado e o substrato metálico continua apresentando porosidade, possibilita que contaminantes, juntamente à umidade e oxigênio, iniciem o processo de corrosão e conseqüente separação entre a camada de revestimento e o substrato metálico (Figura 15).

Assim, ao sofrer esse processo, o sistema de janela de alumínio e vidro temperado é prejudicado no todo, pois as peças de vidro que são coladas nos alumínios podem vir a se desprender, deixando-as com folgas, transmitindo todo o ruído externo e, possivelmente, a passagem de água por meio dessas folgas.

Figura 15 - Degradação do tratamento superficial



Fonte: Acervo dos autores (2016).

3.1.1.2 Qualidade da matéria-prima

Após a extrusão do alumínio, as barras são submetidas ao processo de têmpera, também conhecido como envelhecimento, deixando-o com a dureza adequada para a aplicação projetada. Segundo Alcoa (2010), as têmperas mais indicadas para a liga 6063 estão relacionadas no quadro 20 a seguir.

Quadro 20 - Designação e definição de têmperas para a liga 6063

Têmpera-padrão	Definições de Têmpera
O	Recozida: aplica-se aos produtos acabados, no estado em que apresentam o menor valor de resistência mecânica.
T4	Solubilizada e envelhecida naturalmente em condições substancialmente estáveis. Aplicando aos produtos que não sofrem deformação plástica, depois do tratamento térmico de solubilização, ou nos quais o efeito do encruamento, devido ao endireitamento, pode ser desprezado ao serem fixados os limites de propriedades mecânicas.

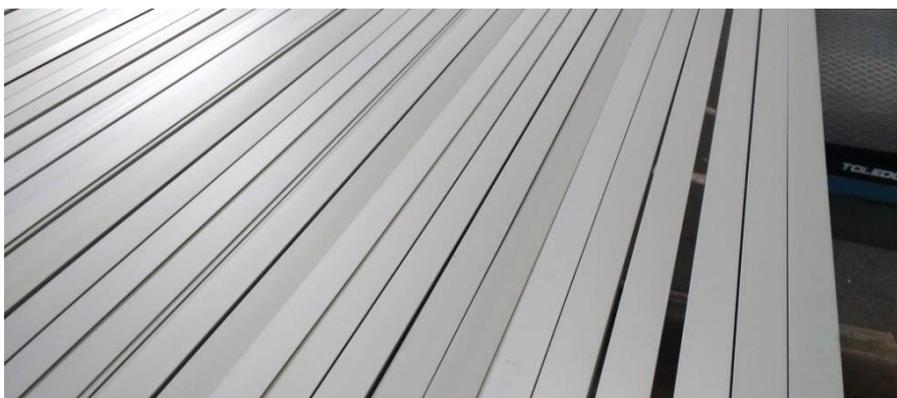
T5	Resfriado bruscamente após um processo de conformação a uma temperatura elevada e depois envelhecido artificialmente: aplica-se aos produtos que não sofrem deformação plástica a frio, depois de resfriados bruscamente após um processo de conformação a uma temperatura elevada, ou nos quais o efeito do encruamento, devido ao endireitamento, pode ser desprezado ao serem fixados os limites para as propriedades mecânicas.
T6	Solubilizada e, então, envelhecida artificialmente. Aplicado aos produtos que não sofrem deformação plástica, depois do tratamento térmico de solubilização, ou nos quais o efeito do encruamento, devido ao endireitamento, pode ser desprezado ao serem fixados os limites para as propriedades mecânicas.

Fonte: Adaptado de Alcoa (2010).

Desta forma, Alcoa (2010) afirma que anodização é um ótimo elemento de tratamento superficial para as têmperas T5 e T52. Ainda, para T5 e T6 a usinabilidade, conceituada por Pimentel e Prado (2004) como sendo a capacidade de um material ser cortado ou usinado por uma ferramenta apropriada, é considerada boa, ou seja, os perfis fabricados com ligas 6063 e processo de têmpera T5 e T6 possuem a facilidade de customização devido à sua boa característica de usinabilidade.

Sendo assim, o controle quanto à dureza e a correta indicação da liga e sua têmpera é fundamental para que não se formem anomalias e consecutivas manifestações patológicas, caracterizada pela diferença de tonalidade dos perfis, conforme figura 16, que traz a incidência de manchas nos acabamentos superficiais.

Figura 16 - Não conformidade de tonalidade dos perfis



Fonte: Acervo dos autores, 2016.

Igualmente, se o perfil não estiver com as propriedades mecânicas adequadas, o empenamento do alumínio e a torção no seu próprio eixo será mais comum, impedindo a abertura das janelas de correr. Também, Iizuka (2001) ressalta o problema de umidade causado por essa torção, principalmente nos contramarcos, pois o mal chumbamento do mesmo acarretará na infiltração de água.

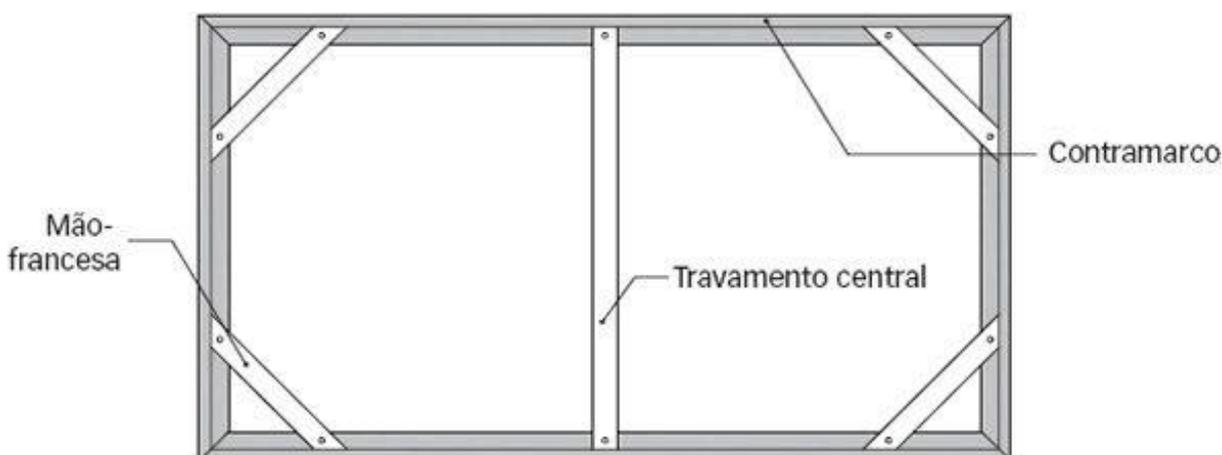
Ainda, sobre essa deformidade dos perfis de alumínio, concorda Marins (2012, p.1):

[...] é preciso ter em mente que qualquer distorção geométrica no contramarco prejudicará o desempenho do conjunto, seja problema nos esquadros ou mesmo o "embarrigamento" dos perfis no momento da instalação [isto é, ondulações ao longo dos perfis ou torção no eixo transversal]. Por isso é de suma importância que o contramarco saia da fábrica com travamentos que impeçam desalinhamentos.

Para tanto, deve-se atentar que o perfil esteja corretamente em esquadro, utilizando-se de suportes (Figura 17), tais como mãos francesas nas laterais e espaçadores centrais, de modo a garantir seu perfeito alinhamento (MARINS, 2012).

Da mesma forma, Alcoa (2013) recomenda a utilização de gabaritos para a instalação das esquadrias, ressaltando a importância de seu uso para o alinhamento às aberturas, garantido que o prumo, bem como o nível do vão se mantenha regular.

Figura 17 - Detalhes de suportes para manter o alinhamento das esquadrias de alumínio até sua instalação



Fonte: Marins (2012).

Este sistema de gabarito não é exigido pela norma de esquadrias, NBR 10821: 2011, contudo empresas do ramo ressaltam que essas peças sejam utilizadas para manter o alinhamento das esquadrias.

3.1.2 Vidro

O vidro se trata de um material bastante versátil, destacando-se por sua beleza e a diversidade quanto às possíveis aplicações. Quando exposto a um tratamento térmico, expondo-o a elevadas tensões de compressão em suas zonas superficiais, melhoram significativamente suas propriedades mecânica, térmica e à flexão (TEMPERMED; OMEGA, 2016).

Mesmo com essas características, a aplicação do vidro temperado necessita de cuidados para evitar casos de anomalias, como o stress térmico, por exemplo. Essa patologia está associada à quebra espontânea do vidro, podendo estar a sua causa vinculada a defeitos na fabricação, no pré-processamento, no processo de têmpera, falhas no armazenamento e transporte, ou problemas na instalação, motivos esses estabelecidos no quadro 21.

Quadro 21 - Fatores de quebra espontânea de vidro temperado

Fatores	Motivos
Defeitos na fabricação	Fendas ou bolhas são algumas das imperfeições possíveis na fabricação do vidro. Dependendo do seu tamanho, formato e localização no vidro, esses defeitos pontuais acabam contribuindo para poder significar um risco de quebra posteriormente.
Defeitos no pré-processamento	Algumas atividades de pré-processamento também podem contribuir para a quebra do material. Após a têmpera, a área interna do vidro está em tensão permanente de tração aumentada — com isso, as trincas, já presentes na peça e que se expandem para seu interior, aumentam a probabilidade de ruptura.
Defeitos no processo de têmpera	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Condução inadequada do processo geral e da montagem da carga; ▪ Falhas no perfil térmico (responsável pelo monitoramento da temperatura do forno); ▪ Peças enviadas da têmpera para a expedição quando ainda estão quentes; ▪ Temperatura da massa do vidro abaixo de 620 °C ou acima de 640°C ao sair do aquecimento para o resfriador.

Falhas no armazenamento e transporte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Armazenamento do vidro encostado na parede; ▪ Colocação de vidro com vidro, sem o uso de intercalários adequados; ▪ Disposição das peças em posição horizontal no armazenamento ou no transporte; ▪ Transporte do vidro sem proteção (como cobertura de lona).
Problemas na instalação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atrito do vidro; ▪ Batidas fortes.

Fonte: Adaptado de Tempermed e Omega (2016).

Para Abravidro (2016), outros fatores importantes e causadores da quebra espontânea do vidro são processos de corte inadequado, erros em especificações de ferramentas, lapidação, lixamento e acabamento do vidro sem uso de água. Sendo assim, esses processos, quando mal feitos, deixam falhas nos vidros e, após o processo de têmpera, a área do vidro fica tensionada e, conseqüentemente, ocorrendo a quebra espontânea.

Além do stress térmico, o acompanhamento da instalação do vidro é primordial para evitar surgimento de manifestações patológicas em um breve período de tempo (TEMPERMED; OMEGA, 2016). O aperto de ferragens nos vidros temperados, o contato direto com a alvenaria ou ferragens, sem qualquer material flexível pode ocasionar a quebra futura, podendo fazer com que o vidro estilhaça totalmente ou ocorra apenas a quebra sem estilhaçamento, conforme figura 18.

Figura 18 - Quebra de vidro temperado



Fonte: Abravidro (2016, adaptado).

atenção quando, por mais ocultos que estejam, fazem-se parte imprescindível no desempenho das peças.

Ressalta ABAL (2009, p.19) que:

Os acessórios de um caixilho devem contribuir para o bom desempenho do conjunto, notadamente no que se refere à estanqueidade ar/água, isolamento termoacústica, ventilação e estabilidade estrutural. O dimensionamento dos acessórios deverá obedecer às necessidades da esquadria. O conjunto de acessórios [...] é o maior responsável pelo bom funcionamento das esquadrias.

Assim, o problema de funcionamento se deve à falta de projeto ou estudo dos acessórios, pois estes devem ser previstos para atender a necessidade de cada tipo de esquadria. Também, falhas de instalação, como assentamento de caixilhos, podem influenciar na vida útil dos acessórios (ABAL, 2009).

Desta forma, tanto o fabricante quanto o responsável pela construção devem se preocupar com a qualidade do produto, o que inclui, além de caixilhos e vidros, as peças de acessórios, que devem possuir um período de vida útil, sendo que, a NBR 15575-1: 2013 especifica para cada tipo de sistema um tempo mínimo, requisitando para o SVVE, conforme já citado no item 2.1.3, um período médio de 40 anos.

3.2 QUANTO ÀS FALHAS NOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS

A possibilidade de customização das esquadrias tem auxiliado na solução de problemas arquitetônicos, proporcionando, muitas vezes, um caráter exclusivo à edificação. Não basta que apenas o material empregado seja de boa qualidade para que essas esquadrias atendam os critérios mínimos de desempenho exigidos pela NBR 15575: 2013, mas também um projeto detalhado, que forneça todas as informações necessárias para a fabricação e instalação de caixilhos para as janelas de alumínio, e trilhos para janelas de correr de vidro temperado, além da mão de obra qualificada tanto na produção quanto nas instalações, auxiliarão para que se atendam os critérios mínimos destacados neste trabalho e, conseqüentemente, que se resulte no bom desempenho do sistema.

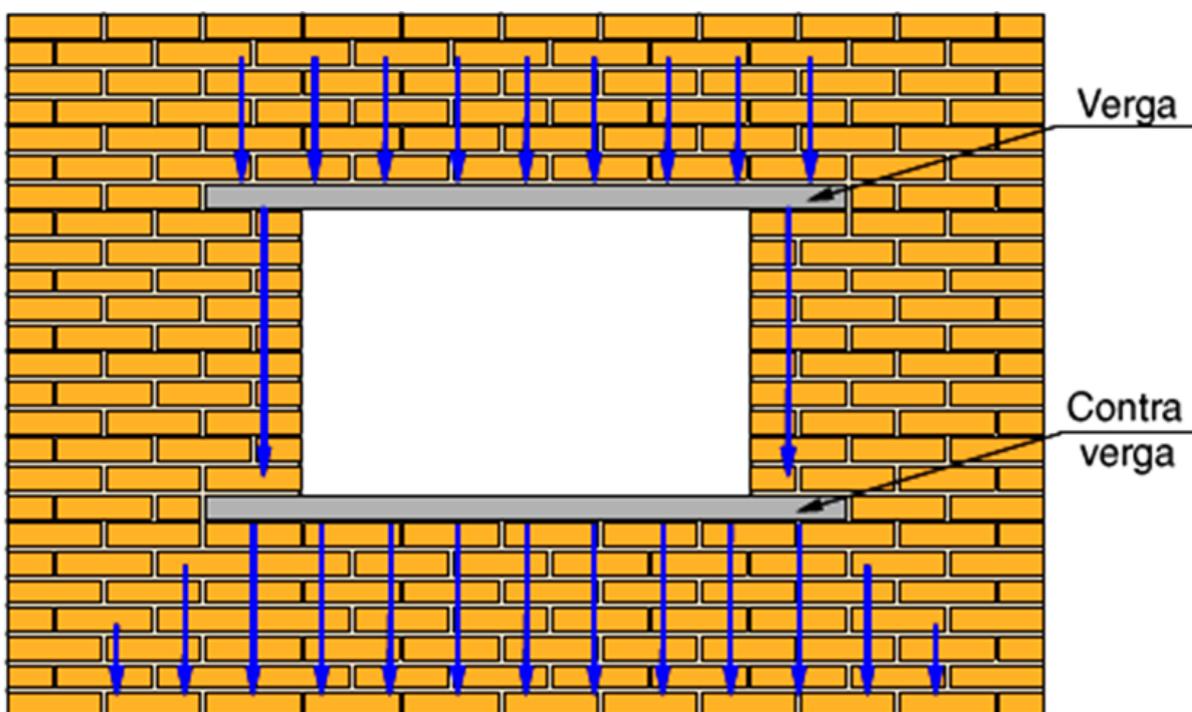
3.2.1 Fissuras

As aberturas em alvenarias destinadas a receber janelas e portas são consideradas regiões propícias a tensões que poderão resultar em fissuras nos cantos inferiores e superiores

dos vão de esquadrias, gerando grandes problemas para a edificação, afetando, além do sistema estrutural, também o sistema de vedação. Para que não ocorra essa patologia, Moch (2009) destaca que os projetos devem prever a execução de verga e contraverga nessas regiões.

Busian (2013) define esses elementos como estrutural, sendo que a verga está localizada na parte superior do vão, já contraverga é executada na parte inferior da abertura (Figura 20). Ambos os elementos evitam as fissuras horizontais, verticais e angulares.

Figura 20 - Verga e contraverga



Fonte: Farias (2011).

A fissura horizontal encontrada abaixo do vão de janela está ligada à exposição do peitoril à chuva. Assim, com a falta de pingadeira e impermeabilização neste local, a grande absorção de umidade faz com que a argamassa aumente seu volume, e na junção de área seca com a área molhada surgem as fissuras, ilustrada na figura 21. Também, essa fissura pode surgir quando as janelas de alumínio ou de vidro temperado são projetadas de forma errônea, com dimensões maiores ou menores que o vão da obra. Com isso, a adequação das medidas se dá pelo preenchimento com argamassa que, ao retrair, surge às fissuras horizontais (MOCH, 2009).

Figura 21 - Fissura horizontal



Fonte: Moch (2009).

3.3 QUANTO ÀS FALHAS NO ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO

Dentre as patologias no sistema de esquadrias, ainda se encontra carência de isolamento termoacústico. Com a publicação da NBR 15575: 2013, os requisitos passaram a ser mais rigorosos, fazendo com que os fabricantes, aos poucos, atualizem-se quanto aos critérios indicados para os desempenhos descritos no item 2.2.4 e 2.2.5 deste trabalho, proporcionando um melhor comportamento das edificações.

A causa desse tipo de anomalia está no uso de vidros monolíticos menos espessos, perfis com bitolas menores e a falta de alguns acessórios, que auxiliam na troca de temperatura e de ruídos entre o meio interno e externo.

Um bom isolamento termoacústico proporciona melhor conforto ao usuário, fazendo com que os ruídos e a temperatura exteriores não adentrem ao imóvel. Nesse caso, vidros específicos, como os vidros laminados e termoacústico que serão vistos com maior ênfase no capítulo 4 como uma solução para esse tipo de patologia, podem ser utilizados como forma de amenizar os ruídos em ambientes onde se necessitam de tranquilidade, ou em locais onde não devem externar ao ambiente de origem. Além disso, quanto à questão térmica, a troca de temperatura entre os meios externo e interno podem implicar no uso excessivo de

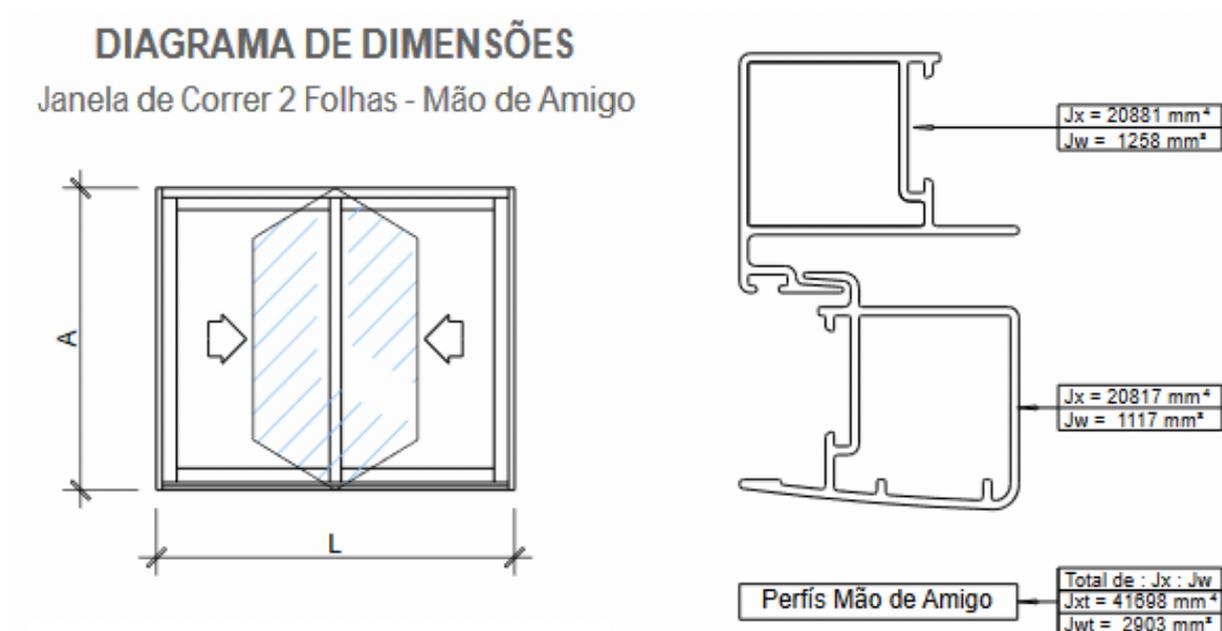
aparelhos climatizadores com o intuito de equilibrar a temperatura dentro do ambiente, acarretando em um alto consumo de energia (VOITILLE, 2012).

3.4 QUANTO ÀS FALHAS NA DIMENSÃO DAS ESQUADRIAS

As esquadrias de alumínio e vidro temperado, conforme já informado anteriormente neste mesmo trabalho, devem ser ensaiadas segundo a NBR 10821-3: 2011 quanto à verificação da penetração de ar, da estanqueidade à água, do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas, da resistência às operações de manuseio, e manutenção da segurança durante os ensaios de resistência às operações de manuseio (ABNT, 2011).

Desta forma, o fornecedor dessas esquadrias deve disponibilizar os diagramas de dimensões de suas linhas e o tipo de perfil utilizado, segundo evidencia a figura 22.

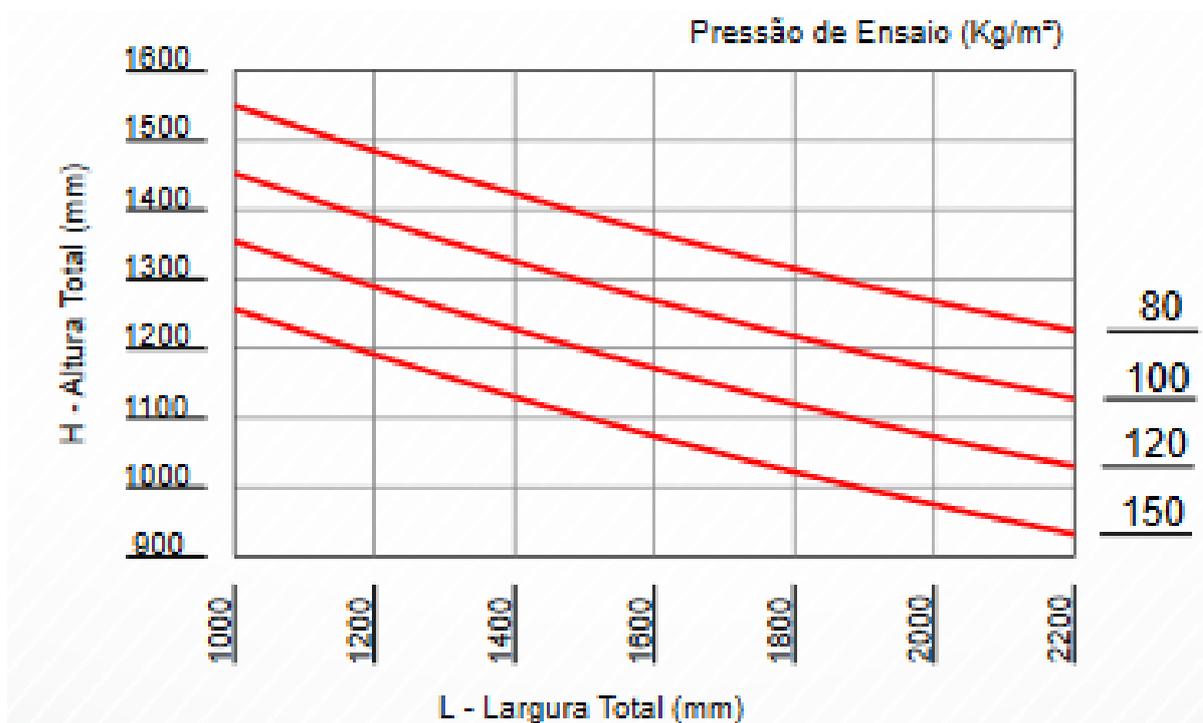
Figura 22 - Tipologias para cálculo de dimensões



Fonte: Alump (2016).

Assim, com os cálculos de pressão de vento segundo a NBR 6123: 1988, a partir da identificação da pressão de vento, deve ser traçado o diagrama de dimensões, de acordo com a figura 23. Desta forma, é possível dimensionar a largura e altura total do vão da janela, com a utilização dos perfis especificados em projeto, para que suporte a tal pressão.

Figura 23 - Diagrama de dimensões



Fonte: Alump (2016).

Miranda (2006, p.1) destaca sobre os possíveis danos, caso não esteja em conformidade com os diagramas:

No caso de caixilhos instalados em linha, em vãos de grande comprimento, deve-se tomar cuidado em relação ao alinhamento de contramarcos, procurando-se fixar e contraventar adequadamente estes. Somente chumbar após a conferência da retilineidade de montantes e travessas, dos desvios de esquadros e de prumo.

Em vãos de porte maior, quando a viga sede, ocasionam problemas nas esquadrias, impossibilitando, portanto, seu movimento de abrir e fechar e prejudicando, também, toda sua vedação contra água. Assim, Miranda (2006, p.1) fala dos cuidados que se deve ter:

Quando da instalação sob estruturas relativamente deslocáveis, avariar a possibilidade do emprego de fixações telescópicas ou grapas em formato de "S" ou "Z", formando um tipo de mola, de maneira que não sejam transmitidas tensões para os caixilhos. Estes cuidados devem ser criteriosamente observados junto à face inferior das vigas esbeltas, vãos de lajes, balanços e fechamentos com alvenaria que possam trabalhar como vigas altas.

Ainda, são encontradas patologias como frestas em encontros dos cortes (Figura 24), sistemas sem fechar completamente, abertura prejudicada pela falta de folgas.

Figura 24 - Frestas causadas por falhas em folgas



Fonte: Blog consultoria e análise (2016).

Essas folgas, tanto nas janelas de alumínio como em janelas de vidro temperado, devem seguir rigorosamente o projeto e sistema aprovado pela NBR 10821-3: 2011.

3.5 QUANTO ÀS FALHAS DE MONTAGEM E INSTALAÇÃO DAS PEÇAS

Para que as esquadrias tenham um ótimo desempenho, não bastam apenas serem fabricadas por elementos com boa qualidade, pois isto é apenas um item em meio a tantos outros importantes. Além de projetos e matérias-primas qualificados, ou ainda uma boa execução da alvenaria para que esteja alinhada de modo a receber o contramarco em casos de janelas de alumínio ou a própria peça quando se tratar de janelas de vidro temperado, as esquadrias, também, necessitam de uma mão-de-obra de qualidade, tanto na montagem das peças, quanto em sua instalação na edificação.

As montagens mal executadas das peças podem prejudicar a estanqueidade ao ar e à água, além de influenciarem no isolamento termoacústico, porque as frestas observadas em esquadrias (Figura 25) deixam de ajudar em uma boa vedação. Por menores que sejam essas

frestas, estão propícias à passagem de água e ar, bem como a troca de temperatura e ruídos com o meio externo, na maioria das vezes, causados por cortes e/ou encaixes errados.

Figura 25 - Frestas causadas por falha de montagem



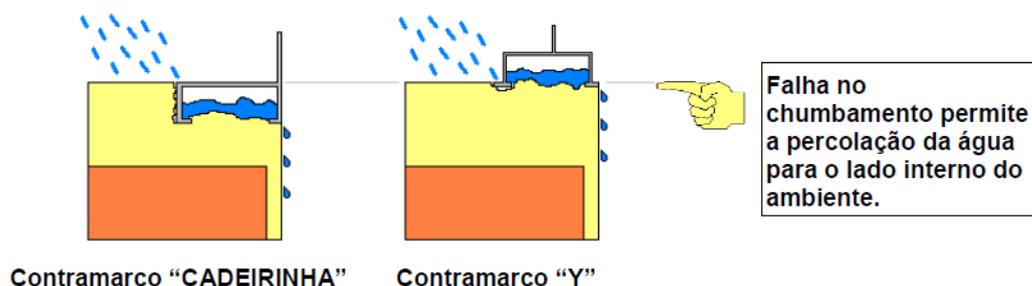
Fonte: Acervo dos autores (2016).

Além disso, a má instalação das esquadrias pode causar “embarrigamento” dos perfis, limitando a abertura das folhas nos trilhos ou, ainda, minorando seu desempenho de estanqueidade (ABAL, 2009).

Para a instalação das esquadrias de alumínio, é necessária, primeiramente, a instalação de contramarco, utilizado como gabarito para a instalação dos caixilhos. Para tanto, essa peça deve ser chumbada à alvenaria com argamassa, de modo a penetrar todo o seu perímetro, minimizando as chances de infiltrações. Porém, o ato de chumbar o contramarco à alvenaria pode dificultar a instalação dos caixilhos, causando empenamento dos perfis e, conseqüentemente, inibindo a função de abertura da esquadria (IIZUKA, 2001).

Também, quando o chumbamento não é bem executado, e deixa sem preencher parte da abertura, faz com que as esquadrias não tenham uma boa estanqueidade, causando infiltrações para o interior da edificação (Figura 26).

Figura 26 - Falha no chumbamento



Fonte: Iizuka (2001).

Desta forma, tanto a montagem quanto a instalação de esquadrias devem ser executadas com muita cautela para que se evite ao máximo a possibilidade de falhas e, conseqüentemente, deixando de atender alguns dos requisitos indicados pela NBR 15575-4: 2013.

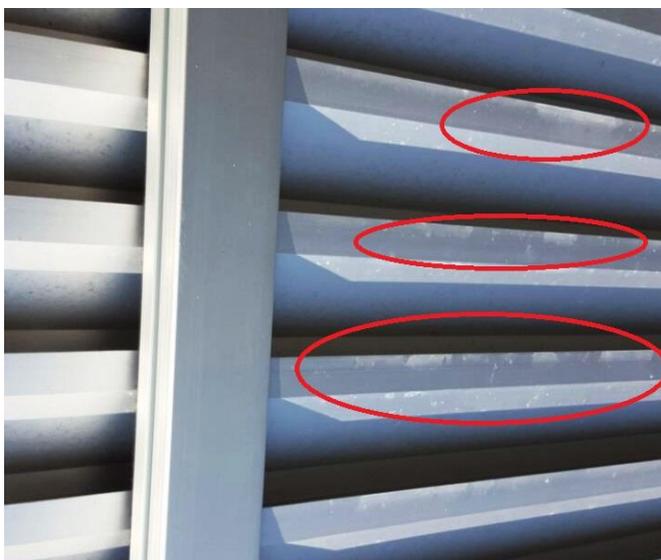
3.6 QUANTO À FALTA DE MANUTENÇÃO E MANUSEIO

As esquadrias de alumínio e de vidro temperado podem ter sua vida útil prolongada através de manutenções preventivas no sistema, sempre seguindo as instruções do fabricante. Contudo, apesar de excelente durabilidade, as esquadrias citadas necessitam de atenção para que possam sempre desempenhar as funções para as quais foram projetadas (IIZUKA; HACHICH, 2002).

Apesar de nem sempre visíveis, os acessórios utilizados nessas esquadrias acabam desgastando com o tempo. Os sistemas de segurança, fixação e mecanismos de vedação devem ser observados para que não deteriorem totalmente, provocando danos aos perfis. Ainda, a limpeza periódica deve ser executada, pois o excesso de sujeira pode vir a prejudicar a abertura das folhas (IIZUKA; HACHICH, 2002).

Além disso, deve-se ter cautela no uso de produtos de limpeza. Muitos deles contêm em sua composição elementos que podem prejudicar a superfície dos perfis (Figura 27), levando à corrosão e, posteriormente, oxidação do perfil.

Figura 27 - Falha ocasionada por produtos de limpeza



Fonte: Acervo dos autores (2016).

O acúmulo de sujeira nos trilhos de janelas de alumínio ou vidro temperado também poderá obstruir os drenos e saídas de água. Assim, a água não conseguirá sair e transbordará para o interior da edificação, causando danos como a infiltração em paredes e pisos. Este acúmulo fará com que a água fique constantemente em contato com as roldanas, diminuindo sua durabilidade (AFEAL, 2010).

Além disso, para AFEAL (2010), os acessórios são fabricados, em sua maioria, com camada de nylon autolubrificante. Assim, a aplicação de graxa ou óleo interfere no seu funcionamento. Ainda, na composição desses produtos há presença de ácidos ou outros materiais que podem prejudicar todo o sistema de esquadrias.

Quanto à manutenibilidade dos sistemas de vedação vertical, ressalta a NBR 15575-4 (2013, p.33):

Manutenções preventivas e, sempre que necessário, manutenções com caráter corretivo, devem ser previstas e realizadas. As manutenções corretivas devem ser realizadas assim que algum problema se manifestar, a fim de impedir que pequenas falhas progridam às vezes rapidamente para extensas patologias. As manutenções devem ser realizadas em estrita obediência ao manual de uso, operação e manutenção fornecido pelo incorporador e/ou pela construtora.

Conclui-se, segundo Mendes e Lourenço (2011), que a inspeção periódica das edificações é uma das soluções viáveis para se detectar preventivamente as patologias, antes que os efeitos danosos tomem conta.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DO TEMA

Esta seção tem o objetivo de prover uma análise da pesquisa bibliográfica desenvolvida neste trabalho, avaliando o Sistema de Vedação Vertical Externa (SVVE), enfoque nas janelas de alumínio e vidro temperado. Estão discutidos os resultados da pesquisa, utilizando o questionário exposto no Apêndice A deste trabalho e as respostas das empresas nos apêndices seguintes, aplicada a quatro construtoras de maior porte na cidade de Tubarão/SC. Desta forma, são apresentadas as possíveis causas pelas quais as construções não atendem aos critérios mínimos solicitados pela NBR 15575: 2013, já enfatizados na fundamentação teórica descrita no capítulo 2. Além disso, serão indicadas soluções para se evitar a instalação das patologias expostas no capítulo 3.

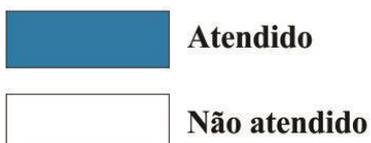
Para o questionário aplicado, foram elaborados quatro quesitos com o intuito de saber como está sendo a adaptação das construtoras à norma em estudo e qual a relevância que esta tem em suas obras. Para tanto, a partir das respostas, pôde-se observar que, por se tratar de um tema novo na indústria da construção, as empresas, ainda, não possuem o aprimoramento necessário para pôr em prática todos os critérios exigíveis pela NBR 15575: 2013 quando o assunto é esquadrias.

Entretanto, percebe-se que parte das construtoras já possui a preocupação em detalhar e especificar minuciosamente as esquadrias que serão instaladas nos empreendimentos. Porém, as empresas que ainda não o fazem, buscam aprimorar seus projetos, deixando claras as tipologias das esquadrias que serão utilizadas, conforme citado no item 2.3.1 deste trabalho, o que auxilia no desenvolvimento de esquadrias pelo fabricante com melhor qualidade, minimizando equívocos e evitando investimentos desnecessários.

Investigando os motivos pelos quais as construções não estão atendendo aos desempenhos recomendados pela norma em estudo, ficou enfatizado pelas questões propostas que, para as empresas construtoras entrevistadas, estão sendo levado em consideração na compra das esquadrias o preço, prazo de entrega e montagem, qualidade e, também, os desempenhos propostos pela NBR 15575: 2013. Contraditório a isso, identificou-se que as esquadrias utilizadas por essas construtoras ainda deixam de atender alguns desempenhos recomendados pela norma, quais sejam desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade à água e ar, desempenho térmico e acústico, durabilidade e manutenibilidade, atendendo outros dos citados, conforme ilustrado na figura 28.

Figura 28 - Relação de desempenhos atendidos pelas construtoras questionadas

Desempenho \ Empresa	A	B	C	D
Desempenho estrutural	Atendido	Não atendido	Atendido	Atendido
Segurança contra incêndio	Atendido	Não atendido	Atendido	Atendido
Estanqueidade à água	Atendido	Não atendido	Atendido	Não atendido
Permeabilidade ao ar	Não atendido	Não atendido	Não atendido	Não atendido
Desempenho térmico	Não atendido	Não atendido	Não atendido	Não atendido
Desempenho acústico	Atendido	Atendido	Atendido	Não atendido
Durabilidade e manutenibilidade	Atendido	Atendido	Atendido	Atendido



Fonte: Elaboração dos autores (2016).

Tendo em vista esses dados, pode-se dizer que as causas referentes ao não atendimento das janelas de alumínio e vidro temperado instaladas em edificações à NBR 15575: 2013 estão relacionadas, em sua maioria, a preços, uma vez que, por se tratar de um investimento relativamente alto para as construtoras, estas deixam de optar por produtos de ótima qualidade, que atendem todos os desempenhos solicitados, para adquirirem peças inferiores e com uma mão de obra não homologada pela AFEAL.

Outro motivo bastante comum é o prazo de entrega e montagem das peças, pois devido à quantidade de frentes de serviço que ainda restam e o curto espaço de tempo para a conclusão e entrega da obra, acaba prestando o serviço aquela empresa que for mais ágil no processo, deixando tudo pronto em menos tempo.

Além disso, o desconhecimento quanto à instrução normativa em estudo faz com que se opte por produtos e mão de obra desqualificados, propiciando, portanto, às esquadrias a incidências de patologias, como mau isolamento termoacústico, falhas na estanqueidade da água e do ar, manchas por conta da limpeza com produtos inadequados, entre outros, conforme exposto no capítulo 3.

Às janelas de alumínio, a NBR 15575-4: 2013 indica ainda que se deve seguir a NBR 10821: 2011, onde são apresentados os ensaios necessários para que esta tipologia de janela seja qualitativamente certificada, uma vez que o produto final é composto de acessórios, vidros e perfis de alumínio, sendo necessária, então, a escolha de produtos

homologados e certificados pela ITEC e Falcão Bauer, para que se tenha uma peça de qualidade. Assim, os responsáveis pelo projeto do edifício devem analisar e indicar os possíveis produtos a serem utilizadas na fabricação das janelas, evitando as patologias decorrentes da matéria prima ou, ainda, a aplicação de acessórios com características de combustão, que não atenderão ao desempenho de segurança contra incêndio, estipulado no item 8.3 da citada norma.

Quanto ao requisito estrutural, pode-se dizer que as janelas não desempenham nenhuma função deste sistema, mas recebem influência direta dele. Os vãos de janelas devem estar preparados para receber cargas advindas dos elementos estruturais do edifício, sendo primordial a utilização de verga e contraverga para evitar fissuras nos cantos de janelas e fissuras horizontais ou, inclusive, a utilização de materiais inovadores que desempenham a mesma função, como o Murfor (Figura 29), marca registrada N. V. Bekaert, por exemplo, que se trata de um sistema composto por fios longitudinais de aço, eletrossoldados, formando uma treliça plana, separado por um fio em forma de sinusoide (BELGO BEKAERT, 2016).

Ainda, recomenda-se a utilização de pingadeiras e impermeabilizantes, como os selantes de poliuretano, em peitoris de janelas e, também, a conferência cautelosa das medidas de vãos para fabricação das janelas de alumínio ou de vidro temperado, que servirão para evitar a anomalia citada.

Figura 29 - Murfor



Fonte: Belgo Bekaert (2016, adaptado).

Sendo um dos requisitos mais pertinentes apresentado na NBR 15575: 2013, o desempenho termoacústico ainda não é tratado isoladamente às esquadrias, mas avaliando todo o sistema de vedação vertical externa, como janelas, paredes e outros materiais utilizados. Responsável por parte dessa avaliação, as esquadrias têm grande função para

atingir esse desempenho. Portanto, é fundamental a utilização de vidros termoacústicos para janelas de alumínio, caracterizados por vidros insulados (também chamados “duplos”), podendo ser dispostos por dois vidros laminados envolvendo uma câmara de ar (chamados “quádruplos”), ou a instalação de linhas de esquadrias mais robustas e acessórios que possibilitam maior vedação.

Ainda, para janelas de vidro temperado, recomenda-se o uso de vidros monolíticos mais espessos, de 8 ou 10 mm, como formas de diminuir a passagem de ruídos e/ou a troca de calor com o meio externo. A utilização de vidros refletivos para soluções térmicas, também, é uma solução viável.

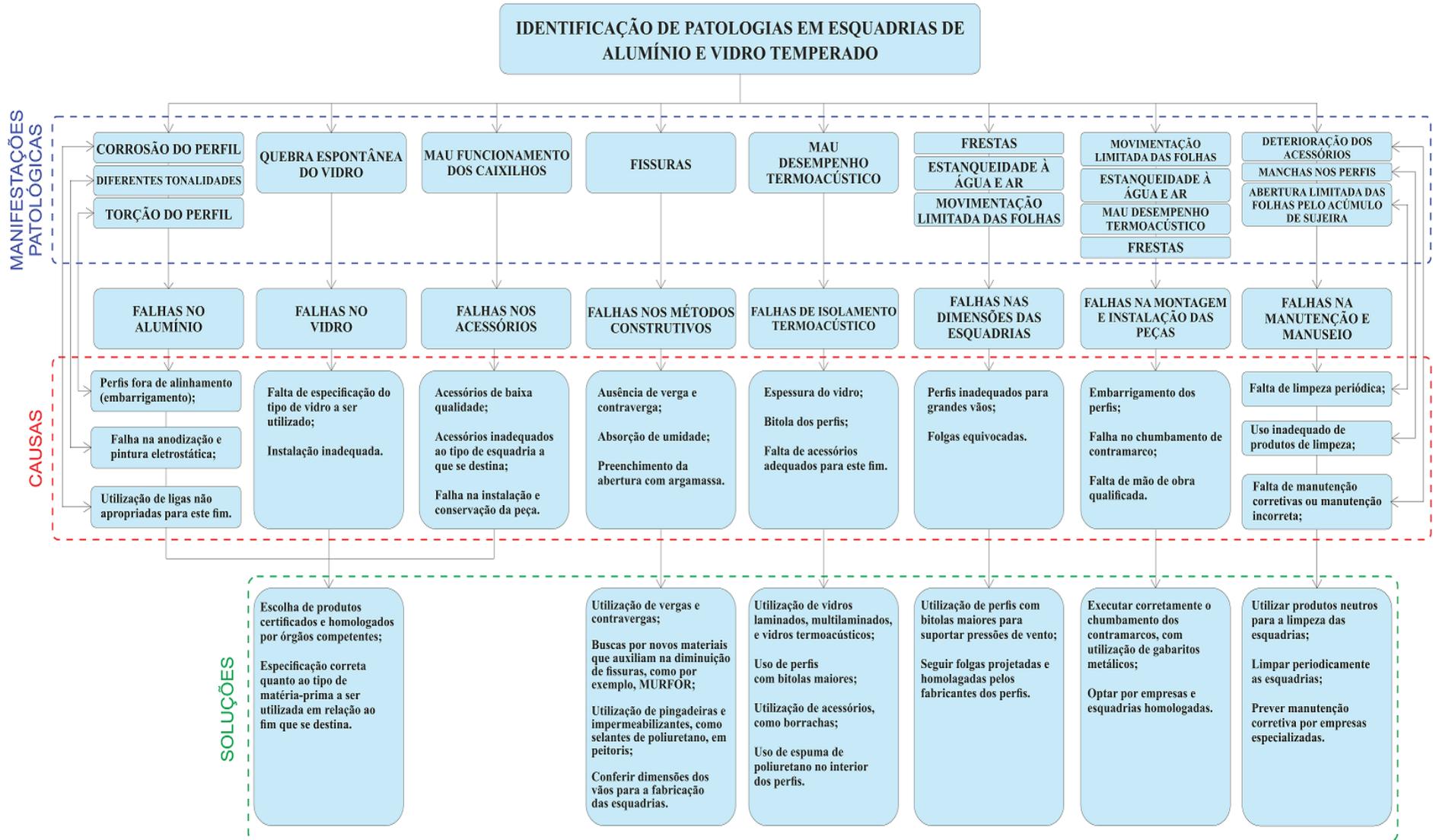
Para atender os desempenhos de estanqueidade à água e ar, as janelas de alumínio e vidro temperado devem ser projetadas conforme sua homologação, dimensionando-a para suportar as pressões de vento e vazão de água mínima para cada região do país, de modo a atender a NBR 10821: 2011. Para melhores resultados, recomenda-se o uso de bitolas maiores nos perfis para a fabricação de esquadrias com grandes vãos. Também, os cortes e folgas dos perfis devem ser rigorosamente seguidos conforme projeto, evitando, assim, frestas e desencontros nos cantos dos perfis que, conseqüentemente, diminuirão a passagem do ar e da água.

Desta forma, a instalação e montagem das esquadrias, devem ser realizadas por pessoas ou empresas qualificadas e homologadas, da mesma forma que os materiais utilizados. O processo deve ser cuidadosamente realizado, desde o chumbamento do contramarco, como a montagem total da janela, que deve atender a figura 26, do item 3.5 deste trabalho.

Também, as manutenções preventivas e corretivas devem ser realizadas como especifica o manual de operação, uso e manutenção dos sistemas de vedação vertical, exigência prescrita no item 14.3 da NBR 15575-4: 2013, sendo a limpeza um fator fundamental para que a esquadria continue desempenhando sua função conforme projetada. Ainda, deve-se atentar à utilização de produtos de limpeza que, com o uso incorreto, podem agredir as peças. Para tanto, recomenda-se, sobretudo, uma consulta prévia ao manual antes da aplicação de quaisquer produtos. Assim, é possível garantir a durabilidade das janelas de alumínio e vidro temperado, minimizando a ocorrência de patologias.

Após a análise da pesquisa bibliográfica e participação das construtoras contatadas, apresenta-se na figura 30, de forma sucinta, um esquema indicando as patologias citadas no capítulo anterior, suas causas e respectivas soluções propostas pelos autores.

Figura 30 - Esquema de patologias relacionadas às esquadrias de alumínio e vidro temperado



Fonte: Elaboração dos autores (2016).

Destaca-se que é imprescindível o conhecimento das manifestações patológicas nas janelas de alumínio e vidro temperado para que se possam identificar as possíveis causas das anomalias, permitindo, então, encontrar as devidas soluções para o problema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

No desenvolvimento do presente trabalho, teve-se como objetivo principal analisar as causas pelas quais as edificações não estão atendendo aos requisitos mínimos das janelas de alumínio e vidro temperado, conforme recomenda a NBR 15575-4 (Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE), publicada em 2013.

Fundamentado em referências bibliográficas, buscou-se apontar os requisitos e critérios expostos na norma em questão, vinculando-os a um estudo detalhado dos tipos de esquadrias supracitados, sendo estes os mais utilizados nas edificações. Procurou-se, também, apontar as patologias e conseqüentes manifestações patológicas causadas pelo mau desempenho do sistema, os motivos que levaram a ocasioná-las, bem como as soluções mais viáveis para evitar essas anomalias.

Além disso, com um delimitado levantamento de dados em construtoras de maior porte na cidade de Tubarão/SC, pôde-se observar que, ainda, há carência de conhecimento e atendimento da NBR 15575: 2013. Embora busquem se aprimorar cada vez mais sobre a temática, as empresas do ramo têm dificuldades em cumprir com todos os requisitos e critérios exigidos por essa norma, desviando suas construções do atendimento aos desempenhos solicitados, muitas vezes, por não ser, aparentemente, um investimento viável, pelo curto prazo de entrega das obras ou pelo desconhecimento e falta de aprimoramento das empresas do ramo. Existem inúmeras limitações que impedem a eficiência das edificações, o que as torna atrativas para novos estudos que envolvam melhorias nos processos construtivos e de utilização dos materiais a fim de torná-las aptas para atender à referida norma e, conseqüentemente, às demais instruções normativas a ela vinculadas.

Desta forma, a principal dificuldade encontrada no decorrer do trabalho foi a falta de fontes confiáveis ou com conteúdos aproveitáveis para a realização da revisão bibliográfica. Por se tratar de um tema relativamente atual à indústria da construção, os assuntos, em sua maioria, foram extraídos de artigos e periódicos publicados em *sites* e revistas eletrônicas, além de outros trabalhos de conclusão de curso realizados na mesma linha de pesquisa, que auxiliaram grandemente para a concretização deste.

Assim, pode-se afirmar que foram atendidos os objetivos gerais e específicos determinados ao início deste trabalho.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tratando-se de um tema ainda novo, mas com evidências de grandes reflexos às construções que não atenderem à NBR 15575: 2013, recomenda-se a novos trabalhos:

- a) realizar estudos de caso com a abordagem de todos os desempenhos descritos na referida norma;
- b) elaborar manual sucinto de instalação das esquadrias, de modo a facilitar e tornar acessível o conhecimento dos instaladores, para que menos equívocos sejam cometidos;
- c) analisar os demais tipos de esquadrias, fabricadas em outros materiais, levando em consideração os mesmos objetivos deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- AECWEB. **Normas, ensaios e qualidade de esquadrias**. 2016. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/normas-ensaios-e-qualidade-de-esquadrias_1927_10_0>. Acesso em: 20 ago. 2016.
- ALCOA Alumínio S.A. Contramarco mal instalado: um problema para toda vida. **Alumínio & cia**. São André n. 29, ago. 2013. Disponível em: <https://www.alcoa.com/brazil/aluminioecia/pt/downloads/revista/Edicao_29.pdf>. Acesso em: 17 out. 2016.
- _____. **Esquadrias para edificações: isolamento acústico das vedações verticais externas**. 2016. Disponível em: <https://www.alcoa.com/brazil/aluminioecia/pt/info_page/norma_nbr_15_575.asp>. Acesso em: 10 out. 2016.
- _____. **Ligas e têmperas de extrusão**. 2010. Disponível em: <https://www.alcoa.com/brasil/pt/resources/pdf/industria/catalogo_ligas_temperas_2010.pdf>. Acesso em: 8 out. 2016.
- ALUMP Alumínio MP Ltda. **Brisa 25**. 2016. Disponível em: <<http://www.alump.com.br/upload/brisa-25-1414753833.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- _____. **Obra**. Disponível: <<http://www.alump.com.br/portfolio>>. Acesso em: 24 ago. 2016.
- _____. **Temperado**. 2016. Disponível em: <<http://www.alump.com.br/upload/temperados-1414754454.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2016.
- AMARAL NETO, Celso de Sampaio et al. **Norma de desempenho: um marco regulatório na construção civil**. 2013. Disponível em: <<http://precisao.eng.br/public/manual-nd.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2016.
- ANAVIDRO. **Saiba mais sobre a laminação com PVB**. 2013. Disponível em: <<http://www.anavidro.com.br/saiba-mais-sobre-a-laminacao-com-pvb/>>. Acesso em: 24 set. 2016.
- ANTÔNIO, Terezinha Damian. **Pesquisa de marketing: livro didático**. 2. ed. Palhoça: Unisul Virtual, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS (ABRAVIDRO). **Quebra espontânea: chegou a hora de desvendá-la!** Disponível em: <<http://abravidro.org.br/quebra-espontanea-chegou-a-hora-de-desvenda-la/>>. Acesso em: 6 out. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **História da Normalização Brasileira**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 112 p. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/images/pdf/historia-abnt.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

_____. **NBR 10821-1:** esquadrias externas para edificações: parte 1: terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

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

_____. **NBR 10821-3:** esquadrias externas para edificações: parte 3: métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 12609:** alumínio e suas ligas – Tratamento de superfície – Anodização para fins arquitetônicos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 14724:** informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação, Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15220-3:** desempenho térmico de edificações – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575-1:** edificações habitacionais – Desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-2:** edificações habitacionais – Desempenho: parte 2: requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-3:** edificações habitacionais – Desempenho: parte 3: requisitos para os sistemas de piso. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-4:** edificações habitacionais – Desempenho: parte 1: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-5:** edificações habitacionais – Desempenho: parte 5: requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-6:** edificações habitacionais – Desempenho: parte 1: requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 6123:** forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). **Manual de portas e janelas de alumínio.** 2009. Disponível em: <<http://www.perfilcm.com.br/downloads/abal.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2016.

_____. **Fundamentos e aplicações do alumínio.** 2. ed. São Paulo: ABAL, 2012. Disponível em: <<http://www.abal.org.br/site/pdf/fundamentos-do-aluminio/001.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO (AFEAL). **Esquadrias de alumínio.** Disponível em: <<http://afeal.com.br/rev/institucional/esquadrias-de-aluminio>>. Acesso em: 12 out. 2016.

_____. **Janela qualificada.** 2016. Disponível em:
<[http://www.maisesquadrias.com.br/Janela Qualificada Informativo AFEAL.pdf](http://www.maisesquadrias.com.br/Janela%20Qualificada%20Informativo%20AFEAL.pdf)>. Acesso em: 06 jul. 2016.

_____. **Manual de uso e conservação.** 2010. Disponível em:
<<http://www.afeal.com.br/portal/dados/imagens/1310138352.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2016.

BARBALHO, Rita Ohana Soares. **Levantamento das principais patologias habitacionais da cidade de Mossoró-RN.** 2013. 71 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil)- Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2013. Disponível em:
<<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/270/TFG%20-%20Eng%20Civil/Rita%20Ohana.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2016.

BAZZO, Walter Antonio; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos.** Florianópolis: UFSC, 2006. 270p. Disponível em:
<https://engeducs.files.wordpress.com/2011/08/introduc3a7c3a3o_a_engenharia_-_walter_antonio_bazzo_-_by_dvdcooper.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2016.

BELGO BEKAERT Arames. **Produtos:** murfor. Disponível em:
<<http://www.belgobekaert.com.br/Produtos/Paginas/Murfor.aspx>>. Acesso em: 24 out. 2016.

BONIN, Luis Carlos. **A abordagem de desempenho na edificação.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 65 slides, color. Disponível em:
<icposgrados.weebly.com/uploads/8/6/0/0/860075/requisitos.ppt>. Acesso em: 12 ago. 2016.

BORGES, Carlos Alberto de Medeiros; SABBATINI, Fernando Henrique. **Conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil.** São Paulo: EPUSP, 2008. Disponível em:
<http://www.fau.usp.br/cursos/pos/areas/area_tecnologia/aut5828/bt515_desempenho_eeedificio_borges_sabbatani.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2016.

BUSIAN, Fábio. Verga e Contraverga. **Equipe de obra.** São Paulo, n. 61, jul. 2013. Disponível em: <<http://equipededeobra.pini.com.br/construcao-reforma/61/verga-e-contraverga-entenda-os-procedimentos-executivos-e-saiba-291329-1.aspx>>. Acesso em: 8 out. 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais:** guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Brasília: CBIC, 2013. Disponível em:
<http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho_2_edicao.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2016.

CEBRACE. **Linha habiat.** Disponível em: <<https://www.cebrace.com.br/#!/produtos/obras-residenciais/linha-habitat>>. Acesso em: 24 set. 2016.

CHING, Francis D. K. et al. **Sistemas estruturais ilustrados:** padrões, sistemas e projetos. Porto Alegre: Bookman, 2010. Disponível em:
<<https://pt.scribd.com/document/229781315/Sistemas-Estruturais-Ilustrados-Ching>>. Acesso em: 7 set. 2016.

CÓDIGO DE PROTEÇÃO E DEFESA DO CONSUMIDOR. Disponível em
<http://www.procon.pr.gov.br/arquivos/File/codigo_20_anos.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2016.

CONSULTORIA E ANÁLISE. Disponível em:
<http://www.consultoriaeanalise.com/2013_02_01_archive.html>. Acesso em: 9 out. 2016.

CORDOVIL, Luiz Augusto Berger Lopes. **Estudo da ABNT NBR 15575 – “Edificações habitacionais – Desempenho” e possíveis impactos no setor da construção civil na cidade do Rio de Janeiro**. 2013. 77 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:
<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006528.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

DIVINAL Vidros. **Vidro temperado Blindex**. Disponível em:
<<http://www.divinalvidros.com.br/produtos/vidro-temperado/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

DRYWALL, Trevo. **Norma de Desempenho - NBR 15.575**. 2016. Disponível em:
<http://www.trevobrasil.com.br/norma_nbr_15575.php>. Acesso em: 04 ago. 2016.

DUARTE, Paulo. Esquadrias e vidros na construção civil. **Vidro impresso**, São Paulo, p.74-75, fev. 2016. Mensal. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/esquadrias-e-vidros-na-construcao-civil>>. Acesso em: 30 set. 2016.

FARIAS, Marcelo. **Trincas nas janelas**. Disponível em:
<<http://marcelofariasarquitecto.blogspot.com.br/2011/10/trincas-nas-janelas.html>>. Acesso em 24 out. 2016.

GAZOLA, Antônio Mendes; MENDONÇA, Danilo Melo. **Avaliação do desempenho acústico conforme a NBR 15.575/2013: estudo de caso em edifício residencial**. 2014. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2014.

GIANNELLA, Hugo. **Esquadrias: qual usar?** 2015. Disponível em:
<<http://www.guiadaobra.net/esquadrias-qual-usar-623/>>. Acesso em: 11 set. 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: ATLAS S.A., 2002. 176 p. Disponível em:
<https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod_resource/content/1/comc_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2016.

GOLDEN Alumínios e Vidros. **Quais as vantagens de um vidro temperado?** Disponível em: <<http://www.goldenesquadrias.com.br/noticias/4/vidro-temperado/quais-as-vantagens-de-um-video-temperado>>. Acesso em: 12 out. 2016.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 2015. 174 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014879.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2016.

GUARDIAN SunGuard. **Manual técnico**. Disponível em: <http://www.sa.pt.sunguardglass.com/cs/groups/sunguardsouthamerica/documents/web_asset/s/gi_002781.pdf>. Acesso em: 2 out. 2016.

IIZUKA, Marson Toshiyo. **Instalação de esquadrias de alumínio**: prática e inovação. 2001. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Curso de Mestrado Profissional em Habitação, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.tm2aluminio.com.br/instalacao.pdf>>. Acesso em: 1 out. 2016.

IIZUKA, Marson Toshiyo; HACHICH, Vera Fernandes. Instalação de esquadrias sem contramarco. **Piniweb**, São Paulo, jun. 2002. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/instalacao-de-esquadrias-sem-contramarco-81139-1.aspx>>. Acesso em: 9 out. 2016.

JORNAL A CRÍTICA. **Tubarão**: Casa da Cidade vira casarão com aspecto mal assombrado e reflete o abandono e descaso. Disponível em: <<http://jornalacritica.webnode.com.br/news/a29nov14-tubar%C3%A3o%3A-casa-da-cidade-vira-casar%C3%A3o-com-aspecto-mal-assombrado-e-reflete-o-abandono-e-descaso/>>. Acesso em: 25 set. 2016.

LEONEL, Vilson; MOTTA, Alexandre de Medeiros. **Ciência e Pesquisa**: livro didático. 3. ed. Palhoça: Unisul Virtual, 2011.

LUTHOLD, Pedro Henrique. **A responsabilidade civil por vícios na construção de imóveis**. 2012. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/27172/a-responsabilidade-civil-por-vicios-na-construcao-de-imoveis>>. Acesso em: 19 ago. 2016.

MALDONADO, Helder. **Silêncio bem-vindo**. Disponível em: <<http://revistacasaconstrucao.uol.com.br/escc/Edicoes/74/imprime235633.asp>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

MARINS, Amanda Carla. Contramarco estanque. **Construção Mercado**. São Paulo, n. 131, jun. 2012. Disponível em: <<http://construcomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/131/artigo299624-1.aspx>>. Acesso em: 7 out. 2016.

MASTEC Produtos para Esquadrias. Disponível em: <<http://www.mastecesquadrias.com/>>. Acesso em: 8 out. 2016.

MENDES, Luiz Carlos; LOURENÇO, Líbia da Costa. Detecção preventiva de patologias em edificações. **Téchne**, São Paulo, n. 167, fev. 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/167/artigo285852-2.aspx>>. Acesso em: 1 out. 2016.

MIRANDA, Fúlvio Berçot. Instalação de janelas de alumínio. **Téchne**, São Paulo, n. 108, mar. 2006. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/108/artigo287070-1.aspx>>. Acesso em: 9 out. 2016.

MOCH, Tiago. **Interface esquadria/alvenaria e seu entorno: análise das manifestações patológicas típicas e propostas de soluções**. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio

Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em:
<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21254/000735067.pdf?sequence=1>>.
Acesso em: 8 out. 2016.

OLIVEIRA, Thiago. Beirada seca. **Téchne**, São Paulo, n. 137, ago. 2008. Disponível em:
<<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/137/artigo286530-1.aspx>>. Acesso em: 12 out.
2016.

_____. **Téchne**, São Paulo, p.1-1, ago. 2008. Mensal. Disponível em:
<<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/137/artigo286530-1.aspx>>. Acesso em: 12 out.
2016.

PASQUALON, Maicon G. **A responsabilidade do incorporador na construção civil**. 2014.
Disponível em: <<https://jus.com.br/pareceres/31585/a-responsabilidade-do-incorporador-na-construcao-civil>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

PELACANI, Valmir Luiz. **Responsabilidade na construção civil**. CREA-PR: 2010.
Disponível em: <<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/mafinocchio/atividades-voluntarias/crea-pr/o-engenheiro-de-saber/caderno07.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

PERALTA, Bárbara Heliadora de Avellar. **A responsabilidade civil do incorporador e do construtor, sob o ponto de vista consumerista**. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=6588>. Acesso em: 19 ago.
2016.

PEREIRA, Fábio S. C. **História da engenharia**. Disponível em: <<http://www.crea-rn.org.br/artigos/ver/120>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

PIERRARD, Juan F.; AKKERMAN, Davi. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho**: guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações habitacionais - Desempenho. São Paulo: Rush Gráfica e Editora Ltda, 2013.

PIMENTEL, Marcelo F.; PRADO, Edson L. **A usinabilidade dos aços de corte fácil baixo-carbono**. 2004. Disponível em: <<http://www.guiadasiderurgia.com.br/novosb/links/693-acos-corte-facil-baixo-carbono>>. Acesso em: 6 out. 2016.

RODOVALHO, Ana Cristina. **Principais anomalias e falhas de sistemas de esquadrias**. Disponível em: <<http://anacristinarodvalho.com.br/pericia/principais-anomalias-e-falhas-de-sistemas-de-esquadrias/>>. Acesso em: 7 set. 2016.

RODRIGUES, Jonas Vieira. **Esquadrias usadas na construção civil brasileira**: características e execução. 2015. 69 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em:
<http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_JONAS%20VIEIRA%20RODRIGUES.pdf>. Acesso em: 7 set. 2016.

SABINO, Rafaela. **Patologias causadas por infiltração em edificações**. Disponível em:
<<https://blogdopetcivil.com/2014/12/03/patologias-causadas-por-infiltracao-em-edificacoes/>>. Acesso em: 31 out. 2016.

SANTOS, Flavia Fernanda dos; VASCONCELLOS NETO, Laurentino Correa de. **Estudo do processo de tratamento superficial em alumínio**. 2011. Disponível em: <<http://saic.anhanguera.com/index.php/pp/article/view/3077>>. Acesso em: 05 out. 2016.

SASAZAKI. **Porta-Balcão de Correr 6 Folhas**. 2016. Disponível em: <<http://www.sasazaki.com.br/detalhe-produto/porta-balcao-de-correr-6-folhas-pbc-linha-alumifort/>>. Acesso em: 20 set. 2016.

SILVA, Adriana Teresinha. **Comparativo entre os processos de implantação do Código Técnico das Edificações na Espanha e NBR 15.575/2008 – desempenho – no Brasil**. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011. Disponível em: <<http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/tede/AdrianaTeresinhadaSilva.pdf>>. Acesso em: 4 ago. 2016.

SILVA, Fernando Benigno. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, São Paulo, n. 174, set. 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/174/patologia-das-construcoes-uma-especialidade-na-engenharia-civil-285892-1.aspx>>. Acesso em: 29 set. 2016.

TEMPERMED; OMEGA. **As 5 principais causas da quebra de vidro temperado**. 2016. Disponível em: <<http://blog.feitosparadurar.com.br/2016/06/15/as-5-principais-causas-da-quebra-de-vidro-temperado/>>. Acesso em: 05 out. 2016.

VETRO. **Vidro temperado**. 2016. Disponível em: <http://www.etrovidros.com.br/site/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=7&Itemid=7>. Acesso em: 24 set. 2016

VIEIRA, Isys de Mattos; BARRETO, Mariana Mena. **Proposição de um check list para atender os requisitos mínimos de desempenho da NBR 15575:2013**. 2016. 207 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2016.

VIPEL Indústria e Comércio Ltda. **Obra Residencial Mirage**. Disponível em: <<http://www.vipel.ind.br/>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

VOITILLE, Nadine. **Vidro Isolante Termo-acústico**. 2012. Disponível em: <<http://www.cliquearquitectura.com.br/artigo/vidro-isolante-termo-acustico.html>>. Acesso em: 9 out. 2016.

ZULIAN, Carlan Seiler. Ponta Grossa, 2002. Apostila da disciplina de Construção Civil do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Disponível em: <<http://www.uepg.br/denge/aulas/esquadrias/Esquadrias.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA COLETA DE DADOS

O questionário abaixo tem como objetivo buscar informações sobre a aplicação de esquadrias de alumínio e vidro temperado em função dos critérios de desempenho expostos pela NBR 15575: 2013 (Edificações Habitacionais – Desempenho).

Os resultados desta pesquisa farão parte do Trabalho de Conclusão de Curso realizado pelos acadêmicos Maíke Marcelino Vítório e Vítor Iung da Rosa, do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. As respostas obtidas através deste questionário terão extrema importância no tema em questão. Para tanto, garantimos o completo sigilo da fonte das informações.

QUESTIONÁRIO

1. Qual a relevância dada pela construtora quanto às esquadrias aliado à NBR 15575 (Edificações Habitacionais – Desempenho)?
2. Durante a fase de incorporação de uma obra, além dos projetos comuns (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, PCD), tem-se a preocupação de prever e detalhar em desenho as esquadrias que serão utilizadas?
3. Quais os critérios utilizados pela construtora para a compra e instalação das esquadrias de alumínio e vidro temperado?
4. Atualmente, quais requisitos estão sendo praticados nas obras da construtora quando o assunto são esquadrias de alumínio e vidro temperado, vinculado à NBR 15575?
 - () Desempenho estrutural
 - () Segurança contra incêndio
 - () Estanqueidade à água
 - () Permeabilidade ao ar
 - () Desempenho térmico
 - () Desempenho acústico
 - () Durabilidade e manutenibilidade
 - () Não são seguidos nenhum dos requisitos acima citados

Agradecemos sua colaboração!

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELA EMPRESA “A”

O questionário abaixo tem como objetivo buscar informações sobre a aplicação de esquadrias de alumínio e vidro temperado em função dos critérios de desempenho expostos pela NBR 15575: 2013 (Edificações Habitacionais – Desempenho).

Os resultados desta pesquisa farão parte do Trabalho de Conclusão de Curso realizado pelos acadêmicos Maíke Marcelino Vitório e Vítor Iung da Rosa, do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. As respostas obtidas através deste questionário terão extrema importância no tema em questão. Para tanto, garantimos o completo sigilo da fonte das informações.

QUESTIONÁRIO

1. Qual a relevância dada pela construtora quanto às esquadrias aliado à NBR 15575 (Edificações Habitacionais – Desempenho)?

Anteriormente à NBR 15575, já existiam normas que preconizavam padrões mínimos de exigência para as edificações, entretanto que não estavam compactados em um único meio e que não eram consolidados de tal forma. A Norma de desempenho atual serve exatamente para aglutinar todas estas variáveis e permitir um entendimento melhor pelo consumidor final e pelos próprios profissionais da área quanto aos níveis adequados e característica do produto final. Faz-se este esclarecimento, com o intuito de observar que a empresa já buscava seguir e atendia boa parte dos requisitos presentes na atual NBR 15575 anteriormente à ela. Com o cenário atual, buscamos ainda mais verificar os processos e os materiais empregados, tentando atender sempre no maior nível possível, com o padrão de imóvel construído. Tendo como objetivo, enquadrar todo produto final em todas as etapas presentes na norma brasileira.

2. Durante a fase de incorporação de uma obra, além dos projetos comuns (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, PCI), tem-se a preocupação de prever e detalhar em desenho as esquadrias que serão utilizadas?

Buscamos prever todos os detalhamentos necessários nos projetos comuns à aprovação do empreendimento. Além disso, prevemos em memoriais descritivos e manuais dos proprietários toda a especificação dos materiais utilizados.

Referente às esquadrias, por exemplo, indicamos nos documentos as linhas e empresas que utilizaremos para o produto final.

3. Quais os critérios utilizados pela construtora para a compra e instalação das esquadrias de alumínio e vidro temperado?

Como complemento à questão anterior, são indicadas em memoriais e manuais as linhas, modelos e marcas de esquadrias que serão adotadas no empreendimento. Para fazer esta indicação são observados os desempenhos destes produtos e o atendimento dos mesmos em relação a norma. São exigidos pela empresa que sejam fornecidos os laudos de ensaios de laboratórios credenciados que atestem o desempenho da esquadria e o atendimento da NBR 15575.

4. Atualmente, quais requisitos estão sendo praticados nas obras da construtora quando o assunto são esquadrias de alumínio e vidro temperado, vinculado à NBR 15575?

Desempenho estrutural

Segurança contra incêndio

Estanqueidade à água

Permeabilidade ao ar

Desempenho térmico

Desempenho acústico

Durabilidade e manutenibilidade

Não são seguidos nenhum dos requisitos acima citados

Agradecemos sua colaboração!

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELA EMPRESA “B”

O questionário abaixo tem como objetivo buscar informações sobre a aplicação de esquadrias de alumínio e vidro temperado em função dos critérios de desempenho expostos pela NBR 15575: 2013 (Edificações Habitacionais – Desempenho).

Os resultados desta pesquisa farão parte do Trabalho de Conclusão de Curso realizado pelos acadêmicos Maíke Marcelino Vitório e Vítor Iung da Rosa, do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. As respostas obtidas através deste questionário terão extrema importância no tema em questão. Para tanto, garantimos o completo sigilo da fonte das informações.

QUESTIONÁRIO

1. Qual a relevância dada pela construtora quanto às esquadrias aliado à NBR 15575 (Edificações Habitacionais – Desempenho)?

As esquadrias têm grande importância desde a concepção do empreendimento, pois necessitam adequar-se aos requisitos mínimos de desempenho exigidos pela NBR 15575. Tal importância acentua-se ainda mais, quando percebe-se o alto custo para recuperar ou reparar esquadrias que não atendam a estes parâmetros.

2. Durante a fase de incorporação de uma obra, além dos projetos comuns (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, PCI), tem-se a preocupação de prever e detalhar em desenho as esquadrias que serão utilizadas?

Sim, as esquadrias são detalhadas e especificadas pelo arquiteto do empreendimento, e quando necessário são aprimoradas ou modificadas pela fornecedora.

3. Quais os critérios utilizados pela construtora para a compra e instalação das esquadrias de alumínio e vidro temperado?

Qualidade do material, prazo de entrega e montagem e preço.

4. Atualmente, quais requisitos estão sendo praticados nas obras da construtora quando o assunto são esquadrias de alumínio e vidro temperado, vinculado à NBR 15575?

() Desempenho estrutural

- Segurança contra incêndio
- Estanqueidade à água
- Permeabilidade ao ar
- Desempenho térmico
- Desempenho acústico
- Durabilidade e manutenibilidade
- Não são seguidos nenhum dos requisitos acima citados

Agradecemos sua colaboração!

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELA EMPRESA “C”

O questionário abaixo tem como objetivo buscar informações sobre a aplicação de esquadrias de alumínio e vidro temperado em função dos critérios de desempenho expostos pela NBR 15575: 2013 (Edificações Habitacionais – Desempenho).

Os resultados desta pesquisa farão parte do Trabalho de Conclusão de Curso realizado pelos acadêmicos Maíke Marcelino Vitório e Vítor Iung da Rosa, do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. As respostas obtidas através deste questionário terão extrema importância no tema em questão. Para tanto, garantimos o completo sigilo da fonte das informações.

QUESTIONÁRIO

1. Qual a relevância dada pela construtora quanto às esquadrias aliado à NBR 15575 (Edificações Habitacionais – Desempenho)?

A NBR 15575 ganha aos poucos um lugar muito importante dentro das obras da construtora, visto ser uma norma que trouxe muitas mudanças do que comumente era construído. A cada passo que a empresa dá, sempre está aliado as novas normativas, verificando e aplicando aquilo que possível para melhorar a qualidade e desempenho de suas construções.

2. Durante a fase de incorporação de uma obra, além dos projetos comuns (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, PCI), tem-se a preocupação de prever e detalhar em desenho as esquadrias que serão utilizadas?

Sim, toda parte de detalhes e desenhos ficam a cargo da arquiteta que concebe o projeto do empreendimento.

3. Quais os critérios utilizados pela construtora para a compra e instalação das esquadrias de alumínio e vidro temperado?

Qualidade dos produtos, atendimento aos padrões de qualidade, preço, prazo de entrega.

4. Atualmente, quais requisitos estão sendo praticados nas obras da construtora quando o assunto são esquadrias de alumínio e vidro temperado, vinculado à NBR 15575?

(X) Desempenho estrutural

- Segurança contra incêndio
- Estanqueidade à água
- Permeabilidade ao ar
- Desempenho térmico
- Desempenho acústico
- Durabilidade e manutenibilidade
- Não são seguidos nenhum dos requisitos acima citados

Agradecemos sua colaboração!

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELA EMPRESA “D”

O questionário abaixo tem como objetivo buscar informações sobre a aplicação de esquadrias de alumínio e vidro temperado em função dos critérios de desempenho expostos pela NBR 15575: 2013 (Edificações Habitacionais – Desempenho).

Os resultados desta pesquisa farão parte do Trabalho de Conclusão de Curso realizado pelos acadêmicos Maíke Marcelino Vítório e Vítor Iung da Rosa, do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. As respostas obtidas através deste questionário terão extrema importância no tema em questão. Para tanto, garantimos o completo sigilo da fonte das informações.

QUESTIONÁRIO

1. Qual a relevância dada pela construtora quanto às esquadrias aliado à NBR 15575 (Edificações Habitacionais – Desempenho)?

Na contratação de material e serviço de esquadrias, pede-se que a empresa contratada sempre cumpra os requisitos mínimos da norma NBR 15575.

2. Durante a fase de incorporação de uma obra, além dos projetos comuns (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, PCI), tem-se a preocupação de prever e detalhar em desenho as esquadrias que serão utilizadas?

Nos projetos atuais não tem-se previsto este detalhamento, contudo pretendemos projetar o próximos empreendimentos utilizando o sistema BIM, o que nos possibilita mais facilmente incluir este nível de detalhamento.

3. Quais os critérios utilizados pela construtora para a compra e instalação das esquadrias de alumínio e vidro temperado?

Qualidade do material utilizado, qualidade da mão de obra, cumprimento dos prazos, garantia de qualidade pela empresa contratada, preço, cumprimento de normas de controle de qualidade, o que inclui a NBR 15575.

4. Atualmente, quais requisitos estão sendo praticados nas obras da construtora quando o assunto são esquadrias de alumínio e vidro temperado, vinculado à NBR 15575?

(X) Desempenho estrutural

(X) Segurança contra incêndio

- Estanqueidade à água
- Permeabilidade ao ar
- Desempenho térmico
- Desempenho acústico
- Durabilidade e manutenibilidade
- Não são seguidos nenhum dos requisitos acima citados

Agradecemos sua colaboração!