



CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOHN HERBERT FERREIRA DA SILVA

**ANÁLISE DO ATENDIMENTO A NBR 10821-3:2017: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA FABRICANTE DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO**

FORTALEZA

2021

JOHN HERBERT FERREIRA DA SILVA

ANÁLISE DO ATENDIMENTO A NBR 10821-3:2017: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA FABRICANTE DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof.^a Marisa Teófilo Leitão

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586a Silva, John Herbert Ferreira da.
Análise do atendimento a NBR 10821-3:2017: um estudo de caso em uma empresa fabricante de esquadrias de alumínio / John Herbert Ferreira da Silva. - 2021.
109 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2021.
Orientação: Profa. Ma. Marisa Teófilo Leitão.

1. Esquadrias de alumínio. 2. Normas Técnicas. 3. Construção Civil. 4. Atendimento. I. Título.

CDD 624

JOHN HERBERT FERREIRA DA SILVA

ANÁLISE DO ATENDIMENTO A NBR 10821-3:2017: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA FABRICANTE DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO

TCC apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof.^a Marisa Teófilo Leitão

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Me. Marisa Teófilo Leitão
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof.^o Me. Nelson de Oliveira Quesado Filho
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof.^a Esp. Tatiana Soares de Oliveira
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

RESUMO

Em todas as edificações é necessário o uso de esquadrias, independente do material utilizado em sua fabricação, para compor o sistema de vedações e também fazer a integração entre os ambientes de uma edificação. As esquadrias de alumínio estão ganhando cada vez mais espaço na construção civil, devido as propriedades do alumínio que confere versatilidade e ecoeficiência, ocasionando assim a entrada de novas empresas neste segmento do alumínio. Essas empresas fabricantes de esquadrias de alumínio, precisam atender as exigências das normas técnicas no que tange ao desempenho das esquadrias de alumínio dentro da construção civil. O não atendimento às normas, pode ocasionar em falhas e defeitos na fabricação e instalação das esquadrias de alumínio, o que compromete a qualidade do produto final e podendo causar diversos danos ao usuário. Todo esse assunto é melhor detalhado em uma série de normas de desempenho de esquadrias, que formam um ciclo de dependência entre si. Essas normas são a NBR 15575 (ABNT, 2013); NBR 10821 (ABNT, 2017); e por último a NBR 7199 (ABNT, 2016). Diante disso, o presente trabalho buscou verificar o atendimento aos requisitos da NBR 10821-3 por uma empresa local fabricante de esquadria de alumínio. Concluiu-se por meio da análise realizada durante visita de campo, análise documental, e entrevista a gestão da empresa, que o processo de fabricação das esquadrias de alumínio possui diversas etapas as quais precisam de controle rígido pois os problemas gerados nessa etapa podem prejudicar o desempenho final do produto. Dessa forma fica claro a importância das normas e dos ensaios exigidos pela mesma de forma a garantir a qualidade final do produto e o seu bom desempenho. Porém ressalta-se que para o bom funcionamento do sistema de esquadrias, além da etapa de fabricação, é preciso considerar as exigências normativas na fase de instalação e manutenção.

Palavras-chave: Esquadrias de alumínio. Normas Técnicas. Construção Civil. Atendimento.

ABSTRACT

In all buildings, it is necessary to use frames, regardless of the material used in their manufacture, to compose the sealing system and also make the integration between the environments of a building. Aluminum frames are gaining more and more space in civil construction, due to the properties of aluminum that provide versatility and eco-efficiency, thus causing the entry of new companies in this aluminum segment. These aluminum frame manufacturers, like any other, need to meet the requirements of technical standards regarding the performance of aluminum frames within civil construction. Failure to comply with standards can lead to failures and defects in the manufacture and installation of aluminum frames, which compromises the quality of the final product and can cause various damages to the user. This whole subject is further detailed in a series of frame performance standards, which form a cycle of dependence on each other. These standards are NBR 15575 (ABNT, 2013); NBR 10821 (ABNT, 2017); and finally, NBR 7199 (ABNT, 2016). Therefore, this work seeks to verify compliance with the requirements of NBR 10821 by a local aluminum frame manufacturer. It was concluded through the analysis carried out during the field visit, document analysis, and interview with the company's management, that the manufacturing process of aluminum frames has several stages which need strict control because the problems generated in this stage can harm the final product performance. In this way, the importance of the standards and tests required by it is clear in order to guarantee the final quality of the product and its good performance. However, it is noteworthy that for the proper functioning of the frame system, in addition to the manufacturing stage, it is necessary to consider the regulatory requirements in the installation and maintenance phase.

Key words: Aluminum frames. Technical Standards. Construction. Service.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Esquadria de giro eixo vertical19
- Figura 2 – Esquadria de correr20
- Figura 3 – Esquadria basculante20
- Figura 4 – Esquadrias projetantes21
- Figura 5 – Esquadria guilhotina21
- Figura 6 – Esquadria pivotante22
- Figura 7 – Esquadria de folha fixa22
- Figura 8 – Detalhamento de utilização de contramarco25
- Figura 9 – Infiltração devido ao mal fechamento dos quadros26
- Figura 10 – Porta de correr de 3 folhas30
- Figura 11 – Gráfico das isopletras da velocidade básica do vento (V_0), em m/s, no Brasil, conforme a ABNT NBR 6123 (Força devidas ao vento em edificações).6
- Figura 12 – Modelo de armazenamento horizontal das esquadrias40
- Figura 13 – Modelo de armazenamento vertical das esquadrias40
- Figura 14 – Fluxograma de pesquisa metodológica42
- Figura 15 – Setor de orçamento e montagem externa 47
- Figura 16 – Estoque dos perfis separados para fabricação das esquadrias48
- Figura 17 – Setor de corte48
- Figura 18 – Setor de usinagem49
- Figura 19 – Máquina computadorizada49
- Figura 20 – Máquina para corte de vidro50
- Figura 21 – Operação de lapidação e polimento de vidros51
- Figura 22 – Vidros prontos para montagem52

LISTA DE FIGURAS

Figura 23 – Bancada de acessórios

Figura 24 – Bancada de montagem53

Figura 25 – Supervisão das atividades54

Figura 26 – Esquadrias montadas54

Figura 27 – Esquadrias para expedição55

Figura 28 – Caminhão para transporte das esquadrias55

Figura 29 – Setor da produção56

Figura 30 – Relatório de produção de janelas56

Figura 31 – Arranhão em esquadria58

Figura 32 – Detalhe infiltração do protótipo LIS SL-40 EC61

Figura 33 – Detalhe infiltração entre a travessa inferior e o montante direito da folha esquerda do protótipo FIT SL-22 EC62

Figura 34 – Detalhe infiltração entre a travessa superior da folha direita e a travessa do marco do protótipo FIT SL-22 EC62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definição dos acessórios das esquadrias31

Quadro 2 – Valores de pressão de vento conforme a região do país e o número de pavimentos da edificação37

Quadro 3 – Níveis de desempenho das esquadrias quanto ao seu uso (janelas)38

Quadro 4 – Questionário a gestão da empresa fabricante de esquadrias de alumínio
45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Configuração do mercado brasileiro de esquadrias em 20057

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAL - Associação Brasileira do Alumínio

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

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção

NBR – Norma Brasileira

PBQP-H - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat

PIB - Produto Interno Bruto

PSQ - Programa Setorial da Qualidade

PVC – Policloreto de Vinila

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Questão de pesquisa.....	14
1.2 Objetivo Geral.....	14
1.3 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Estrutura do Trabalho.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Esquadrias de Alumínio.....	16
<i>2.1.1 Tipos e Aplicação das Esquadrias de Alumínio.....</i>	<i>18</i>
<i>2.1.2 Fabricação e instalação das Esquadrias de Alumínio.....</i>	<i>23</i>
2.2 Componentes das Esquadrias de Alumínio.....	27
<i>2.2.1 Alumínio.....</i>	<i>27</i>
<i>2.2.2 Vidros.....</i>	<i>29</i>
<i>2.2.3 Acessórios.....</i>	<i>30</i>
2.3 Normas Relacionadas as Esquadrias.....	31
<i>2.3.1 ABNT NBR 15575-4:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas - SVVIE...31</i>	
<i>2.3.2 NBR 10821-3:2017 – Esquadrias Para Edificações – Parte 3: Esquadrias Externas e Internas – Método de Ensaio.....</i>	<i>28</i>
<i>2.3.3 NBR 10821-5:2017 – Esquadrias Para Edificações – Parte 5: Esquadrias Externas – Instalação e Manutenção.....</i>	<i>39</i>
<i>2.3.4 ABNT NBR 7199:2016 – Vidros na Construção Civil – Projeto, Execução e Aplicações.....</i>	<i>41</i>
3. METODOLOGIA.....	42
3.1 Natureza da pesquisa.....	42
3.2 Tipologia da pesquisa.....	43

3.3 Coleta de dados.....	44
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	46
4.1 Análise da fabricação das esquadrias de alumínio.....	46
4.2 Análise dos ensaios realizados pela empresa fabricante de esquadrias de alumínio.....	59
<i>4.2.1 Permeabilidade ao ar.....</i>	<i>60</i>
<i>4.2.2 Estanqueidade a água.....</i>	<i>61</i>
<i>4.2.3 Resistência a cargas uniformemente distribuídas</i>	<i>63</i>
<i>4.2.4 Resistência as operações de manuseio.....</i>	<i>64</i>
<i>4.2.5 Segurança e manutenção nas operações de manuseio.....</i>	<i>64</i>
4.3 Análise das respostas do questionário realizado à gestão da empresa fabricante de esquadrias de alumínio.....	66
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
REFERÊNCIAS.....	71
ANEXO A - Relatórios de ensaio linha perfecta LIS SL-40 EC.....	74
ANEXO B - Relatórios de ensaio linha perfecta FIT SL-22 EC89	

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma indústria conhecida pelo grande consumo de matérias-primas. Além disso, ocupa uma parcela importante do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, que segundo Furletti, Vasconcelos e Mendes (2018), é de cerca de 22,4%.

Especialistas do setor apontaram que, entre os grandes desafios da indústria da construção, os seguintes pontos são importantes: aumentar a produtividade; implementar o controle de qualidade em todos os níveis; avaliar o desempenho de tecnologias e materiais; atender às necessidades do usuário; promover a gestão da qualidade de todas as construções industrializadas processos e sistemas, e realizando ações de redução de perdas, redução do consumo de energia e água e reciclagem para garantir a relação com o meio ambiente, de forma a garantir a sustentabilidade (REIS, 2006).

A versatilidade do alumínio permite sua aplicação não só na construção civil, mas também em diversos ramos, como transporte, energia elétrica, bens de consumo, embalagens, máquinas e equipamentos. Por serem duas indústrias principais e relacionadas entre si, os desafios da indústria do alumínio e da construção civil são os mesmos na macroeconomia brasileira porque são geradores de riquezas e postos de trabalho.

Como matéria-prima para a fabricação de esquadrias, o alumínio tem sido cada vez mais utilizado na construção civil no Brasil e no mundo. A esquadria de alumínio ocupa, na verdade, uma posição dominante em todos os edifícios residenciais e comerciais do país, e também muito utilizado em residências e fábricas. Os produtos de alumínio são duráveis e resistentes às intempéries, com vida útil média de mais de 40 anos, e apresentam excelentes efeitos de tratamento de superfície (pintura ou anodização). Comparado com outros materiais, o processo de conversão do alumínio apresenta praticidade e produtividade nos processos industriais, portanto o alumínio possui uma variedade de formas e designs (ABAL, 2021).

Não é difícil entender por que a esquadria de alumínio é ideal para empreendimentos sustentáveis, sendo amplamente utilizado como solução nos chamados "edifícios verdes". Além disso pode ser reciclado indefinidamente e apresenta vantagens em termos de ecoeficiência, pois apresenta excelentes

padrões de isolamento junto com outros materiais, ajudando assim a reduzir o consumo de energia elétrica. Também é importante notar que a esquadria de alumínio tem muitas possibilidades arquitetônicas que conduzem à iluminação natural (ABAL, 2021).

Nesse sentido, as construtoras continuam atentas à racionalização de seus sistemas produtivos e à urgência de estabelecer novas estratégias produtivas, exigindo maior nível de desempenho de cada etapa da cadeia produtiva que constitui a indústria. Desse modo, os produtos embarcados para esse segmento de mercado passaram a ser obrigados a fornecer certificação de desempenho para garantir a qualidade geral da edificação e aumentar sua competitividade no mercado.

A norma de desempenho NBR 15575 foi desenvolvida de acordo com as normas internacionais para padronizar o desempenho de edificações. Portanto, existem requisitos de qualidade e requisitos mínimos de desempenho para as necessidades e condições de exposição de cada usuário. No entanto, este código não pretende prescrever o material ou sistema construtivo pelo qual o projetista deve ser responsável, mas deverá fornecer um sistema que atenda a todas as condições mínimas, independentemente do método que adote. O desempenho e a sua longevidade contribuem para a disseminação deste conceito de padronização na área da construção civil, com o objetivo de fornecer produtos seguros e apoiar de forma geral o consumidor final (GODINI, 2014).

Diante da situação atual, é imprescindível que os profissionais envolvidos na especificação e produção de esquadrias de alumínio estejam atentos aos requisitos exigidos pelas normas técnicas. Ao determinar o tamanho do perfil e os componentes adquiridos, a escolha do vidro, do sistema e da linha de esquadria devem ser considerados. A correta escolha desses elementos é fundamental para o atendimento de requisitos de qualidade e desempenho para entregar o produto e a qualidade exigida pelas normas (CBIC, 2017).

Ainda segundo CBIC (2017), a esquadria é uma parte importante do desempenho da edificação, e seu objetivo é ir além dos aspectos estéticos e funcionais, trazendo também requisitos de desempenho estruturais, acústicos, térmicos e de iluminação. Para atender aos padrões de desempenho, as paredes externas e esquadrias precisam atender, principalmente, aos requisitos da ABNT NBR 10821:2017 - Esquadrias para edificação e ABNT NBR 7199:2016 - Vidros na

construção civil – Projeto, execução e aplicações. A construção de edifícios obriga as construtoras a operar com custos mais baixos, o que pode levar a erros de projeto e acidentes de trabalho, por isso a importância da padronização desses projetos por meio das Normas Brasileiras (NBR) é muito importante.

1.1. Questão de pesquisa

Sendo, a esquadria, um elemento relevante na escolha de um imóvel, estas constituem um fator determinante no processo de decisão de compra de um consumidor. Conforme o perfil do mercado atual o cliente final é o principal fiscal responsável pela cobrança da melhoria desse produto (MENDES, 2006).

O crescimento deste mercado, aumentou consideravelmente o número de fabricantes, mas alguns destes fabricantes não desenvolveram ou seguiram padrões que pudessem garantir a qualidade dos produtos fornecidos, comprometendo a cadeia produtiva das esquadrias de alumínio, e as esquadrias propriamente ditas (TRAVASSOS, 2010).

Toda essa expansão no mercado de esquadrias de alumínio, aumentou consideravelmente a oferta de produtos no mercado, com o surgimento de novas tecnologias, novos produtos, novos métodos entre tantos outros. Se por um lado os grandes fabricantes possuem projetos, e investem na padronização e certificação, do outro lado temos os pequenos fabricantes, que muitas vezes dominam a tecnologia, conhecem os métodos, porém não dão a garantia ou certificação de seus produtos conforme as normas, corroborando com o pensamento de Travassos (2010).

Sabendo que o mercado para esquadria de alumínio está cada vez maior e mais exigente surge o seguinte questionamento: “Como uma empresa fabricante de esquadria de alumínio busca atender aos requisitos da NBR 10821-3?”

1.2. Objetivo Geral

Partindo dessa pergunta, a presente pesquisa tem como objetivo geral descrever o atendimento aos requisitos da NBR 10821-3 por uma empresa fabricante de esquadria de alumínio.

1.3. Objetivos Específicos

Com o intuito de alcançar o objetivo geral da presente pesquisa, foram elencados como objetivos específicos:

- Detalhar o processo produtivo de esquadrias de alumínio e os possíveis problemas na fase de fabricação;
- Interpretar os laudos de ensaios realizados pelo fabricante de esquadrias a luz da NBR 10821-3:2017;
- Compreender os desafios de atendimento as exigências da NBR 10821-3:2017 pela empresa em estudo.

1.4. Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco seções, sendo a primeira seção a introdução, que é responsável pela apresentação geral dos motivadores do trabalho, mostrando a justificativa, a problemática o objetivo geral e os objetivos específicos desse trabalho. A segunda seção é o referencial teórico que mostra conteúdos relacionados ao tema em estudo, sendo dividido entre, esquadrias de alumínio, componentes das esquadrias de alumínio, normas relacionadas as esquadrias. A terceira seção diz respeito a metodologia, onde será apresentado o método de pesquisa para estudar os objetivos traçados, sendo mostrado qual tipo de pesquisa será aplicado. A quarta seção será a apresentação e discussão dos resultados e a quinta e última seção será destinada as conclusões da pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para atingir os objetivos deste trabalho, foi realizado um levantamento dos temas básicos, a fim de se obter um conhecimento mais aprofundado sobre as esquadrias de alumínio, os processos que as envolvem e a contextualização da utilização desse tipo de esquadria na construção civil no Brasil. A seguir, cada um desses tópicos será apresentado com mais detalhes.

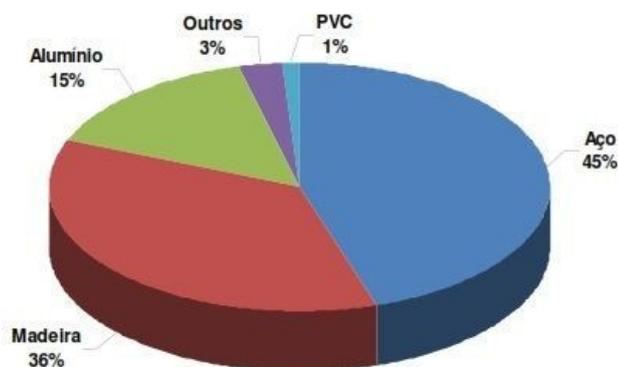
2.1. Esquadrias De Alumínio

Até a década de 1950, o uso do alumínio em esquadrias na construção civil no Brasil era praticamente inexistente. Naquela época, apenas materiais mais econômicos eram usados, como o aço e a madeira, encontrados em grandes quantidades no país, não havendo necessidade de importação (REIS, 2006). Ainda segundo Reis (2006), o alumínio começou a ser introduzido no país como componente de esquadrias de aço. Algumas peças, como baguetes e trilhos, feitas de chapas dobradas de alumínio complementavam essas esquadrias.

Posteriormente, com o domínio da tecnologia de extrusão, processo de transformação do alumínio em perfis, o material passou a ter uma participação efetiva no mercado brasileiro. A arquitetura de Brasília é um bom ponto de partida, conforme Cardoso (2004) a embaixada da Alemanha em Brasília consumiu 115 toneladas de alumínio entre esquadrias e revestimentos, e até hoje a cidade exhibe perfis de alumínio para fixação de vidros. Somente na década de 1960 as empresas que fabricavam alumínio adotaram técnicas sofisticadas de extrusão e começaram a desenvolver designs mais arrojados em esquadrias de alumínio (REIS, 2006).

A configuração do mercado brasileiro de esquadrias em 2005, segundo dados da Comissão Técnica de Construção Civil da Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), era dominado pelas esquadrias de aço, seguidas da madeira, do alumínio e outros materiais e, por fim, do PVC (Gráfico 01) (2005).

Gráfico 01 – Configuração do mercado brasileiro de esquadrias em 2005



Fonte: COMITÊ TÉCNICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA ABAL, 2005.

Contudo, Santomauro (2010) afirma que, segundo as expectativas do presidente da Associação Nacional dos Fabricantes de Esquadrias de Alumínio (Afeal), as esquadrias confeccionados em alumínio respondem atualmente por cerca de 20% do mercado brasileiro de esquadrias.

Com o passar dos anos, o mercado imobiliário vem mudando, tendo em vista o contínuo interesse dos residentes dos grandes centros urbanos em melhorar a qualidade de vida, e a procura das construtoras para proporcionar aos clientes um serviço confortável nas mais diversas áreas. Edifícios com maior desempenho e eficiência veem sendo construídos, e novas tecnologias e novos materiais foram usados desta forma. Além de sustentáveis, esses materiais também devem atender a diversos requisitos de desempenho.

A partir do aumento expressivo desse tipo de esquadria, as empresas buscam soluções que atendam às necessidades do cliente, para tanto, o setor utiliza-se também do termo sistema de esquadrias para designar composições que agrupam uma solução completa em esquadrias. Um sistema de esquadrias compreende o conjunto de perfis extrudados, acabamentos de superfície – anodização ou pintura -, acessórios, pequenos equipamentos, material técnico, assistência técnica, software e outros componentes e serviços desenvolvidos para oferecer soluções completas a fabricantes de esquadrias, arquitetos, construtores e empreendedores. Um sistema geralmente é comercializado com a utilização de uma forte marca registrada, que lhe confere maior credibilidade e agrega valor. O desenvolvimento desses sistemas pode ser feito tanto pelos extrusores quanto pelos fabricantes de esquadrias, porém a montagem e instalação são atividades dos

fabricantes de esquadrias. As empresas que executam esse tipo de composição são chamadas de sistemistas (TRAVASSOS, 2010).

O surgimento dos sistemas – em meados da década de 1980 – possibilitou o desenvolvimento do mercado por exigir fabricantes melhores preparados pela própria qualificação das esquadrias. O fabricante de esquadrias de alumínio precisa investir numa parceria com o sistemista, que muitas vezes chega a cobrar dos fabricantes luvas, catálogo e toda a informação técnica ou adquirir o ferramental de usinagem. Os valores cobrados se justificam pelo elevado custo para o desenvolvimento de um sistema. Primeiramente o projeto passa por projetistas muito experientes que determinam, calculam e indicam, o tempo do projeto, ferramentais de extrusão, ferramentais de usinagem, dispositivos, componentes, protótipos e testes. Depois, vêm os materiais de comunicação envolvendo, inclusive, catálogos técnicos, treinamento e, novamente, capital para disponibilidade de estoques (AFEAL, 2009).

É de se notar, portanto, que a indústria de esquadrias de alumínio no Brasil, através dos anos, veio se desenvolvendo com base em necessidades de atendimento a solicitações técnicas com melhoria de qualidade, eliminação de desperdício e ganho de produtividade na fabricação, ou também por necessidades de mercado, no atendimento de necessidades estéticas e praticidade na montagem com ganho em custo (TRAVASSOS, 2010).

2.1.1. Tipos e Aplicações das Esquadrias De Alumínio

Os edifícios atuais são projetados e utilizados como “envelopes” e devem proporcionar o máximo de proteção e conforto na vida, no trabalho e no descanso das pessoas (GRANZOTTO *et al.*, 2017). Na composição desse envelope, as esquadrias de alumínio têm funções muito além de sua composição estrutural e estética, pois são a base para atender a diversos requisitos de desempenho (CBIC, 2017). Como uma das principais partes na construção de edifícios, as esquadrias também são a maior causa de certas falhas de desempenho, pois se não forem fabricadas e instaladas de forma adequada, vão causar ruído na construção, vazamento de água da chuva e acidentes domésticos, além de interferir diretamente na qualidade de vida das pessoas.

Conforme apontou Rodrigues (2015), a esquadria é um elemento capaz de controlar a luz, o vento, a estanqueidade, a transmissão de calor e som, além de ser funcional e estético. Ela consiste em perfis e acessórios complementares, como ferragens e vidros. Normalmente, são utilizados portas, janelas, fachadas, caixilhos ou outros elementos que integram o espaço e as pessoas.

Os principais tipos de esquadrias utilizados na construção civil são divididos de acordo com suas funções. Assim, podem ser usadas na composição de janelas (possibilitando circulação de ar e luminosidade), portas (para a separação de ambientes, permitindo circulação de pessoas ou objetos), grades (aumentando a segurança de um determinado espaço), cobogós (elemento de superfície vazada que permite ventilação e luminosidade), alçapão (possibilitando acesso a porões e sótão), brise-soleil (elemento de controle de luminosidade e temperatura), claraboia (esquadria utilizada para iluminação natural localizadas nas coberturas), fachadas cortina (escudo estético de um edifício utilizado continuamente entre dois ou mais pavimentos de forma interrupta) e portões (separação de ambientes permitindo a circulação de pessoas ou objetos) (RODRIGUES, 2015).

Rodrigues (2015), salienta que há uma diversidade de esquadrias, cada qual projetada e construída conforme o material e a natureza da abertura. Segundo o autor, existem no mercado esquadrias em tamanhos padrão conforme as dimensões mais utilizadas, porém, é comum encomendar a fabricação de esquadrias sob medida. Ainda segundo Rodrigues, os tipos mais comuns de esquadrias são:

- Esquadria de abrir: é o tipo mais comum, geralmente são simples portas e janelas de abrir, onde uma folha ou mais se abrem, girando sobre dobradiças ou pivô, para fora ou para dentro do ambiente onde está instalada. A Figura 1 apresenta uma esquadria de abrir.

Figura 1 - Esquadria de giro eixo vertical



Fonte: Catálogo Metallock. (2019)

- Esquadria de correr: são portas e janelas, apoiadas ou penduradas em trilhos, que correm lateralmente para realização da abertura ou fechamento. Nestas esquadrias é fundamental escolher muito bem o tipo de trilho de acordo com o material utilizado na sua fabricação, pois diferentes trilhos podem suportar ou não o peso da esquadria, ou ainda, permitir maior ou menor abertura. A Figura 2 apresenta exemplo de esquadria de correr.

Figura 2 – Esquadria de correr



Fonte: Catálogo Metallock. (2019)

- Esquadria basculante: são fixadas em pivôs laterais que permitem a esquadria bascular projetando parte para dentro e parte para fora do ambiente. Os clássicos vitrôs acionados por alavanca são também um tipo de esquadria basculante. Em tempos remotos, as esquadrias basculantes eram apenas as janelas basculantes, porém, atualmente há uma grande variedade de portões basculantes em residências e até em galpões industriais. A Figura 3 apresenta exemplo de esquadria do tipo basculante

Figura 3 - Esquadria basculante



Fonte: Autor. (2021)

- Esquadria Maxi-Ar: embora sejam similares às basculantes, ao se abrirem, toda sua folha se projeta para fora do ambiente, podendo chegar a uma abertura de quase 90 graus. Durante a abertura ou fechamento, ela pode parar em qualquer ponto, graças ao uso de uma corrediça especial em suas laterais, ao invés do pivô presente na janela basculante. A Figura 4 apresenta um exemplo de abertura Maxi-Ar.

Figura 4 – Esquadrias projetantes

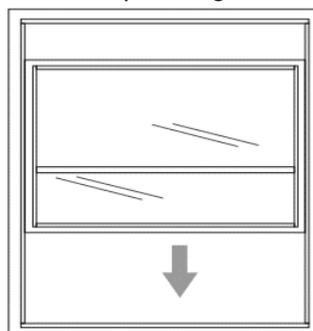


Fonte: Catálogo Metallock. (2019)

- Esquadrias guilhotina: é composta de duas “folhas”, sendo que quando fechada, uma folha fica em cima e uma fica embaixo, geralmente acompanhadas de venezianas de abrir. Neste modelo, é possível escolher se deixa a parte superior ou a inferior aberta. Nestas janelas é muito importante tomar cuidado no ato de abrir e fechar para evitar que uma das folhas caia sobre partes do corpo do usuário, como a mão ou os dedos,

com a possibilidade de causar sérias lesões. A Figura 5 apresenta exemplo de esquadria tipo guilhotina.

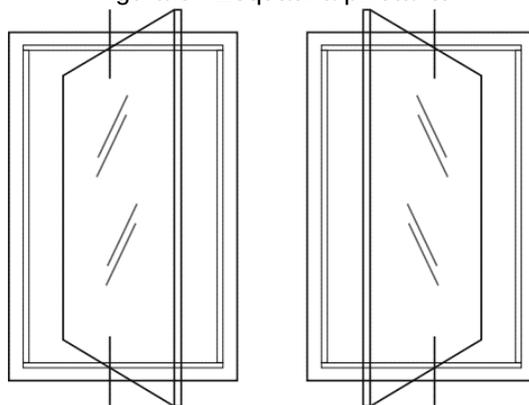
Figura 5 - Esquadria guilhotina



Fonte: NBR 10821-1 (ABNT, 2017, p. 4).

- Esquadria pivotante: é aquela em que a folha da porta ou janela gira sobre seu próprio eixo, tanto na vertical quanto na horizontal, conforme apresentado na Figura 6.

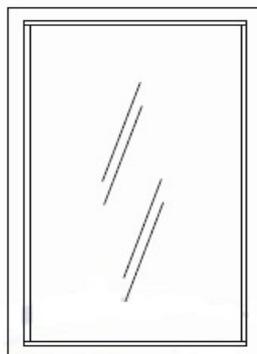
Figura 6 - Esquadria pivotante



Fonte: NBR 10821-1 (ABNT, 2017, p. 3).

- Esquadrias Fixas: possuem funções estéticas ou de iluminação, se for utilizado uma folha veneziana pode funcionar para ventilação. São comuns em corredores e escadas. A Figura 7 apresenta exemplo de esquadria fixa.

Figura 7 - Esquadria de folha fixa



Fonte: NBR 10821-1 (ABNT, 2017, p. 2).

As tipologias das esquadrias utilizadas são decididas na fase inicial de projeto, de acordo com a necessidade do empreendimento (ALBUQUERQUE, 2017). As esquadrias podem mudar alguns elementos de sua estrutura para melhor atender a situação encontrada e trocar suas funções. Por exemplo, se nas janelas fixas onde são colocados vidros forem instaladas venezianas, permitirá que a esquadria tenha boa ventilação e nenhuma iluminação, logo as esquadrias podem ser muito versáteis (SILVANO; SOBRINHO, 2020).

2.1.2. Fabricação e Instalação das Esquadrias de Alumínio

De acordo com Travassos (2010) os sistemas de esquadrias de alumínio são os únicos do mercado homologados pelo PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), administrado pelo Governo Federal, através do Ministério das Cidades com a função de combater a não conformidade, promover a qualidade de materiais e serviços e aumentar a produtividade de todos os segmentos da construção civil. Para serem homologados, esses produtos devem atender às especificações da norma NBR 10.821 em termos de permeabilidade ao ar, estanqueidade, resistência à carga de vento e operações de manuseio. Essas esquadrias também atendem totalmente aos requisitos de desempenho acústico recomendados pela NBR 15.575 (ABAL, 2021).

Para atender esses requisitos, os fabricantes de esquadrias de alumínio mantem uma forte relação com os fornecedores de perfis, que são normalmente os distribuidores ou até mesmo os extrusores, os quais são os responsáveis pela fabricação e entrega dos perfis no distribuidor, que, por sua vez, cuida de sua

comercialização. Dependendo dos volumes de aquisição de perfis em função da obra, os extrusores podem atuar diretamente junto aos serralheiros, inclusive apoiando nos projetos, assim como os distribuidores, exercendo, portanto, grande influência neste setor (VAILATI FILHO, 2017).

O sistema de fabricação de esquadrias de alumínio utiliza os processos de corte, usinagem, inserção dos acessórios e montagem, que pode ser feita a partir de parafusos, onde os perfis são cortados em ângulo de 90 graus ou encaixe com travamento de perfis cortados em ângulo de 45 graus por cunha e cantoneira. Além disso, é necessária a colocação de borrachas e guarnições vedadoras para a instalação dos vidros, travamento por baguetes, aplicação de silicone, embalagem e acondicionamento (RODRIGUES, 2015).

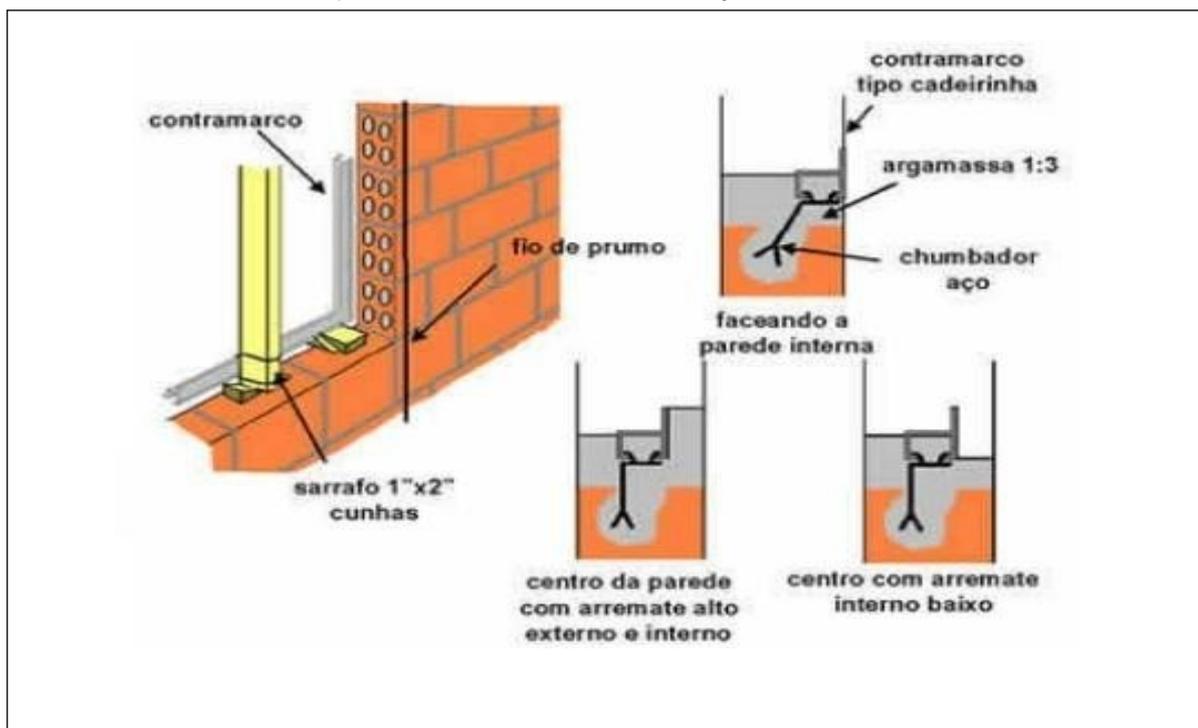
Existem dois métodos de fabricação de esquadrias de alumínio. A primeira dela é a estrutura padronizada (fabricação em massa), não requer trabalho especial durante o processo de instalação. O processo de instalação deste tipo de esquadria é muito simples, com chumbadores e argamassa para fixá-los completamente nas paredes de vedação, sendo normalmente utilizadas em casas populares. Outra forma, denominada esquadrias sob medida, costuma ser utilizada para edificações de médio e alto padrão, pois permite diversos tipos de produtos, utiliza produção enxuta e o próprio nome define seu processo de fabricação (CBIC, 2017). Este processo de fabricação tem características artesanais, pois para cada projeto especificado pela construtora, é realizado um tipo específico de corte e montagem, de forma que as esquadrias são feitas praticamente sob encomenda, contrariando a produção em série (FONTANINI *et al.*, 2004).

Ainda segundo Fontanini *et al.*, (2004), os detalhes para produção são especificados pelo fabricante de esquadrias, com base no projeto arquitetônico fornecido. Após a confirmação do pedido, o projetista do fabricante de esquadrias retorna na obra para conferir as medidas de projeto e detalhes construtivos relevantes para a produção das peças. A partir dos projetos de detalhamento arquitetônico das esquadrias e medidas conferidas em obra, o fabricante de esquadrias elabora o novo projeto executivo para a fabricação de esquadrias, que posteriormente segue para a linha de produção.

Na etapa de instalação, além do manual de instruções construtivas, outro aspecto importante que deve ser determinado no projeto são as características do vão de instalação da esquadria e a altura do peitoril, onde pode-se destacar a

determinação do uso ou não de soleiras, como também a fixação da posição da esquadria, podendo colocá-la no centro ou extremidade, e determinação do uso do contramarco, conforme mostrado na Figura 8 (CBIC, 2017).

Figura 8 – Detalhamento de utilização de contramarco



Fonte: AFEAL (2018).

Com a superfície devidamente preparada, deve-se chumbar a esquadria no vão. Essa parte já deve ser prevista no projeto, pois o contramarco poderá ser instalado através de chumbamento com grapa, fixação mecânica, chumbamento direto, fixação mista ou fixação por ancoragem. Posteriormente, o vão será estancado com vedantes químicos como o silicone, feito principalmente nas arestas, contornos e juntas a fim vedar perfeitamente a esquadria (NBR 10821-5, ABNT, 2017).

No processo de chumbamento, o contramarco fica caracterizado como acessório provisório para a instalação da esquadria definitiva; sob o ponto de vista da obra civil estaria cumprindo seu papel imediato de “gabarito” de execução de abertura de alvenaria. Quando não se dispensa atenção suficiente para a execução com qualidade deste “acessório provisório”, tem-se as patologias características da interface entre esquadria e alvenaria, tal como a infiltração de água de chuva e o conseqüente surgimento de manchas e mofo na parede do peitoril (IIZUKA, 2001).

No entanto, as novas técnicas construtivas permitem abolir o contramarco e as suas funções devem ser substituídas por um novo sistema de instalação de esquadrias. Desse modo resume-se as funções principais do contramarco em: garantia de vão e referência para o revestimento; fixação na alvenaria e vedação na interface contramarco/alvenaria. A garantia de vão e a referência para o revestimento de acabamento podem ser executadas pelo gabarito, que serão aproveitados em vários vãos, sendo necessários em quantidade inferior ao contramarco que é utilizado em todos os vãos. A fixação através de grapas soldadas pode ser substituída por parafusos e buchas, materiais mais fáceis de manusear, que não exigem nem ferramentas e nem mão de obra especializada, aumentando a velocidade de execução, ou seja, melhorando a produtividade de instalação de esquadrias (IIZUKA, 2001)

A NBR 10821-5 (ABNT, 2017) contempla também que o fabricante deverá apresentar o melhor método de instalação para cada tipo de vão, informando os procedimentos que deverão ser seguidos pelo instalador. Bem como, instruir, de forma clara e objetiva, o procedimento para realizar a vedação, o acabamento e, quando for necessário, a pintura de acabamento da esquadria. Além, de estabelecer os métodos de manutenção e limpeza.

Para Carlos Yamamoto apud Antunes (2004), para evitar problemas de desempenho das esquadrias, é fundamental ter um controle rigoroso na instalação. A boa instalação evita problemas em praticamente todas as exigências, como segurança, habitabilidade, durabilidade e qualidade dos acessórios e dos dispositivos complementares de estanqueidade. Quando há falhas na instalação podem ocorrer: penetração de água para o interior da unidade por meio de frestas ou juntas mal vedadas da janela como pode ser visto na Figura 9; deformações no perfil de marco, quando não se tem o controle do material utilizado para a calafetação entre a parede e o marco; e mal funcionamento das janelas (operações de manuseio) e infiltração de água pela esquadria, podem ocorrer por desvios de esquadro, nível ou prumo (TOSIN, 2011).

Figura 9 – Infiltração devido ao mal fechamento dos quadros



Fonte: (SILVANO; SOBRINHO, 2020)

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

2.2. Componentes das esquadrias de alumínio

As esquadrias de alumínio possuem diversos elementos que as compõem. Dentre eles temos o contramarco, marco, folhas, acessórios e vidros, que quando juntos, formam o produto final acabado (ALBUQUERQUE, 2017). Cada um desses elementos possui uma função importante para que o sistema como um todo atenda aos requisitos de desempenho para o qual foi projetado. Nos itens a seguir, os principais componentes das esquadrias de alumínio serão apresentados.

2.2.1 Alumínio

O alumínio é o terceiro elemento mais abundante encontrado na natureza, depois do oxigênio e do silício. É o metal não-ferroso mais abundante, se caracterizando como um material leve, reciclável e com tantas outras características, que contribuem para sua utilização em larga escalas, segundo dados da Associação Brasileira do Alumínio (ABAL, 2013).

Por ser um material leve e durável, o alumínio é um dos metais mais versáteis em termos de aplicação, o que garante sua presença em uma grande diversidade de indústrias e segmentos. Produtos que utilizam o alumínio ganham também competitividade, em função dos inúmeros atributos e benefícios que este metal a eles incorpora (REIS, 2006).

O alumínio possui diversas propriedades e características que o tornam um excelente material para a fabricação de produtos como as esquadrias. Entre as principais vantagens da aplicação do alumínio, podem ser citadas (ABAL. Fundamentos do alumínio e suas aplicações, 2021):

- Leveza: Nos transportes representa menor consumo de combustível, menor desgaste, mais eficiência e maior capacidade de carga. Nas

embalagens, apresenta praticidade e portabilidade, por seu peso reduzido em relação a outros materiais.

- Excelente relação resistência/peso: Nos transportes, confere desempenho excepcional a qualquer parte de equipamento de transporte que consuma energia para se movimentar. Aos utensílios em geral, confere durabilidade e manuseio seguro, com facilidade de conservação.
- Estética: Aparência moderna em qualquer aplicação, por ser um material nobre, limpo e que não se deteriora. Mantém sempre o aspecto original e permite soluções criativas de design.
- Resistência à corrosão: Facilita a conservação e a manutenção das obras em produtos como portas, janelas, forros, telhas e revestimentos usados na construção civil, bem como em equipamentos e partes ou estruturas de veículos de qualquer porte. Nas embalagens: é fator decisivo por sua característica higiênica e pela capacidade de barreira à contaminação.
- Moldabilidade e soldabilidade: Facilidade de conformação, devido à alta maleabilidade e ductilidade, possibilitando formas adequadas aos mais variados usos e projetos.
- Resistência e dureza: A robustez do alumínio se traduz em qualidades estruturais, com excelente comportamento mecânico, aprovado em aplicações como aviões e trens.
- Possibilidade de muitos acabamentos: Anodização e pintura assumem a aparência adequada para aplicações em construção civil. A aplicação destes acabamentos reforça ainda mais a resistência natural do material à corrosão.
- Reciclabilidade: Depois de muitos anos de vida útil, segura e eficiente, o alumínio pode ser reciclado, com recuperação de parte significativa do investimento e economia de energia, como já acontece largamente no caso da lata de alumínio. Além disso, o meio ambiente é beneficiado pela redução de resíduos e economia de matérias-primas propiciadas pela reciclagem.

2.2.2 Vidros

Inicialmente as folhas das janelas eram de madeira, uma vez que o emprego do vidro plano só ocorreu no século XIX, afirmou Xavier (2008). As décadas que se seguiram apresentaram uma evolução contínua na aplicação dos vidros em esquadrias, e no entender de Leal (2008), essa evolução contínua trouxe um aumento qualitativo no desempenho das esquadrias, permitindo técnicas que aumentem o seu desempenho acústico e térmico.

Todas as aplicações de vidros na construção civil devem atender o que determina a norma ABNT NBR 7199:2016 (Vidros na construção civil – Projeto, execução e aplicações), para garantir a segurança dos usuários. Os vidros float, impresso, temperado, laminado, aramado, insulado e os de controle solar são os tipos mais aplicados na construção civil. Existem também outros com características específicas para uma determinada aplicação, por exemplo: autolimpeza, antibactéria, controle de privacidade, proteção contra determinadas radiações e proteção contrafogo (CBIC, 2017). Ainda conforme CBIC (2017), dentre os tipos de vidros mais utilizados em esquadrias de alumínio estão:

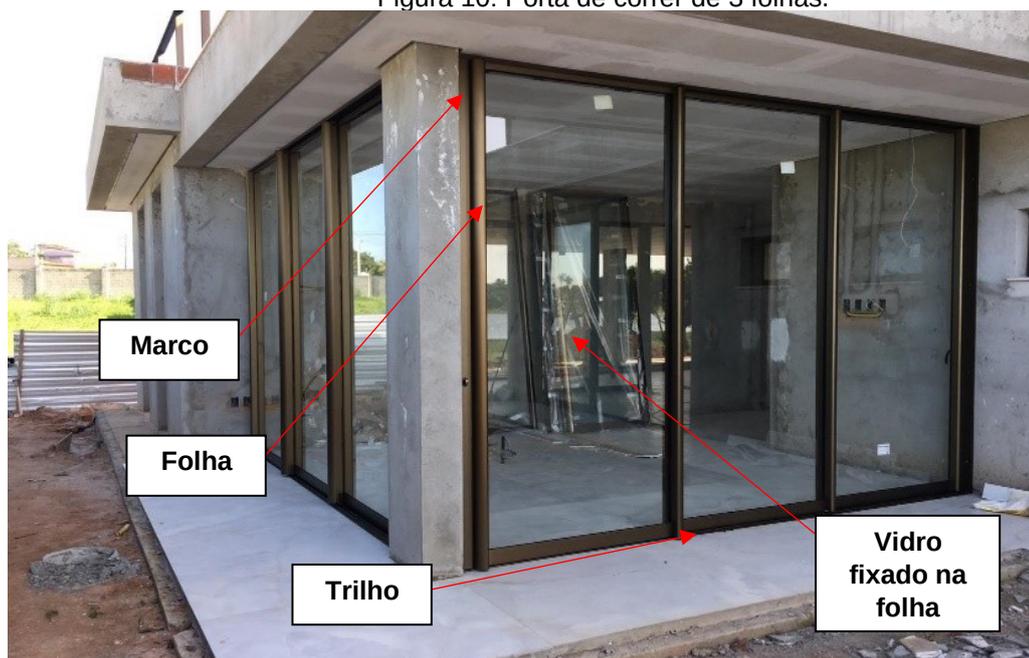
- a. O vidro float (ou comum) é um vidro totalmente transparente, de superfícies polidas e paralelas, ideal para aplicações que exijam perfeita visibilidade e alta transmissão de luz. Ele constitui a matéria-prima de diversos produtos finais, podendo ser laminado, temperado, insulado, xerografado, dentre outros.
- b. Laminado, é composto de duas ou mais lâminas de vidro fortemente interligadas por uma ou mais camadas intermediárias. Atua na redução dos raios ultravioleta (inclusive o vidro incolor) e, com isso, protege móveis, pisos e roupas do desbotamento causado pelos raios UV. Reduz os danos causados pela exposição a esse tipo de raio e a entrada de ruídos externos, proporcionando conforto acústico. Em caso de quebra, seus cacos ficam presos à camada intermediária, evitando a abertura do vão, reduzindo o risco de acidentes e ferimentos e mantendo a área fechada e segura até que a substituição do vidro seja realizada.

- c. Temperado é um vidro que recebe um tratamento térmico (aquecido e resfriado rapidamente), o que o torna mais resistente mecanicamente (até cinco vezes mais do que o vidro comum) e a choques térmicos. Pode ser utilizado em instalações autoportantes, com ferragens, por sua maior resistência mecânica, forma pequenos fragmentos menos cortantes ao quebrar-se.
- d. Aramado é obtido por fundição e laminação contínuas, esse vidro incorpora uma malha de arame de aço soldada em todas as suas intersecções que em caso de quebra, ele fica preso à rede metálica.

2.2.3 Acessórios

Dentre os acessórios que fazem parte do sistema de esquadria tem-se o marco que é a moldura da esquadria e como pode ser visto na Figura 10, o marco sustenta as folhas. Na mesma figura, também pode-se perceber que, em porta de correr, o perfil inferior funciona como trilhos (ALBUQUERQUE, 2017).

Figura 10: Porta de correr de 3 folhas.



Fonte: Autor. (2021)

As folhas são os quadros localizados dentro do marco, onde são fixados os vidros. Na figura 10 pode ser visto o vidro fixado na folha (ALBUQUERQUE, 2017).

Ainda segundo Albuquerque (2017), existem muitos acessórios que são utilizados nas esquadrias de alumínio. Dentre os principais pode-se citar roldanas, dobradiças, fita vedadora, maçanetas, fechaduras, fechos, guias, batedores, chumbadores, entre outros. O autor lista e os descreve esses itens de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 – Definição dos acessórios das esquadrias

Acessórios das esquadrias	
Roldana	Utilizado nas portas e janelas de correr. Tem como função fazer o deslizamento da folha.
Dobradiça	Utilizado para portas de giro. Faz com que as portas possam girar.
Fita vedadora	Tem como função impedir entrada de poeira e melhora acústica da esquadria.
Maçaneta	Utilizado em portas de giro. Servem para puxar, abrindo ou fechando a esquadria
Fechadura	Mais utilizado em portas de giro e de correr. Tem como função impedir que a porta seja aberta sem chave.
Fecho	Utilizado em janelas maxim-ar ou de correr. Tem como função travar a esquadria.
Guia	Utilizado em portas e janelas de correr. Serve para guiar o correto deslizamento das folhas.
Batedor	Utilizado em portas e janelas de correr. Tem como função evitar pancadas nas folhas da esquadria, suavizando o impacto. Geralmente são confeccionadas em nylon.

Fonte: ALBUQUERQUE, 2017.

O bom funcionamento dos acessórios e de todo o conjunto, a qualidade e o desempenho em relação a estanqueidade à água de chuva, a permeabilidade ao ar e a resistência ao vento da esquadria dependem de um projeto bem elaborado e de uma instalação cuidadosa (IIZUKA, 2001).

2.3. Normas relacionadas as esquadrias

2.3.1 ABNT NBR 15575-4:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas - SVVIE

Buscando o aprimoramento do desempenho habitacional, a ABNT colocou em vigor em 2008, sendo corrigida e aperfeiçoada em 2013, a ABNT NBR

15575 (Edificação Habitacionais – Desempenho). Essa norma tem o intuito de estabelecer parâmetros técnicos para alguns requisitos essenciais de uma edificação residencial, dentre eles durabilidade, desempenho acústico, desempenho térmico, vida útil e garantia, estabelecendo limites para cada requisito.

Na concepção de Costa (2013), esta norma é muito útil para os consumidores, já que buscam conforto, estabilidade, vida útil adequada da edificação, segurança estrutural e contra incêndios. No que concorda Andrade (2013), quando traz que a avaliação de desempenho dos sistemas construtivos da habitação é um grande passo na evolução do setor da construção civil.

A ABNT NBR 15575:2013 está dividida em 6 partes, são elas: requisitos gerais; Requisitos para os sistemas estruturais; Requisitos para os sistemas de pisos; Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE; Requisitos para sistemas de coberturas e Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

De acordo com a ABNT NBR 15575-4 (2013, p. 5), algumas vedações verticais internas e externas apresentam função estrutural, para essas, o SVVIE deve mostrar estabilidade e resistência estrutural, “apresentar nível de segurança considerando-se as combinações de ações passíveis de ocorrerem durante a vida útil da edificação habitacional ou do sistema”. Além disso, deve atender a ABNT NBR 15575-2, seção 7.3, que irá decorrer sobre os requisitos para a estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural. A parte 4 da norma também estipula critérios referentes ao desempenho térmico, acústico, lumínico, e de segurança ao fogo para os sistemas de vedações verticais internas e externas.

2.3.2 NBR 10821-3:2017 – Esquadrias Para Edificações – Parte 3: Esquadrias Externas e Internas – Métodos De Ensaio

Todas as esquadrias especificadas para atender a NBR 10821 (ABNT, 2017) devem atender aos desempenhos de: permeabilidade ao ar; estanqueidade à água; resistência às cargas uniformemente distribuídas; operações de manuseio; e segurança nas operações de manuseio, os quais segundo a NBR 10821-3 são descritos a seguir:

- Ensaio de permeabilidade ao ar

Para teste de permeabilidade ao ar a esquadria é instalada conforme o manual de instalação do fabricante dentro de uma câmara de ensaio e submetida a cinco ciclos de abertura, fechamento e travamento, então, com um medidor de vazão com precisão de $1\text{m}^3/\text{h}$ e sistema de aplicação de pressão que garanta estabilização a uma pressão de ar de 50 Pa durante o período de ensaio, equivalente à $9,03\text{m/s}$ ou $32,5\text{Km/h}$ que passa pela esquadria para se obter os valores de vazão de alimentação (Q_a), vazão de ar (Q) e vazão de permeabilidade (Q_p) para então calcular a vazão por metro linear de juntas abertas (Q_{cja}) e a vazão por área total do vão (Q_{av}). Este teste é realizado em todas as juntas e classificados em nível mínimo, intermediário ou superior (ABNT/NBR 10821-3, 2017).

- Ensaio de estanqueidade a água

No teste de Estanqueidade à água a esquadria é instalada conforme o manual de instalação do fabricante, dentro de uma câmara de ensaio com sistema de aplicação de pressão, e que possua um medidor de pressão, o sistema deve garantir a estabilização da pressão estática especificada pela NBR 10821-2, durante o período de ensaio.

A câmara deve possuir também um sistema de aspersão de água, capaz de aplicar uma lâmina de água contínua e regularmente aspergida a toda superfície sujeita a ser molhada em condições reais. O sistema de dispersão de água deve ser operado até atingir a vazão de ensaio, por 15min. sem aplicação de pressão. Finalizado essa etapa, deve-se aplicar as pressões de ensaio em intervalos de 5min por pressão. A pressão de ensaio é aplicada em fases de 20Pa a 100Pa e em fase de 30Pa a partir de 100Pa. Ao final

do ensaio, deve-se interromper a aspersão de água e registrar o local de ocorrência do início do vazamento, em até 3 min.

Para ser classificada no nível mínimo, pode haver água na face interna da esquadria sem molhar o peitoril da alvenaria ou face interna, desde que haja o escoamento para a face interna. No nível intermediário é permitido a presença de água restrita ao peitoril, desde que não molhe o peitoril e parte interna e que a água seja escoada para fora. Para nível superior, não é permitido a presença de água na parte interna da esquadria (ABNT/NBR 10821-3, 2017).

- Ensaio de resistência às cargas uniformemente distribuídas

Na verificação do comportamento, quando submetido a cargas uniformemente distribuídas, assim como nos procedimentos anteriores, a esquadria precisa ser instalada dentro de uma câmara de ensaio, então, escolhe-se o perfil da esquadria com maior comprimento para colocação da aparelhagem para medição das deformações máximas e residuais, nos pontos definidos por norma, denominados D1, D2 e D3, onde são localizados respectivamente no canto superior, no centro e canto inferior. A depender da tipologia da esquadria as equações para cálculo das deformações máximas e residuais ($D_{m\acute{a}x}$) se modificam.

Na pressão de ensaio (P_e), a esquadria não poderá ter seus componentes quebrados. Isso inclui o colapso dos vidros no todo ou em parte, ou a deterioração de sua função. Durante o teste, sua deflexão máxima em qualquer contorno não deve exceder $L / 175$ ou maior que 30 mm. Após fechar a pressão de teste por 3 minutos, nenhuma deformação residual maior que 0,4% do comprimento livre do perfil é permitida. No teste de desempenho sob pressão de segurança (P_s), nenhum de seus componentes poderá se desprender (ABNT/NBR 10821-3, 2017).

- Ensaio de resistência às operações de manuseio

Para resistência às operações de manuseio, a NBR 10821 (ABNT, 2017) especifica um modelo de ensaio para cada tipo de esquadria, estes modelos podem ser encontrados na NBR 10821-3 especificados nos itens 6.2.4.1 a 6.3.4.8. Utiliza-se um sistema que promova repetitivamente ações de aberturas e fechamentos das folhas ensaiadas e regulagem que possibilite 300 ciclos por hora, com um contador de ciclos e um equipamento de medição de esforços com precisão de 1N, onde a esquadria instalada em condições normais, independente do movimento que tenha, deve suportar a 10.000 ciclos de abertura. Mede-se as forças necessária para abertura e fechamento de início e a cada 1000 ciclos, o esforço aplicado no fechamento não pode ser maior que 50N e, quando da abertura, não deve ser maior do que 100N. Para que a esquadria passe no teste, não poderá apresentar ruptura ou desprendimento dos seus componentes (ABNT/NBR 10821-3, 2017).

- Ensaio de segurança nas operações de manuseio

No ensaio de segurança nas operações de manuseio, é especificado um modelo de ensaio para cada tipo de esquadria, encontrados na NBR 10821-3 especificados nos itens 6.2.4.1 a 6.3.4.8. Esses ensaios devem ser realizados logo após a realização dos ensaios de resistência as operações de manuseio. Em janelas do tipo de correr, é ensaiado o arrancamento das articulações, com utilização de conjunto de contra pesos ou sistema de aplicação de carga com capacidade de 400N e um sistema de imobilização, que pode ser madeira seca e dura com densidade acima de 800 kg/m³. Decorrido 3min. de aplicação da força, retirar as cargas e avaliar visualmente as esquadrias. Para que a esquadria passe no teste, não poderá apresentar ruptura ou desprendimento dos seus componentes (ABNT/NBR 10821-3, 2017).

Os itens ensaiados, ou protótipo, devem reproduzir cada projeto, as especificações e as características fielmente. Se os itens ensaiados obtiverem o

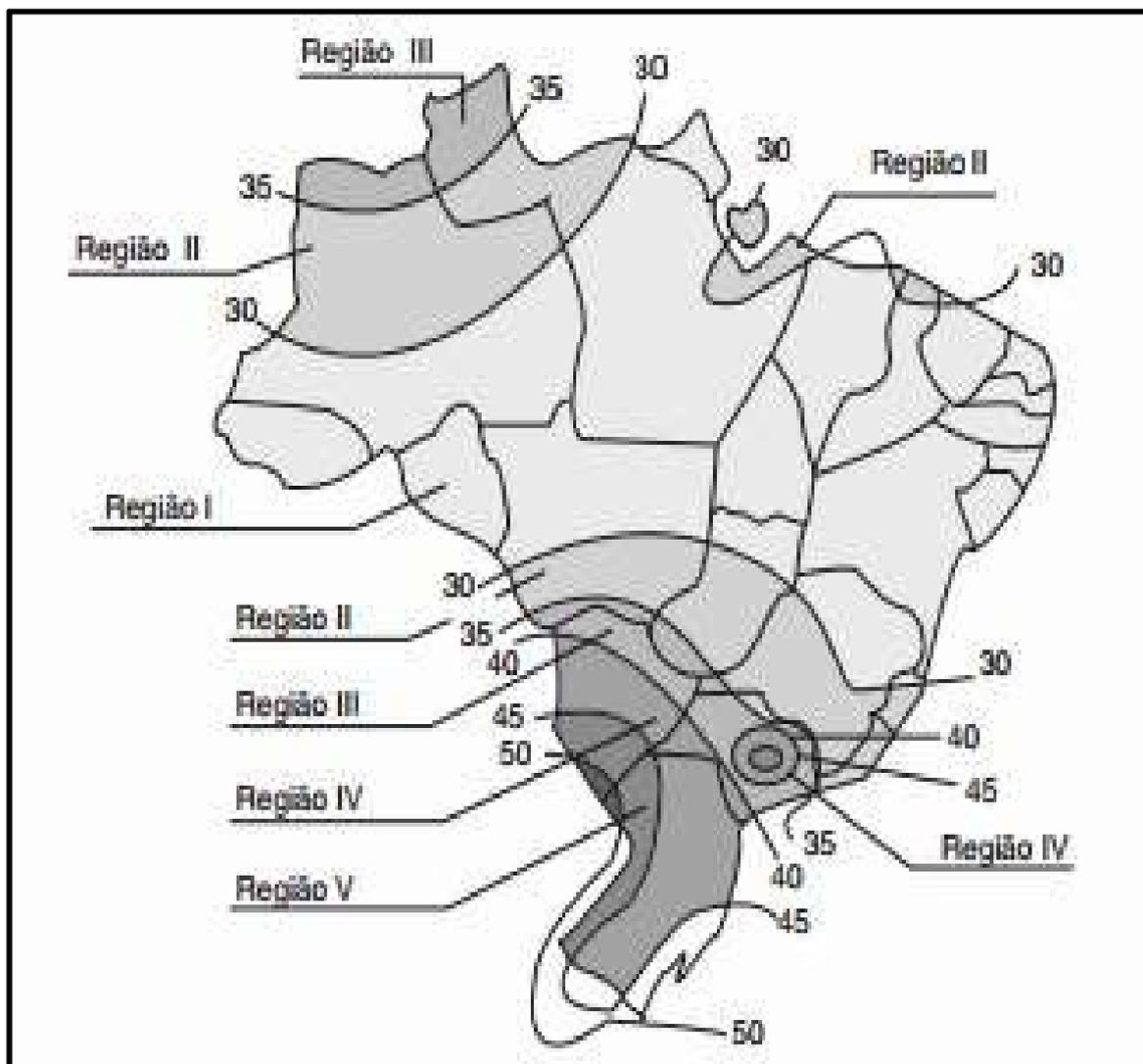
mesmo nível de desempenho, a esquadria é classificada com o nível atingido para qualquer uma das duas.

Se forem obtidos dois níveis de desempenho diferentes, as esquadrias serão classificadas pelo menor nível, mesmo que sejam classificadas uma no nível mínimo e outra no superior, a esquadria será classificada pelo nível mínimo.

Em caso de obter resultados fora das faixas de classificação não atendendo aos requisitos mínimos de permeabilidade ao ar ou estanqueidade à água a esquadria não é classificada (ABNT/NBR 10821-2, 2017).

A parte 2 da ABNT NBR 10821:2017 destaca-se também as condições de ensaios para todos os tipos de esquadrias de acordo com o tipo de edificação onde serão instaladas, tendo em vista estabelecer as pressões mínimas necessárias para cada um dos casos levando-se em conta a região do Brasil. A figura 11 a seguir, apresenta o gráfico das isopletras da velocidade do vento em cada região do Brasil.

Figura 11 – Gráfico das isopletras da velocidade básica do vento (V_0), em m/s, no Brasil, conforme a ABNT NBR 6123 (Força devidas ao vento em edificações).



Fonte: ABNT NBR 10821-2 (2017).

As pressões de ensaio, de segurança e de água levando-se em consideração a região do Brasil, quantidade de pavimentos e a altura da edificação, podem ser observadas pela quadro 2 apresentada a seguir.

Quadro 2 – Valores de pressão de vento conforme a região do país e o número de pavimentos da edificação.

Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do país	Pressão de ensaio (Pe) positiva e negativa $Pe = Pp \times$	Pressão de segurança (Ps) positiva e negativa $Ps = Pe \times 1,5$	Pressão de água (Pa) $Pa = Pp \times 0,20$

			1,2		
02	6 m	I	350	52 0	60
		II	470	70 0	80
		III	610	92 0	100
		IV	770	11 60	130
		V	950	14 30	160
05	15m	I	420	64 0	70
		II	580	86 0	100
		III	750	11 30	130
		IV	950	14 30	160
		V	1180	17 60	200
10	30m	I	500	75 0	80
		II	680	10 30	110
		III	890	13 40	150
		IV	1130	17 00	190
		V	1400	20 90	230
20	60m	I	600	90 0	100
		II	815	12 20	140
		III	1060	16 00	180
		IV	1350	20 20	220
		V	1660	25 00	280
30	90m	I	660	98 0	110
		II	890	13 40	150
		III	1170	17 50	200
		IV	1480	22 10	250
		V	1820	27 30	300

Fonte: Adaptado ABNT NBR 10821-2 (2017).

A ABNT NBR 10821-2:2017 estabelece também que as esquadrias devem atender ao nível de desempenho apresentado no quadro 3 a seguir.

Quadro 3: Níveis de desempenho das esquadrias quanto ao seu uso (janelas)

ENSAIO	DESEMPENHO		
	Mínimo (M)	Intermediário (I)	Superior (S)
Permeabilidade ao ar	Vazão por área 62,45m ³ /h x m ² a 163,52m ³ /h x m ² Vazão por comprimento 15,61m ³ /h x m a 40,88m ³ /h x m	Vazão por área 6,66m ³ /h x m ² a 62,44m ³ /h x m ² Vazão por comprimento 1,66 ³ /h x m a 15,60m ³ /h x m	Vazão por área < 6,65m ³ /h x m ² Vazão por comprimento < 1,66 ³ /h x m
Estanqueidade a água	É permitido PI, conforme 3.7 da ABNT NBR 10821-3:2017, Figura 1. É permitida a entrada de água no perfil inferior do marco ou água originada do PI, desde ocorra após o término da aplicação da vazão de água com pressão. Não é permitido que a água ultrapasse o plano interno do marco.	Não é permitido PI, conforme 3.7 da ABNT NBR 10821-3:2017, Figura 1. É permitida a presença de água no perfil inferior do marco, desde que ocorra escoamento, após o término da aplicação da vazão de água com pressão. Não é permitido que a água ultrapasse o plano interno do marco.	Não é permitido PI, conforme ABNT NBR 10821-3:2017, 3.7 e Figura 1. Não é permitida a presença de água na face interna da esquadria.
Resistência às cargas uniformemente distribuídas	Ver os valores de pressão de acordo com altura da edificação e região do país da edificação – Tabela 1		
Operação de manuseio	Esforço aplicado conforme a ABNT NBR 10821-3, com avaliação da deformação residual obtida.		
Segurança nas operações de manuseio	Esforço aplicado conforme a ABNT NBR 10821-3, sem avaliação da deformação obtida, apenas da ruptura e queda de componentada da esquadria.		
<p>^a Não aplicável a esquadrias instaladas em edificações localizadas na Região I, conforme a Figura 3.</p> <p>NOTA 1 No ensaio de estanqueidade à água, desde que não esteja especificado em contrato e/ou a esquadria não seja instalada em ambientes condicionantes, é permitida a ocorrência de permeabilidade inicial (I), conforme definido na ABNT NBR 10821-3.</p> <p>NOTA 2 O contratante deve determinar antes do ensaio, qual desempenho que deseja ensaiar.</p>			

Fonte: Adaptado ABNT NBR 10821-2, 2017.

2.3.3 NBR 10821-5:2017 – Esquadrias Para Edificações – Parte 5: Esquadrias Externas – Instalação e Manutenção

A quinta parte da ABNT NBR 10821:2017 estabelece as condições adequadas de instalação e manutenção, visando garantir o desempenho estabelecido nas outras partes, que são: Parte 1 – Terminologia; Parte 2 – Requisitos e classificação; Parte 3 – Método de ensaio; Parte 4 – Requisitos adicionais de desempenho.

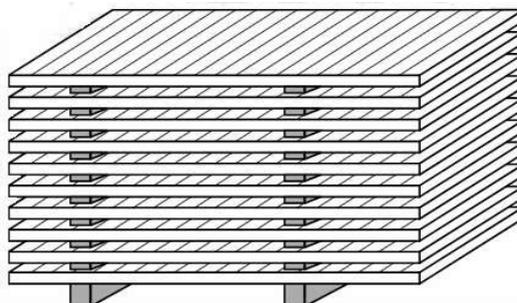
Essa norma também define as informações necessárias que deverão constar no manual de instruções, que são no mínimo:

- a) instruções para recebimento e conferência do contramarco e da esquadria na obra;
- b) instruções para o armazenamento e manuseio do contramarco e da esquadria na obra;
- c) instruções sobre a preparação, verificação das condições e conferência das dimensões do vão em que deve ser instalado o contramarco ou a esquadria;
- d) instruções sobre a forma de instalação do contramarco e da esquadria;
- e) instruções sobre a forma de pintura de acabamento da esquadria, quando aplicável;
- f) instruções sobre a forma de instalação dos componentes na esquadria após a pintura de acabamento, quando aplicável;
- g) informação sobre a espessura do vidro utilizado e a sua forma de instalação, que deve atender à ABNT NBR 7199, quando aplicável;
- h) informação sobre a classificação das esquadrias conforme as etiquetas das ABNT NBR 10821-2:2016, Anexo A e ABNT NBR 10821-4:2016, Anexo A;
- i) instruções sobre a manutenção e limpeza da esquadria;
- j) informação referente ao serviço de atendimento ao consumidor;
- k) outras informações julgadas necessárias dependendo do tipo de esquadria. (ABNT NBR 10821-5, 2017, p. 3).

De acordo com a ABNT NBR 10821-5:2017 as esquadrias precisam ser recebidas no local da obra embaladas em plástico ou material que conserve a sua integridade, bem como, devem ser colocadas em locais apropriados de armazenamento, onde possam estar livres de umidade, poeira, longe de local onde tenha circulação de pessoas e sem contato com chão. Além disso, devem ser identificadas com o tipo, andar de instalação e outras informações relevantes.

Com relação às formas de armazenamento, esta norma informa que podem ser condicionadas de maneira diferente. A primeira delas refere-se a serem dispostas na posição horizontal, sendo armazenadas em pilhas de 10 e no máximo por 15 unidades. Neste formato, são separadas umas das outras por calços, além de serem colocadas sem contato com o chão, conforme Figura 12.

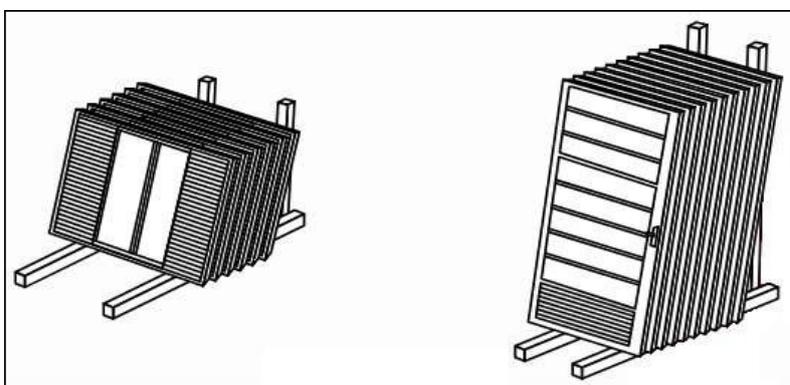
Figura 12 – Modelo de armazenamento horizontal de esquadrias.



Fonte: ABNT NBR 10821-5 (2017).

Na posição horizontal as esquadrias devem ser armazenadas em pilhas de 10 e no máximo 15 unidades, e ser separadas umas das outras com calços, além, de serem colocadas afastadas do chão.

Figura 13 – Modelo de armazenamento vertical das esquadrias.



Fonte: ABNT NBR 10821-5 (2017).

Na vertical as esquadrias devem ser colocadas com ângulo de 15° em relação à vertical, afastadas do chão, com proteção para evitar o contato de fechos, dobradiças e fechaduras com os requadros. Devem também, estar separadas com calços e estarem posicionadas das dimensões maiores para as menores. Isto pode ser observado na Figura 13.

2.3.4 ABNT NBR 7199:2016 – Vidros Na Construção Civil — Projeto, Execução E Aplicações

Assim como a NBR 10821 é a norma que rege toda a aplicação de esquadrias, a NBR 7199:2016 – Vidros na construção civil – Projeto, execução e aplicações, fornece requisitos para dimensionamento e aplicação de vidros para a construção civil. Segundo ABRAVIDRO (2016), a NBR 7199 busca uma nova forma de redação para sanar as dúvidas de interpretação da versão anterior e buscou atualizar-se segundo normas internacionais sem deixar de considerar as particularidades do mercado nacional.

Por requisitos de segurança, a NBR 10821-2 (ABNT, 2017) estabelece que os vidros quando aplicados abaixo da cota de 1,10m de altura em relação ao piso usem vidro de segurança, definidos pela NBR 7199 (ABNT, 2016). Este requisito é de suma importância para que em um eventual impacto de um objeto, ou mesmo uma pessoa, não se projete para o lado externo da edificação, ou mesmo que pedaços de vidros caiam sobre as pessoas que transitem pelo lado externo do edifício.

Para requisitos mínimos para especificação e aplicação de vidros a NBR 7199 (ABNT, 2016) solicita que sejam analisados o tipo e funcionamento do envidraçamento, se o mesmo será aplicado em uma esquadria fixa, móvel ou projetante.

É preciso avaliar as dimensões da peça incluindo suas divisões, sua inclinação em relação à vertical, sua posição de aplicação em relação ao solo para verificar se a peça está no nível inferior ou acima do peitoril e se está no nível do pavimento térreo ou acima.

Ainda é preciso analisar sua localização na obra, qual altura do pavimento se encontra para que seja definido a pressão de vento incidente para chegar nos esforços solicitantes e também o tipo de vidro que será usado.

Para cada aplicação, devem ser verificados quais são os tipos de vidro de segurança (temperado, laminado ou aramado) exigidos pela norma em questão, pois, em algumas aplicações, somente o laminado e o aramado são permitidos.

3. METODOLOGIA

Considerando o objetivo geral desta pesquisa que é analisar a forma como empresas fabricante de esquadria de alumínio atendem aos requisitos de ensaio estabelecidos pela NBR 10821-3, nesta seção serão apresentados os procedimentos metodológicos necessários para obter a resposta a problemática da pesquisa. Na Figura 14 é mostrado o fluxograma de pesquisa metodológica e assim determinar como será feita a pesquisa e a busca de dados.

Figura 14 – Fluxograma de pesquisa metodológica



3.1 Natureza da pesquisa

Esta pesquisa científica adota métodos qualitativos, entre os quais Gil (1989) acredita que há uma conexão indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, que não pode ser convertida em números, que tem finalidades exploratórias e explicativas.

Os métodos empregados na pesquisa de método qualitativo são pesquisa bibliográfica e técnica de coleta de dados como a observação direta intensiva com a técnica de observação na vida real, individual, e observação direta extensiva por meio de formulário (LUDUVICO, 2016).

Portanto, essa pesquisa se classifica como qualitativa pois irá analisar dados de atendimentos a norma NBR 10821 e não fará análises estatísticas e numéricas, sendo algo explicativo e exploratório porque serão realizadas visitas de campo onde observará os processos de fabricação das esquadrias de alumínio, e

com base em pesquisa bibliográfica ampliar o conhecimento científico do autor para formulação de questionário e entrevista semiestruturada para coleta de dados.

3.2 Tipologia da pesquisa

A presente pesquisa se trata de um estudo de caso, esta pesquisa se enquadra como descritiva pois tem o objetivo de descrever e apresentar o atendimento de uma empresa fabricante de esquadrias de alumínio ao que é exigido pelas normas vigentes. Dessa forma, a presente pesquisa pretende descrever as ações tomadas por esse tipo de empresa, e relacionando com as normas e as definições que foram apresentadas na pesquisa bibliográfica.

A pesquisa bibliográfica, também utilizada neste trabalho, tem como objetivo ampliar o conhecimento científico do autor sobre os antecedentes da pesquisa, obter informações aprofundadas sobre o assunto e elaborar formulários de coleta de dados, de forma a conduzir investigações paralelas intensivas e determinar o escopo de pesquisa na análise (LUDUVICO, 2016).

Para o assunto em questão foi realizada uma revisão bibliográfica sobre temas chave como: normas de desempenho, normas relacionadas as esquadrias, buscando também temas inseridos nessas normas como: métodos de ensaio, instalação e manutenção das esquadrias, vidros na construção civil, assim podendo informar a relevância do tema no contexto social da cidade em estudo.

A exploração das fontes bibliográficas buscou ainda informações a respeito de temas relacionados à fabricação e instalação de esquadrias de alumínio, às manifestações patológicas em edificações localizadas no entorno das esquadrias e na consulta de base legal e normativa que afeta o objeto em estudo visando obter um referencial teórico, parâmetros e conceitos para a pesquisa.

O trabalho realiza um estudo de caso numa empresa fabricante de esquadrias de alumínio em Fortaleza, no Estado do Ceará. Diante disso foi realizado análise documental dos ensaios a que as esquadrias de alumínio são submetidas, relatórios de produção, bem como visita de campo com o objetivo de compreender o processo de produção das esquadrias de alumínio.

Nessa empresa será analisado as etapas de produção das esquadrias e relação de possíveis problemas encontrados com o atendimento aos ensaios realizados nas esquadrias segundo a NBR 10821-3. Comparando os resultados

observados nos relatórios de ensaios da empresa com os métodos descritos na NBR 10821-3, descrevendo os pontos importantes quanto ao desempenho das esquadrias de alumínio.

3.3 Coleta de dados

A coleta de dados se dará por meio de análise documental, cujos documentos são laudos dos ensaios em que as esquadrias de alumínio são submetidas e por meio destes responder quais requisitos da NBR 10821-3 as esquadrias estão atendendo, como também relatórios de vistorias onde estão listados os principais problemas encontrados na fabricação das esquadrias. Também ocorrerá visita de campo objetivando detectar falhas no processo de fabricação das esquadrias. Ainda existirá a aplicação de entrevista semiestruturada ao representante de uma empresa fabricantes de esquadrias de alumínio selecionadas, para conhecer a visão deste em relação ao atendimento a NBR 10821-3.

A entrevista por meio de um questionário, conforme quadro 4, com o representante da empresa também será utilizada a fim de fazer uma inter-relação com as informações obtidas pela análise documental e visita de campo, assim, os conhecimentos obtidos serão conclusivos para entender como uma empresa fabricante de esquadrias de alumínio está atendendo de forma devida as normas de esquadrias, de acordo com a NBR 10821-3. Ainda busca-se obter quais patologias são recorrentes nas esquadrias de alumínio, qual providencia a empresa está realizando para evitar esses problemas ou solucioná-los.

Quadro 4 – Questionário a gestão da empresa fabricante de esquadrias de alumínio

PERGUNTAS
1. Houve alguma mudança significativa no processo de produção e instalação após a vigência da norma de desempenho?
2. A norma 10821 já era atendida pela empresa mesmo antes da norma de desempenho?
3. Como você acompanha os defeitos de produção para que não ocorram novamente?
4. Como o mercado tem cobrado as empresas de esquadrias em relação ao atendimento a norma de desempenho?
5. Quais as dificuldades de atendimento da nbr 10821?
6. Já foi preciso fazer alguma adequação de material ou processo para atender a algo específico da norma?
7. Qual sua opinião sobre os ensaios exigidos pela norma? São suficientes ou não conseguem garantir a qualidade do produto?
8. Na sua opinião a norma vigente de esquadrias de alumínio, a nbr 10821, está adequada a realidade do setor?
9. Pela sua experiência, quais os principais problemas (defeitos) das esquadrias de alumínio? Estes estão mais relacionados à produção, instalação ou uso?
10. Você teria alguma sugestão para inserir ou tirar das normas relacionadas às esquadrias?

Fonte: Autor (2021).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para dar continuidade ao desenvolvimento da pesquisa, neste capítulo foram analisadas as informações que foram coletadas. Todo o procedimento realizado para obter os elementos indispensáveis para se especificar uma esquadria de alumínio com base na NBR 10821 (ABNT, 2017), podem ser observados na sequência.

4.1 Análise da fabricação de esquadrias de alumínio

Nesta pesquisa foi analisada uma empresa fabricante de esquadrias de alumínio e desenvolvedora de linhas para esquadrias de alumínio, conhecida no seu ramo de atuação como Sistemista, conforme foi descrito no referencial teórico seção 2.1, se trata de uma empresa que adquire um projeto de esquadrias predefinido, o qual determina um conjunto de soluções em linhas de perfis, maquinários para usinagem, componentes, acessórios, softwares, suporte técnico, tudo o que é necessário para produzir esquadrias que atendam aos critérios da ABNT NBR 10821.

É importante salientar que a sistemista é detentora apenas do sistema de esquadrias, não ficando responsável pela montagem e instalação. Porém como a empresa em estudo se classifica como sistemista e fabricante de esquadrias, isso possibilita a ela produzir e instalar as esquadrias.

A empresa conta hoje com 65 funcionários, com estrutura de 1400m² de área construída, onde estão concentrados todos os setores da empresa: administrativo, comercial, produção e logística. A empresa está situada em Fortaleza-Ce, atua há mais de 20 anos no mercado de esquadrias de alumínio, atendendo todo o nordeste do Brasil, está presente em empreendimentos residenciais e comerciais, tendo como principais clientes as construtoras, fabrica os mais variados tipos de esquadrias, portas, portões, janelas, guarda corpo, fachada pele de vidro, gradis, entre outros.

Foi realizada uma visita a esta empresa buscando compreender o processo de fabricação das esquadrias de alumínio e principais problemas encontrados durante este processo. A visita foi acompanhada pela engenheira de

produção da empresa, que apresentou cada setor da empresa e as etapas de fabricação das esquadrias de alumínio.

A seguir será detalhado todo o processo de fabricação das esquadrias de alumínio, com apresentação de fotos e documentos obtidos por meio da visita de campo, e então respectivamente será feita a análise.

O setor de orçamento recebe o projeto arquitetônico do cliente, então é realizado um estudo preliminar juntamente com o setor de montagem externa, a Figura 15 mostra isso, para definirem quais tipologias são funcionais e exequíveis, ou seja, se é melhor usar uma esquadria de correr ou de giro, por exemplo. Tendo definido isto, o setor de orçamento lança o projeto das esquadrias num software próprio, onde é gerado o detalhamento dos perfis e acessórios a serem utilizados para fabricação das esquadrias.

Figura 15 – Setor de orçamento e montagem externa



Fonte: Autor. (2021)

Com a determinação do perfil de alumínio a ser utilizado na linha de produção, cujo o mesmo é entregue pela distribuidora de perfis, e que logo em seu recebimento é realizado a conferência visual pela equipe de estoque, que por sua vez fica responsável por fazer a separação do perfil escolhido, e que será utilizado na fabricação das esquadrias, conforme apresenta a Figura 16.

Figura 16 – Estoque dos perfis separados para fabricação das esquadrias



Fonte: Autor. (2021)

Os perfis separados vão para o setor de corte, como pode ser visto na Figura 17, onde são realizados os cortes no tamanho específico para montagem de cada esquadria, essa etapa é muito importante pois é necessário bastante atenção para não errar as medidas e cortes em angulações, o que pode acarretar em problemas na montagem das esquadrias, como por exemplo brechas nas junções dos perfis, podendo comprometer o desempenho da esquadria quando for exposta a situações reais de permeabilidade ao ar e estanqueidade a água, ou até mesmo se a esquadria for utilizada para os ensaios. A verificação desse problema é geralmente percebida durante a montagem do marco e folhas, que no momento do encaixe o montador identifica a brecha nas junções entre os perfis, solicitando imediatamente o reparo do perfil cortado errado.

Figura 17 – Setor de corte



Fonte: Autor. (2021)

Continuando o processo, os perfis cortados vão para a usinagem, Figura 18. Nesta etapa, são executados furos e rasgos para que as esquadrias possam receber os acessórios que as compõem, os quais podem ser citados, fita vedadora, guarnições, guias, roldanas, fechos, dobradiças, fechaduras, batedor, onde para o perfeito encaixe desses acessórios é necessária atenção nesta operação.

Figura 18 – Setor de usinagem



Fonte: Autor. (2021)

Para se fazer a usinagem, além de máquinas convencionais, é utilizado maquinário computadorizado, o que traz maior precisão e rapidez para o processo (Figura 19).

Figura 19 – Máquina computadorizada



Fonte: Autor. (2021)

Simultaneamente as etapas citadas acima, ocorre a preparação do vidro. As placas de vidros são separadas conforme a solicitação do projeto. A empresa utiliza quatro tipos de vidros, laminado, temperado, aramado e float. Após a escolha do tipo de vidro, estes são cortados seguindo o plano de corte gerado pelo software operacionalizado no setor de orçamento, a Figura 20 mostra maquinário para o corte de vidro.

Figura 20 – Máquina para corte de vidro



Fonte: Autor. (2021)

Caso o vidro escolhido seja o laminado, este por sua vez passa por três etapas: Corte, conforme foi descrito acima. Lapidação, que é uma espécie de lixamento onde dar melhor acabamento as bordas cortadas, e tem o objetivo de segurança no manuseio das peças, além do aumento da sua resistência contra trincas e quebras, todo este processo de lapidação é realizado de forma automatizada pela empresa, onde o vidro é que se movimenta para ser lapidado, o que segundo a engenheira de produção, traz agilidade e comodidade (Figura 21). A terceira e última etapa é o polimento. A lapidação tira o brilho do vidro, que logo após necessita de um polimento para que se devolva o brilho natural e o aspecto luminoso característico do material, este processo é realizado em maquinário industrial, o mesmo utilizado na para lapidação. Figura 20 mostra o funcionário na operação de lapidação e polimento.

No caso de vidro temperado, é realizado mais um processo, que é a tempera, processo de aumento da resistência do vidro. Esse serviço é executado em empresa especializada em vidros pois precisa de maquinário específico, o qual a empresa fabricante de esquadrias não possui. No vidro float, é realizado apenas os processos de corte e polimento.

Figura 21 – Operação de lapidação e polimento de vidros



Fonte: Autor. (2021)

Após a operação de corte, lapidação e polimento, os vidros já podem ser inseridos na folha da esquadria para fazer o fechamento. Este fechamento é realizado com o uso de borrachas de vedação, as chamadas guarnições, que são colocadas no perímetro do vidro fazendo assim a proteção da borda do vidro quando do contato com o perfil de alumínio, para que não ocorra a quebra ou trinca do vidro, e possa realizar a vedação tornando a esquadria estanque.

Nesta etapa observa-se a importância de se encaixar o vidro adequadamente com a borracha de vedação na folha. O montador precisar usar um pouco de força na realização desta operação, pois o encaixe não perfeito do vidro juntamente com a borracha de vedação na folha pode acarretar em vazamentos e

passagem de ar entre o espaço do vidro e perfil de alumínio, o que pode comprometer o desempenho da esquadria quanto a permeabilidade ao ar, estanqueidade a água. Esta questão também pode comprometer a segurança na operação de manuseio, tendo em vista a quebra do vidro caso este entre em contato direto com o perfil de alumínio. A Figura 22 apresenta os vidros prontos para montagem.

Figura 22 – Vidros prontos para montagem



Fonte: Autor. (2021)

Prosseguindo com os perfis e vidros devidamente cortados e separados, inicia-se a montagem em si da esquadria. Os perfis cortados são fixados um ao outro por meio de parafusos inox e rebites, formando o marco da esquadria, onde logo, as folhas são encaixadas dentro do marco, e os acessórios estão à disposição do montador para que sejam inseridos na esquadria, conforme mostra a Figura 23.

Nesta etapa vale ressaltar a importância da colocação da fita vedadora, que executa o papel de vedar o espaço entre as folhas e o marco. A falta da fita na esquadria pode trazer por consequência vazamentos de água e de ar, tais problemas são cruciais para o desempenho da esquadria quanto a estanqueidade e permeabilidade ao ar.

Figura 23 – Bancada de acessórios



Fonte: Autor. (2021)

Ainda continuando no processo de montagem das esquadrias (Figura 24), olhando para a inserção dos acessórios, citando, roldanas, guias, batedores, fechos, fechaduras, foi traçada uma relação com a resposta do diretor da empresa ao questionário da presente pesquisa.

O diretor relatou que um dos problemas encontrados nas esquadrias é a não colocação de alguns acessórios, onde afirma que o problema atinge cerca de 1% do total das esquadrias fabricadas. Tal problema pode ocasionar o não cumprimento ao critério da NBR 10821-3, no que tange a resistência as operações de manuseio e manutenção e segurança na operação de manuseio, onde a esquadria é aprovada caso não ocorra desprendimento dos componentes e nem a ruptura destes.

Desse modo, se a esquadria depois de montada for instalada faltando algum acessório, pode causar danos ao usuário, tendo em vista que por falta de algum acessório o funcionamento da esquadria está comprometido. Como exemplo é citado a roldana, caso a esquadria não a possua, as folhas podem emperrar ou até mesmo desprender-se para fora do marco, podendo causar ferimentos ao usuário.

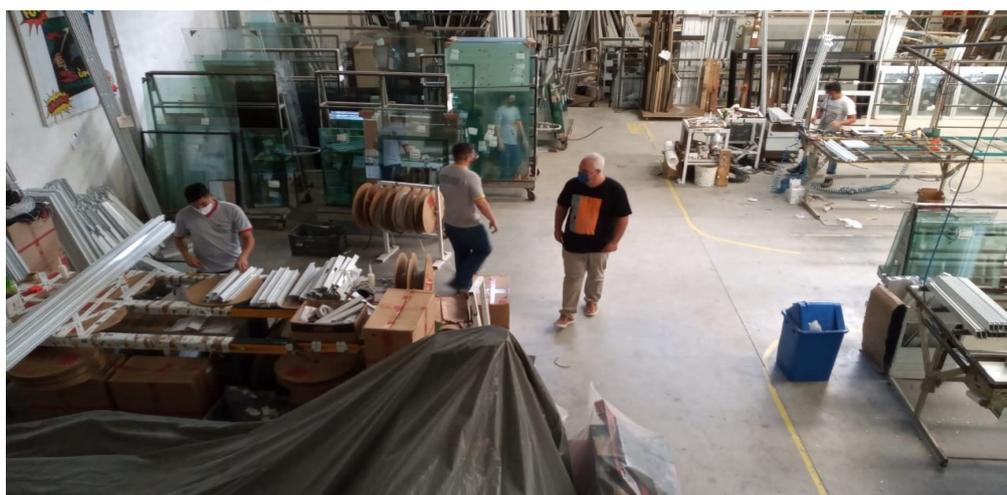
Figura 24 – Bancada de montagem



Fonte: Autor. (2021)

O acompanhamento das etapas de produção é realizado pela engenheira de produção e por um supervisor (Figura 25), que cuidadosamente observa os montadores na execução de suas tarefas, identificando pontos de falha ou má execução, bem como possíveis defeitos nos perfis e demais componentes da esquadria.

Figura 25 – Supervisão das atividades

Fonte:
Autor.
(2021)

Logo após o processo de montagem, a esquadria é separada (Figura 26) para ser embalada. Nesta etapa o colaborador faz uma última conferência, caso identifique alguma falha, a esquadria retorna para a linha de produção para ser corrigida, caso contrário ela segue para limpeza final, e logo após é embalada.

Figura 26 – Equadrias montadas



Fonte: Autor. (2021)

Depois de embalada, a esquadria é armazenada na expedição (Figura 27), porém observa-se que a forma de armazenamento das esquadrias, não se assemelha às orientações da NBR 10821-5, que preconiza a utilização de madeira como assoalho e inclinação 15° na vertical, podendo acarretar possíveis amassados e arranhões nas esquadrias já montadas.

Figura 27 – Esquadrias para expedição



Fonte: Autor. (2021)

Por fim, as esquadrias são colocadas no caminhão para o transporte até o cliente (Figura 28).

Figura 28 – Caminhão para transporte das esquadrias



Fonte: Autor. (2021)

Todas as etapas citadas acima fazem parte da linha de produção das esquadrias de alumínio que é gerenciada por uma engenheira de produção, que juntamente com uma equipe, criam relatórios de produtividade mensal para informar ao setor comercial e diretoria, o andamento da fabricação das esquadrias de cada cliente (Figura 29).

Figura 29 – Setor de produção



Fonte: Autor. (2021)

Por meio dos relatórios de produtividade mensal a equipe de produção tem o status da produção, número do pedido e cliente, tipo das esquadrias, informações da quantidade fabricada por tipo de esquadria e quantidade em quilos de alumínio necessário para a fabricação dessas esquadrias, como também a quantidade total de alumínio em quilos utilizada no mês (Figura 30).

Figura 30 – Relatório de produção de janelas

SITUAÇÃO	Nº PEDIDO	ETAPA	CLIENTE / OBRA	TIPO	POS	DESCRIÇÃO	QTDE	KG/uni
PRODUZIDO	6360	10	VRS ENGENHARIA	JV6	PO8	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	4,84
PRODUZIDO	6360	10	VRS ENGENHARIA	JV8	PO9	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	3,64
PRODUZIDO	6360	10	VRS ENGENHARIA	JV8 A	PO10	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	3,68
PRODUZIDO	6360	10	VRS ENGENHARIA	JV9	PO11	JANELA CORRER 03 FOLHAS - SL40 COM TRILHO TRIPLO	1	5,15
PRODUZIDO	6360	10	VRS ENGENHARIA	JV10	PO12	JANELA CORRER 03 FOLHAS - SL40 COM TRILHO TRIPLO	1	5,75
PRODUZIDO	6360	10	VRS ENGENHARIA	JV11	PO13	JANELA CORRER 03 FOLHAS - SL40 COM TRILHO TRIPLO	1	8,46
PRODUZIDO	6360	10	VRS ENGENHARIA	JV14	PO15	JANELA CORRER 04 FOLHAS MOVEIS - SL40	1	9,71
PRODUZIDO	6360	10	VRS ENGENHARIA	JV15	PO16	JANELA CORRER 04 FOLHAS MOVEIS - SL40	2	9,88
PRODUZIDO	6360	10	VRS ENGENHARIA	JV15 A	PO17	JANELA CORRER 04 FOLHAS MOVEIS - SL40	1	9,85
PRODUZIDO	6360	10	VRS ENGENHARIA	JV17	PO19	JANELA CORRER 06 FOLHAS COM PUXADORES	1	31,9
PRODUZIDO	6360	11	VRS ENGENHARIA	JV12	PO7	JANELA CORRER 04 FOLHAS MOVEIS - SL40	1	6,55
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J4.	PO7	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	3,1
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J4..	PO8	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	3,12
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J4...	PO9	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	3,11
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J4....	PO10	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	3,05
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J5	PO11	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	3,22
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J6	PO12	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	4,82
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J7	PO13	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	5,26
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J8	PO14	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	5,83
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J8.	PO15	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	5,84
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J8..	PO16	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	5,82
PRODUZIDO	6741	14	VRS ENGENHARIA	J8...	PO17	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	5,8
PRODUZIDO	5480	7	COSAMPA PROJETOS	JA06	PO1	JANELA CORRER 02 FOLHAS FECHO VIRGULA -LINHA FIT SL22	1	2,17
PRODUZIDO	5480	7	COSAMPA PROJETOS	JA06.	PO2	JANELA CORRER 02 FOLHAS FECHO VIRGULA -LINHA FIT SL22	1	2,13
PRODUZIDO	5480	7	COSAMPA PROJETOS	JA12	PO3	JANELA CORRER 02 FOLHAS FECHO VIRGULA -LINHA FIT SL22	14	3,17
PRODUZIDO	5480	7	COSAMPA PROJETOS	JA12.	PO4	JANELA CORRER 02 FOLHAS FECHO VIRGULA -LINHA FIT SL22	1	3,18
PRODUZIDO	5480	7	COSAMPA PROJETOS	JA12..	PO5	JANELA CORRER 02 FOLHAS FECHO VIRGULA -LINHA FIT SL22	1	3,17
PRODUZIDO	5480	7	COSAMPA PROJETOS	JA12...	PO6	JANELA CORRER 02 FOLHAS FECHO VIRGULA -LINHA FIT SL22	1	3,17
PRODUZIDO	7011	7	G&M ARQUITETURA	J2	PO7	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	5,06
PRODUZIDO	5635	12	FERNANDA KARINA	J1	PO3	JANELA CORRER 02 FOLHAS - FECHO CONCHA	1	4,92

Fonte: Autor (2021)

A empresa fabricou no período de janeiro a abril de 2021, o total de 2.023 janelas das mais variadas tipologias: correr, projetante, basculante. Hoje as janelas de correr são as esquadrias mais fabricadas pela empresa, e consequentemente as que apresentam maiores problemas. A empresa também fabrica portas, guarda corpo, gradis, fachadas de vidro e demais tipos de esquadrias, que também possuem relatórios de fabricação.

Segundo a engenheira de produção da empresa, não são realizados relatórios de qualidade para identificação de defeitos e problemas na fabricação das esquadrias de alumínio. Contudo, ela informa que os principais defeitos encontrados nas esquadrias são arranhões e amassados nos perfis de alumínio (Figura 31), como também arranhões e oxidação nos vidros.

A oxidação é um problema estético e pode ser vista quando aparecem manchas coloridas na face do vidro, tal problema não compromete o desempenho do vidro, mas devido a estética tem que ser realizada a troca. A oxidação acontece porque o vidro passa muito tempo em estoque ou então é molhado e permanece sem ventilação, com determinado tempo nessas condições pode ocorrer a oxidação.

Ainda segundo a engenheira de produção esse problema pode ser prevenido aumentando a rotatividade do estoque de vidros, fazendo com que eles não fiquem muito tempo armazenados.

Quanto ao problema com perfis amassados e arranhados, a engenheira de produção relatou que inicia a prevenção do problema no recebimento dos perfis quando chegam no estoque. É solicitado aos colaboradores do estoque o minucioso cuidado quando do recebimento dos perfis de alumínio e separação dos mesmos. Os perfis amassados ou arranhados são encaminhados para o estoque de devolução, onde a distribuidora dos perfis faz o recolhimento para a troca.

Durante o processo de montagem, constantemente são realizadas vistorias, onde são passadas orientações para o montador ter o devido cuidado durante a montagem da esquadria. Que pode ser arranhada por um parafuso que esteja solto em cima da bancada de montagem, ou pode ser amassada durante o manuseio de montagem da esquadria.

Figura 31 – Arranhão em esquadria



Fonte: Autor. (2021)

Ainda segundo a engenheira de produção, os defeitos citados acima correspondem em média cerca de 5% do total de esquadrias fabricadas mensalmente. Quando identificados os defeitos, as esquadrias retornam para a linha

de produção imediatamente. Então são realizadas as trocas dos perfis arranhados ou amassados, e vidros arranhados ou oxidados.

Caso os problemas sejam encontrados na obra, antes de iniciar a instalação, o instalador se reporta ao supervisor de instalação. Este por sua vez aciona o setor de produção para que possam recolher a esquadria para troca do perfil danificado.

Segundo a engenheira, essa logística é evitada, porque traz prejuízos para empresa, tendo em vista que causa mobilização de um motorista com auxiliar, e caminhão para recolher as esquadrias e deixa-las na fábrica, então, a linha de produção deve atender essa demanda, parando o processo de fabricação das demais esquadrias e conseqüentemente causando atrasos nos pedidos dos demais clientes, para execução da troca dos perfis danificados presentes na esquadria.

Quanto aos arranhões, caso apresente uma profundidade tal que o lixamento não resolva, é necessário a troca do perfil. O lixamento é uma solução utilizada para arranhões superficiais, onde se utiliza uma lixa específica, geralmente esses arranhões acontecem em esquadrias com pintura bronze e preta ou em alumínio natural, esse lixamento pode ser realizado na obra mesmo. Nas esquadrias com pintura branca, é utilizado estopa umedecida com solvente aguarrás, esta solução age diluindo a tinta presente na esquadria fazendo com que recubra o arranhão superficial.

O problema de arranhões nos perfis de alumínio não compromete a esquadria quanto ao seu desempenho nos ensaios da NBR 10821-3, contudo o problema de amassados presentes nos perfis pode ser indícios de falta de resistência as deformações, e esse requisito é testado nos ensaios de resistência às cargas uniformemente distribuídas, resistência as operações de manuseio e segurança nas operações de manuseio.

Apesar da empresa não possuir registros referentes ao controle da qualidade do seu processo, é possível verificar um acompanhamento da equipe de produção de forma a evitar danos nas peças fabricadas que venham a prejudicar o desempenho destas nos ensaios preconizados pela NBR 10821-3 e principalmente enquanto estiverem em uso.

4.2 Análise dos ensaios realizados pela empresa fabricante de esquadrias de alumínio

Os ensaios presentes nesta pesquisa foram realizados por um laboratório credenciado, o ITEC – Instituto Tecnológico da Construção Civil, localizado em São Paulo.

A empresa objeto de estudo deste trabalho, possui um sistema de esquadrias chamado Perfecta, com duas linhas distintas, denominadas FIT e LIS.

Utilizou-se dois protótipos de cada modelo, conforme preconiza a NBR 10821-2 seção 6.3, onde determina que o primeiro corpo de prova é utilizado para os testes de permeabilidade ao ar, estanqueidade a água e resistência a cargas uniformemente distribuídas e o segundo corpo de prova é utilizado para os testes resistência as operações de manuseio e manutenção da segurança nas operações de manuseio. Escolheu-se para os ensaios as janelas, pois as portas têm o mesmo princípio de funcionamento, onde o perfil inferior do marco da janela funciona como trilho ou soleira em uma porta.

A seguir, a descrição dos modelos dos protótipos:

1. Janela deslizante de duas folhas com vidro float de 4mm, nas dimensões nominais de 1510mm x 1010mm, linha LIS SL-40 EC, se trata de uma esquadria de melhor qualidade, possui um perfil mais robusto, capaz de receber vidros mais espessos, é uma linha que atende empreendimentos de médio a alto padrão.
2. Janela deslizante de duas folhas com vidro float de 4mm, nas dimensões nominais de 1510mm x 1010mm, linha FIT SL-22 EC, se trata de uma esquadria econômica, possui perfil delgado, com limitação de espessura de vidro, é uma linha que atende empreendimentos de padrão popular.

Para esta pesquisa foram verificados junto a empresa em estudo os ensaios de permeabilidade ao ar, estanqueidade a água, resistência as cargas uniformemente distribuídas, resistência as operações de manuseio e manutenção da

segurança nas operações de manuseio, os quais serão apresentados nas subseções a seguir.

4.2.1 Permeabilidade ao ar

Partindo para análise do relatório de ensaio de permeabilidade ao ar da esquadria LIS SL-40 EC, anexo A item 4.1., o qual a esquadria foi submetida, obteve-se os seguintes resultados. O valor do (Q_{cja}) cálculo da vazão por metro linear de juntas abertas foi de 3,64 m³/hxm e do (Q_{av}) cálculo da vazão por área total do vão foi de 14,38 m³/hxm².

Comparando os resultados obtidos no ensaio com os valores de desempenho presentes no quadro 3, seção 2.3.2, é possível classificar essa esquadria quanto a permeabilidade ao ar com desempenho intermediário (I).

Por sua vez, o relatório de ensaio de permeabilidade ao ar da esquadria FIT SL-22 EC, anexo B item 4.1., o qual a esquadria foi submetida, obteve-se os seguintes resultados. O valor do (Q_{cja}) cálculo da vazão por metro linear de juntas abertas foi de 3,12 m³/hxm e do (Q_{av}) cálculo da vazão por área total do vão foi de 12,59 m³/hxm².

Analisando os resultados obtidos no ensaio com os valores de desempenho presentes no quadro 3, seção 2.3.2, é possível classificar essa esquadria quanto a permeabilidade ao ar com desempenho intermediário (I).

Comparando os resultados dos ensaios das duas esquadrias é possível notar que apesar de mais econômica o modelo FIT SL-22 EC apresentou valores ligeiramente menores de vazões do que o modelo LIS SL-40 EC, caracterizando um desempenho um pouco melhor, mesmo que a classificação seja igual para os dois modelos.

4.2.2 Estanqueidade a água

Realizando um comparativo entre os níveis de desempenho da NBR 10821-2 como mostra na seção 2.3.2, quadro 3, e os níveis obtidos no ensaio de estanqueidade da esquadria da empresa em estudo, é possível saber qual classificação obtida pelas esquadrias.

Analisando o relatório de ensaio da esquadria LIS SL-40 EC, presente no anexo A item 4.2., pode-se verificar o seguinte resultado, no intervalo da tabela de 15 minutos de aplicação da água a zero de pressão e 5 minutos de aplicação da água a 220 Pa de pressão, nenhuma ocorrência de infiltração apenas a presença de água no trilho.

Já no intervalo de 5 minutos de aplicação da água a 230Pa de pressão e 5 minutos de aplicação da água a 300Pa de pressão, ocorreu a infiltração entre a travessa inferior e o montante direito da folha direita (Figura 32), sem ocasionar respingos para a face interna, portanto a esquadria se enquadra na permeabilidade inicial (PI).

Figura 32 – Detalhe infiltração do protótipo LIS SL-40 EC



Fonte: Anexo A

Sendo assim, observando o quadro 3, seção 2.3.2, pode-se identificar que a esquadria ensaiada LIS SL-40 EC possui classificação de desempenho mínimo (M).

Já o relatório de ensaio da esquadria FIT SL-22 EC, presente no anexo B item 4.2., pode-se verificar o seguinte resultado: no intervalo da tabela de 15 minutos de aplicação da água a zero de pressão e 5 minutos de aplicação da água a 100 Pa de pressão, nenhuma ocorrência de infiltração apenas a presença de água no trilho.

No intervalo de 5 minutos de aplicação da água a 110Pa de pressão e 5 minutos de aplicação da água a 130Pa de pressão, ocorreu a infiltração entre a travessa inferior e o montante direito da folha esquerda (Figura 33), sem ocasionar respingos para a face interna, e também apresentou infiltração entre a travessa superior da folha direita e a travessa do marco (Figura 34), sem ocasionar gotejamento e respingos para a face interna, portanto a esquadria FIT SL-22 EC se enquadra na permeabilidade inicial (PI).

Figura 33 – Detalhe infiltração entre a travessa inferior e o montante direito da folha esquerda do protótipo FIT SL-22 EC



Fonte: Anexo B

Figura 34 – Detalhe infiltração entre a travessa superior da folha direita e a travessa do marco do protótipo FIT SL-22 EC



Fonte: Anexo B

Sendo assim, observando o quadro 3, seção 2.3.2, pode-se identificar que a esquadria ensaiada FIT SL-22 EC possui classificação de desempenho mínimo (M).

Diante dos resultados é possível perceber a importância do acompanhamento durante o processo de fabricação das esquadrias, mesmo que os defeitos identificados pela empresa tenha sido arranhões e amassados nos perfis, tais defeitos não comprometem o desempenho das esquadrias, porém, as esquadrias poderiam ter resultados melhores de desempenho se não apresentassem infiltração nas junções dos perfis.

Também se observa que a esquadria LIS SL-40 EC obteve valores de pressões maiores que a esquadria FIT SL-22 EC, podendo assim, ser aplicada em edificações mais altas e em determinadas regiões do país com velocidades de ventos específicas, conforme seção 2.3.2. quadro 3 e figura 11.

4.2.3 Resistência a cargas uniformemente distribuídas

Observando o relatório de ensaio da esquadria LIS SL-40 EC, resistência a cargas uniformemente distribuídas, contido no anexo A item 4.3, notou-se os seguintes resultados, quando a esquadria submetida a pressão positiva, as deformações máxima e residual foram de 5,55mm e 3,89mm respectivamente, igualando-se aos resultados de pressão negativa. Quanto a pressão de segurança, não houve nenhuma ocorrência de desprendimento total ou de partes da esquadria.

Desse modo, a esquadria ensaiada teve resultado satisfatório tendo em vista que o limite de deformação máxima estabelecido em norma é de $L/175$ ou 30mm, onde L é o comprimento livre do componente em análise onde foram instalados os deflectores.

No relatório de ensaio da esquadria FIT SL-22 EC, resistência a cargas uniformemente distribuídas, contido no anexo B item 4.3, obteve-se os seguintes resultados quando a esquadria submetida a pressão positiva, as deformações máxima e residual foram de 5,54mm e 3,88mm respectivamente, igualando-se aos resultados de pressão negativa. Quanto a pressão de segurança, não houve nenhuma ocorrência de desprendimento total ou de partes da esquadria.

Desse modo, a esquadria FIT SL-22 EC teve resultado satisfatório tendo em vista que o limite de deformação máxima estabelecido em norma é de $L/175$ ou 30mm.

4.2.4 Resistência as operações de manuseio

Segundo as informações contidas no relatório de ensaio do modelo LIS SL-40 EC, anexo A, item 4.4, relacionadas a resistência as operações de manuseio sob ações repetidas de abertura e fechamento, onde tal ensaio é descrito no referencial teórico seção 2.3.2, a esquadria apresentou esforços abaixo de 50N para fechamento e esforços abaixo de 100N para abertura, no intervalo do início de ensaio aos 10.000 ciclos, sem apresentar nenhuma ocorrência de desprendimento e ruptura de seus componentes, o que significa que ela atendeu ao requisito da NBR 10821-3, pois não apresentou nenhuma quebra ou desprendimento dos seus componentes.

A esquadria FIT SL-22 EC, no ensaio de resistência as operações de manuseio presente no anexo B, item 4.4, de modo semelhante a esquadria LIS SL-40 EC, obteve atendimento a este requisito da NBR 10821-3.

4.2.5 Manutenção da segurança nas operações de manuseio

Neste ensaio de manutenção da segurança nas operações de manuseio, a esquadria é ensaiada conforme seu tipo, como o protótipo é uma janela de correr, leva-se em consideração os esforços horizontal/vertical com um canto imobilizado, esforços horizontal/vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados e resistência a flexão.

Analisando o relatório de ensaio da esquadria LIS SL-40 EC do anexo A, nota-se os seguintes resultados, item 4.5, resistência ao esforço horizontal/vertical, com um canto imobilizado obteve deformação residual de 0,10mm e 0,80mm sob o carregamento de 400N, com valores de referência respectivos de 3,88mm e sem limite de deformação para o carregamento, e nenhuma ocorrência de ruptura ou desprendimento dos componentes da esquadria.

No item 4.6, resistência ao esforço horizontal/vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados, após carregamento de 400N, e cinco ciclos de abertura e fechamento a esquadria não teve ocorrências e apresentou manobra de abertura e fechamento normais.

Continuando a análise, no item 4.7, resistência a flexão, interno para externo e externo para interno, com o carregamento de 400N a esquadria não apresentou ocorrências de ruptura ou desprendimento dos componentes e teve seu funcionamento quanto a manobras de abertura e fechamento normais. Desse modo, a esquadria LIS SL-40 EC conseguiu atender a NBR 10821-3, pois a mesma resistiu aos ensaios sem apresentar ruptura dos vidros, queda ou ruptura de componentes, ruptura de parafusos e rebites.

Analisando agora o ensaio da esquadria FIT SL-22 EC, presente no anexo B, no item 4.5, resistência ao esforço horizontal/vertical, com um canto imobilizado obteve deformação residual de 20,68mm e 33,52mm sob o carregamento de 400N, com valores de referência respectivos de 3,88mm e sem limite de deformação para o carregamento, apresentando desprendimento da guarnição de borracha em relação ao vidro e deformação do montante adotado

durante a aplicação da carga, não retornando à posição inicial após a retirada da carga.

O ensaio de resistência ao esforço horizontal/vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados foi impossibilitado devido a deformação excessiva do montante quando da aplicação do ensaio de resistência ao esforço horizontal/vertical, com um canto imobilizado, causando a rejeição da esquadria.

No ensaio de resistência a flexão, interno para externo, a esquadria FIT SL-22 EC, com o carregamento de 400N, a esquadria não apresentou ocorrências de ruptura ou desprendimento dos componentes e teve seu funcionamento quanto a manobras de abertura e fechamento normais. Não foi possível realizar o ensaio externo para interno devido a deformação excessiva do montante quando da aplicação do ensaio de resistência ao esforço horizontal/vertical, com um canto imobilizado. Sendo assim, a esquadria FIT SL-22 EC não atendeu a esse requisito da NBR 10821-3, porque apresentou deformação residual excessiva e ocorreu desprendimento da guarnição em relação ao vidro. Onde a norma estabelece que a esquadria para ser aceita faz-se necessário atender a qualquer um dos métodos de ensaios presentes na NBR 10821-3.

Diante do resultado apresentado no ensaio da esquadria FIT SL-22 EC, esta esquadria não atende a norma, pois não atendeu ao ensaio de manutenção e segurança nas operações de manuseio preconizado na NBR 10821-3, então a mesma é considerada rejeitada, mesmo obtendo desempenho satisfatório nos demais ensaios.

Esse resultado pode ter relação com a etapa de fabricação onde os vidros são inseridos nas folhas. Nesta etapa se faz necessário aplicação de força para o devido encaixe do vidro juntamente com a guarnição dentro da folha, caso não seja realizado o encaixe perfeito a guarnição juntamente com o vidro podem desprender de dentro da folha. Isso talvez explique o resultado obtido durante o ensaio. Quanto a deformação excessiva, tal deformação pode ter relação com o perfil da linha FIT, pois como se trata de uma linha econômica, a resistência dele pode ser menor, diante dessa informação talvez por esse motivo tenha ocasionado a deformação permanente do perfil.

Já a esquadria LIS SL-40 EC, conseguiu atender a NBR 10821-3, pois apresentou resultado satisfatório em todos os ensaios. Tal resultado pode estar associado ao seu perfil mais robusto, o que pode conferir maior resistência.

4.3 Análise das respostas do questionário realizado à gestão da empresa fabricante de esquadrias de alumínio

Mediante aplicação de um questionário ao diretor da empresa fabricante de esquadrias de alumínio, foi possível relacionar o processo de fabricação das esquadrias de alumínio e seus desafios ao atendimento a NBR 10821-3.

Inicialmente foi questionado ao diretor sobre a necessidade de alguma mudança significativa no processo de produção e instalação após a vigência da norma de desempenho. Diante do questionamento, o diretor respondeu que não houve mudança, a empresa continua com os mesmos procedimentos adotados para fabricação e instalação das esquadrias.

Logo em seguida foi questionado se a NBR 10821 já era atendida pela empresa mesmo antes da norma de desempenho. O diretor respondeu que sim, a empresa sempre buscou atender a NBR 10821, pois é uma empresa sistemista e por obrigação precisa atender a norma.

Dando sequência, questionou-se ao diretor, a respeito do acompanhamento do processo de produção das esquadrias, de que forma é feito. O diretor relatou que dispõe de uma equipe de profissionais habilitados que fazem a supervisão na produção das esquadrias, que acompanha o processo desde o recebimento dos perfis da distribuidora de alumínio, o corte dos montantes, montagem do marco e folhas, inserção dos acessórios, embalagem, até a expedição da esquadria para o cliente, e também realiza vistorias pós instalação.

Na quarta pergunta, o diretor foi questionado sobre como o mercado tem cobrado as empresas fabricantes de esquadrias em relação ao atendimento a norma de desempenho. O diretor respondeu que é exigido pelas construtoras o catálogo técnico com os laudos dos ensaios realizados pela empresa, pois as construtoras são cobradas a atender a norma de desempenho, dessa forma precisam garantir também o atendimento a NBR 10821. Já os clientes finais visam apenas o preço das esquadrias, não se preocupando com o atendimento a norma, visando a economia de dinheiro, deixando de lado a segurança de um produto normatizado.

A quinta pergunta indaga quais as dificuldades de atendimento da NBR 10821. Diante disso o diretor afirma que, não há dificuldades por parte da empresa ao atendimento a NBR 10821.

Continuando o questionário, na sexta pergunta, procurou saber se já foi preciso fazer alguma adequação de material ou processo para atender a algo específico da norma, no que o diretor respondeu de modo negativo, já que ele afirma usar material de qualidade e normatizados.

A sétima pergunta procurou conhecer a opinião do diretor sobre os ensaios exigidos pela norma e se os mesmos são suficientes ou não para garantir a qualidade do produto. Ele respondeu que os ensaios são muito exagerados e que deveriam ser menos rigorosos, e que sim, os ensaios são suficientes.

A oitava pergunta objetivou conhecer o ponto de vista do diretor da empresa em estudo, se na sua opinião a norma vigente de esquadrias de alumínio, a NBR 10821, está adequada a realidade do setor.

Para tanto, ele explicou que, os custos para se obter uma esquadria de alumínio que atenda a norma, são muito elevados, tendo em vista que se faz necessário utilizar materiais de qualidade e normatizados, cujos os preços altos impossibilitam muitos fabricantes de produzirem esquadrias normatizadas, além disso, ele explica que os ensaios para essas esquadrias são realizados em outros estados, e são de custo financeiro também elevado.

Continuando o questionário, a nona pergunta, procurou saber por meio da experiência do diretor da empresa, quais os principais problemas (defeitos) das esquadrias de alumínio e se estes estão mais relacionados à produção, instalação ou uso?

Ele responde que os principais problemas encontrados nas esquadrias são na permeabilidade ao ar, que segundo ele, causa barulho dentro do ambiente quando o ar passa pela esquadria, e a falta de estanqueidade a água que ocasiona infiltração, conforme ele responde, causa transtorno ao usuário e problemas estéticos na pintura. Em sua fala, ainda explica que algumas esquadrias são entregues na obra apresentando falta de alguns acessórios, como roldanas, guias, fechos entre outros. Tais problemas são resolvidos na obra, enviando os acessórios para o local, onde o instalador faz o reparo.

Continuando a resposta da segunda parte da pergunta nove, ele responde que os defeitos citados acima estão relacionados a instalação, devido ao vão não preparado de forma adequada, ele ressalta a importância de o vão estar no esquadro e prumo para uma instalação eficiente, evitando assim que os problemas aconteçam.

Por fim, a última pergunta dirigida ao diretor, qual sugestão poderia ser inserida ou retirada das normas relacionadas às esquadrias? Ele sugere que os vidros float não sejam mais utilizados em janelas, pois segundo ele, esses vidros não oferecem segurança ao usuário.

Com isso, pode-se verificar que apesar da fala do diretor comentar pouca dificuldade no atendimento, observa-se que um dos itens ensaiados foi rejeitado. O diretor comentou que o custo para se produzir esquadrias que atendam a norma é muito alto, tendo em vista que se faz necessário utilizar perfis de alumínio com maior qualidade, bem como componentes e acessórios normatizados, os quais possuem custo elevado.

Ressaltou que os ensaios preconizados pela NBR 10821-3 apresentam exageros, onde simulam situações muito extremas, as quais segundo ele não são a realidade do Brasil, além de ter custo alto para realização dos ensaios, onde os laboratórios desses ensaios são localizados em outros estados do país, tais fatos acabam por selecionar os fornecedores desse produto no mercado.

Pode-se verificar também com a fala do diretor, que diante do custo para atender a norma 10821-3, o que acaba sendo refletido no preço final da esquadria, o cliente final opta por adquirir produtos de fornecedores que não atendem a norma, o que talvez torne a concorrência desleal entre os fornecedores de esquadrias de alumínio.

Talvez seja interessante um maior controle e registro do processo produtivo de forma a eliminar qualquer possibilidade de defeito nessa etapa, visto que o gerente comenta que na instalação é que acontecem os maiores problemas, mas que em percentual menor, algumas esquadrias chegam à obra com falta de acessórios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É indiscutível a importância das normas para a garantia da qualidade dos diversos sistemas construtivos. Em se falando de esquadrias, a norma 10821-3 estabelece os ensaios os quais as esquadrias devem atender para obter desempenho mínimo e não apresentar problemas na fase de uso.

A partir dos dados apresentados foi possível verificar todo o processo produtivo o qual é bastante minucioso e composto de diversas etapas. Etapas essas que precisam, e são na empresa em questão, acompanhadas por profissionais habilitados. Porém mesmo com um acompanhamento, uma das linhas de esquadrias obteve rejeição em dos ensaios exigidos pela NBR 10821-3.

A esquadria apresentou desprendimento da guarnição do vidro, tal problema pode ter relação com o processo de fabricação. A esquadria também apresentou deformação excessiva do perfil de alumínio, deformação esta que pode ter relação com os problemas de amassados encontrados na etapa de fabricação, como se trata de uma linha econômica, a resistência dele pode ser menor, o que pode ter favorecido a deformação permanente do perfil.

Vale ressaltar que apenas uma das linhas obteve resultado satisfatório. O que pode mostrar que o controle produtivo para a garantia de qualidade é adequado, porém para a outra linha houve alguma falha no processo. Os ensaios exigidos pela NBR 10821-3 se mostram importantes visto que o problema foi identificado na fase de testes, antes da esquadria ser entregue ao cliente final, evitando assim problemas na fase de uso.

Os registros do controle de qualidade da produção nesse momento podem ser úteis e a empresa não apresentou. Trabalhando em cima dos problemas recorrentes, talvez todas linhas atendessem o que a norma preconiza.

Apesar do gerente comentar que a empresa não apresentou dificuldades em se adequar a norma, foi possível observar o não atendimento de alguns pontos da norma como o armazenamento e o próprio resultado do ensaio que não atendeu ao nível de desempenho exigido pela NBR 10821-3.

Dessa forma, a NBR 10821-3 e outras relacionadas a esquadrias reforçam sua importância no sentido de visar a segurança e resguardo dos usuários de esquadrias de alumínio, evitando danos materiais, físicos e também oferecendo maior conforto a esses usuários. Além disso, para atender as exigências das normas relacionadas a esquadrias, as empresas fabricantes precisam fazer um alto investimento o que gera um mercado cada vez mais qualificado para o setor.

Para trabalhos futuros, sugere-se fazer um estudo de caso sobre os problemas na fase de instalação e manutenção das esquadrias. Assim como, buscar opinião de outros agentes desse mercado, como por exemplo a associação nacional

de fabricantes de esquadrias de alumínio, sobre as normas relacionadas às esquadrias.

REFERÊNCIAS

ABAL. **Site da Associação Brasileira do Alumínio, 201.** Disponível em: <http://abal.org.br/aplicacoes/construcao-civil/esquadrias>. Acesso em: 26 fev. 2021.

ABRAVIDRO, Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos. **Panorama do setor vidreiro: levantamento inédito e exclusivo**, São Paulo, 24/07/2012. Disponível em: <http://abravidro.org.br/punoticias/panorama-do-setor-vidreiro-levantamento-inedito-e-exclusivo/>. Acesso em 16 Mar. 2021.

ALBUQUERQUE, Eduardo Saeger Cavalcanti de. **Estudo comparativo entre esquadrias de alumínio e as de PVC na construção civil.** 2017.

ANDRADE, Robson Braga. O caminho da evolução. In: CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** 2. ed. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. p. 10. Disponível em: http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho_2_edicao.pdf. Acesso em: 26 mar. 2021.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR **10821-1** – Esquadrias externas e internas – Terminologia: Rio de Janeiro 2. ed. 2017.

_____. NBR 10821-2 - Esquadrias externas e internas - Requisitos e classificação: Rio de Janeiro. 2. ed. 2017.

_____. NBR 10821-3 - Esquadrias externas e internas – Métodos de ensaio: Rio de Janeiro. 2. ed. 2017.

_____. NBR 10821-4 - Esquadrias externas e internas - Requisitos adicionais de desempenho: Rio de Janeiro. 2. ed. 2017.

_____. NBR 15575-4 – Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas: Rio de Janeiro. 4. ed. 2013.

_____. NBR 7199 - Vidros na Construção Civil - Projeto, execução e aplicações: Rio de Janeiro. 2. ed. 2016.

CARDOSO, Antônio B. **Esquadrias de Alumínio no Brasil, Histórico, Tecnologia, Linhas atuais, Gráficos de Desempenho.** São Paulo: ProEditores, 2004.

CBIC. **Esquadrias para edificações desempenho e aplicações.** Brasília, DF, 2017. Disponível em: http://afeal.com.br/rev/wp-content/uploads/2017/06/Guia_de_Esquadrias_para_Edificacoes.pdf. Acesso em: 10 Mar. 2021.

COSTA, Pedro Buzatto. Pela melhoria na qualidade da habitação. In: CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. 2. ed. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. p. 9. Disponível em: <http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho_2_edicao.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2021.

FONTANINI, Patricia Stella Pucharelli et al. **Mentalidade enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil: aplicação de macro-mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio**. 2004.

FURLETTI, Daniel Ítalo Richard; VASCONCELOS, Ieda Maria Pereira; MENDES, Luis Fernando Melo (Ed.). **A Construção Civil pode dar um novo ânimo à economia**. 2018. CBIC. Disponível em: <<https://cbic.org.br/a-construcao-civil-pode-dar-um-novo-animo-a-economia-2/>>. Acesso em: 7 Mar. 2021.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1989. 206 p.

GODINI, C. **Portal Engenharia e Arquitetura, 2014**. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitectura.com.br/noticias/1075/NBR%AD15575%ADCompleta%ADUm%ADAno.aspx>>. Acesso em: 4 fevereiro 2021.

GRANZOTTO, Igor Tadeu; ALVES, Leonardo Kurrle; DA ROCHA, Maria Célia Albino. A internet na sociedade da informação: promovendo a sustentabilidade e protegendo o meio ambiente. In: **Congresso Internacional de Direito e Contemporaneidade: mídias e direitos da sociedade em rede**. 2017.

IIZUKA, Marson Toshiyo. **Instalação de esquadrias de alumínio: prática e inovação**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo-IPT, 2001.

LUDUVICO, Thesse Souza et al. **Desempenho a estanqueidade à água: interface janela e parede**. 2016.

MENDES, Gustavo. Qualidade na janela. **Revista Construção Mercado**, São Paulo, ed. 61, p. 58-61, ago. 2016.

REIS, M.N. Esquadrias de Alumínio. **Análise dos critérios de escolhas destes componentes em edifícios de apartamentos, padrão médio-alto na cidade de São Paulo**. Tese de doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação da FAUUSP como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em arquitetura e urbanismo. São Paulo. 2011.

REIS, Magda Netto dos. **Processo de produção e uso do alumínio na construção civil: contribuição à especificação das esquadrias de alumínio**. 2006. 342f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RODRIGUES, J. V. **Esquadrias usadas na construção civil Brasileira – características e execução**. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SANTOMAURO, A. C. Preferência Nacional. **Revista Alumínio**. São Paulo: n. 24, out. 2010. Disponível em: <<http://www.revistaaluminio.com.br/recicla-inovacao/24/artigo210787-1.asp>>. Acesso em 04 mar. 2021.

SILVA, Matheus Miranda; PEREIRA, Marcelo. **Janelas de alumínio: análise de atendimento aos requisitos das normas ABNT NBR 10821: 2017 e ABNT NBR 15575: 2013**. Engenharia Civil-Tubarão, 2017.

SILVANO, Karen Martins; SOBRINHO, Lucas Rafael de Souza. **Investigação dos problemas gerados por falta de estanqueidade nas esquadrias de alumínio**. Engenharia Civil-Tubarão, 2020.

TOSIN, Márcio Cagliari. **Origem das infiltrações de água em janelas de alumínio e de PVC em obras de uma construtora de Porto Alegre**. 2011.

TRAVASSOS, M. S. **Mudanças nas relações entre participantes da cadeia produtiva de esquadrias de alumínio brasileira**. 167 f. 2010. [Dissertação] Mestrado em Administração. Universidade Municipal de São Caetano do Sul. São Caetano do Sul, 2010.

VAILATI FILHO, Danilo Nelson. **COMPETÊNCIAS GERENCIAIS: Uma base para o desenvolvimento profissional dos fabricantes de esquadrias**. Campo Limpo Paulista SP:FACCAMP, 2017.

XAVIER, I. **Orçamento planejamento e custos de obras**. 2008, 67 p. Apostila da disciplina de Fundação para Pesquisa Ambiental. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo – USP. Disponível em: <http://www.lamehousing.com.br/uploads/artigos/18042010_190858.pdf> Acesso em 14 Mar. 2021.

ANEXO-A: RELATÓRIOS DE ENSAIO LINHA PERFECTA LIS SL-40 EC

Relatório de Ensaio RE-04299/18

Interessado: **METALLOCK IND. DE ESQ. DE ALUMÍNIO EIRELLI ME**
Rua José Bonfim Junior, 1461 - Curió
60831-260 – Fortaleza - CE

Obra: (0649)

1. MATERIAL ENSAIADO

02 (duas) janelas do tipo de correr, em alumínio, linha Lis SL-40 EC, constituída por 02 (duas) folhas móveis de vidro, com dimensão nominal de (1510 x 1010) mm, entregues pelo interessado em nosso laboratório em 05/10/2018, caracterizada a seguir:

Dimensões	L x H x E
– Marco:	(1504 x 1000) mm;
– Folhas móveis (02 unidades):	(757 x 972) mm;
– Vidros floats (02 unidades):	(678 x 894 x 4) mm;
– Rasgos de drenagem (04 unidades):	(25 x 5) mm;
– Altura da aba do trilho:	32 mm.

2. CARACTERÍSTICAS DO PROTÓTIPO

2.1. Fixação no vão

O protótipo para ensaios em câmara foi chumbado através de argamassa colante AC3 sem seu perímetro em um vão acabado de alvenaria de blocos cerâmicos revestidos com argamassa e em pórtico metálico para os ensaios de manuseio.

2.2. Verificação do protótipo em relação ao projeto do mesmo em anexo:

Após o término dos ensaios, foi realizada a verificação do protótipo em relação ao projeto enviado pelo interessado, durante a desmontagem do protótipo verificou se todo o sistema de fixação e vedação estão de acordo com projeto.

Conforme a verificação realizada constatou-se que a esquadria ensaiada **confere** com o projeto apresentado, com ressalva quanto aos itens a seguir:

- A. Verificadas em protótipo escova de vedação (30x6x36)mm nas travessas do marco, na região dos montantes da "mão-de-amigo" das folhas, porém não indicadas em projeto – Foto n.º 01.
- B. Verificadas em protótipo escovas de vedação (25x6x45)mm nas extremidades das travessas do marco, porém não indicadas em projeto – Foto n.º 02.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

3. ENSAIOS REALIZADOS / METODOLOGIA

- 3.1. Verificação da penetração de ar, conforme NBR 10821-3:2017, item 5.
- 3.2. Verificação da estanqueidade à água, conforme NBR 10821-3:2017, item 6.
- 3.3. Comportamento sob cargas uniformemente distribuídas, conforme NBR 10821-3:2017, item 7.
- 3.4. Verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento, conforme NBR 10821-3:2017 – Anexo D.
- 3.5. Resistência ao esforço horizontal/vertical, com um canto imobilizado, conforme NBR 10821-3:2017 – Anexo G.
- 3.6. Resistência ao esforço horizontal/vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados, conforme NBR 10821-3:2017 – Anexo I.
- 3.7. Resistência à flexão, conforme NBR 10821-3:2017 – Anexo J.

Pressões adotadas a pedido do interessado para a realização do ensaio:

Pressão de ensaio (Pe)	:	1820 Pa
Pressão de segurança (Ps)	:	2500 Pa
Pressão de água (Pa)	:	300 Pa

4. RESULTADOS OBTIDOS

- 4.1. Verificação da penetração de ar.

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE AR – 50 Pa	
Vazão de Alimentação Q_a (m ³ /h)	58,63
Vazão de Ar Q (m ³ /h)	80,28
Vazão de Permeabilidade Q_p ($Q_p = Q - Q_a$)	21,65 m ³ /h
CÁLCULO DA VAZÃO POR METRO LINEAR DE JUNTAS ABERTAS	
Comprimento de Juntas Abertas (m)	5,94
Vazão de Permeabilidade por metro linear ($Q_p \div$ Comprimento de Juntas Abertas)	3,64 m ³ /hxm
Classificação de acordo com Anexo C da NBR 10821-2	1,66 a 15,61 m ³ /hxm Intermediário
CÁLCULO DA VAZÃO POR ÁREA TOTAL DO VÃO	
Área do vão (m ²)	1,51
Vazão de Permeabilidade por área total do vão ($Q_p \div$ Área Total do Vão)	14,38 m ³ /hxm ²
Classificação de acordo com Anexo C da NBR 10821-2	6,66 a 62,45 m ³ /hxm ² Intermediário

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

4.2. Verificação da estanqueidade à água – Método A (esquadrias totalmente expostas):

Pressão de Ensaio (Pa)	Período de Aplicação (min.)	Ocorrências
0	15	Nenhuma ocorrência de infiltração, apenas a presença de água no trilho.
20	05	
40	05	
60	05	
80	05	
100	05	
130	05	
160	05	
190	05	
220	05	
230	05	PI-01: Infiltração entre a travessa inferior e o montante direito da folha direita, sem ocasionar respingos para a face interna (1') – Foto n.º 04.
240	05	
250	05	
280	05	
300	05	
Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.2:		
A janela não pode apresentar vazamentos que provoquem o escoamento de água pelas paredes ou componentes sobre os quais esteja fixada (PE), quando submetida às pressões de ensaio correspondentes às regiões do Brasil onde é utilizada.		

Tempo de escoamento d'água para a face externa após cessar da pressão: 1'

Seguem definições de acordo com a NBR 10821-3:2017, itens 3.7 e 3.9:

Permeabilidade Inicial (PI): Vazamento, escoamento ou borbulhamento de água no interior da esquadria ou das partes, ocorrido a qualquer tempo, desde que a água não ultrapasse o plano interno do marco da esquadria, sem molhar o peitoril da alvenaria ou a face interna da parede. O PI determina o nível de desempenho da esquadria, não aprova ou reprova.

Permeabilidade Excessiva (PE): Todo e qualquer vazamento de água que ultrapasse o plano interno do marco da esquadria. Neste caso a esquadria é reprovada.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

4.3. Comportamento sob cargas uniformemente distribuídas (deformação)

4.3.1. Pressão positiva.

Pressão (Pa)	Deformação (mm)			Deformação Real (mm)
	D1	D2	D3	$D2 - \left(\frac{D1 + D3}{2}\right)$
350	0,6	1,8	1,3	0,85
residual	0,2	0,0	0,0	-0,10
950	2,2	5,6	3,3	2,85
residual	0,5	0,1	0,0	-0,15
1180	3,1	6,9	3,6	3,55
residual	0,9	0,3	0,0	-0,15
1400	3,5	7,9	3,8	4,25
residual	0,9	0,3	0,0	-0,15
1660	4,1	8,8	3,8	4,85
residual	0,8	0,4	0,3	-0,15
1820	4,5	9,5	3,8	5,35
residual	0,8	0,4	0,3	-0,15
Deformação máxima (comprimento livre do perfil 972 mm + 175, sendo que conforme NBR 10821-2:2017 a deformação máxima está limitada a 30,00mm).				5,55
Deformação residual máxima (0,4% do comprimento livre do perfil)				3,89

4.3.2. Pressão Negativa (sucção).

Pressão (Pa)	Deformação (mm)			Deformação Real (mm)
	D1	D2	D3	$D2 - \left(\frac{D1 + D3}{2}\right)$
546	3,1	5,0	2,9	2,00
residual	0,0	0,0	0,0	0,00
1092	8,3	9,9	3,9	3,80
residual	0,4	0,4	0,3	0,05
1660	18,2	17,9	7,2	5,20
residual	4,8	2,8	0,7	0,05
1820	18,5	19,1	7,4	6,15
residual	4,6	2,7	0,4	0,20
Deformação máxima (comprimento livre do perfil 972 mm + 175, sendo que conforme NBR 10821-2:2017 a deformação máxima está limitada a 30,00mm).				5,55
Deformação residual máxima (0,4% do comprimento livre do perfil)				3,89

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

Os deflectômetros para medida das deformações foram posicionados no montante direito da folha esquerda, com comprimento de 972 mm, conforme apresentado a seguir:

- ✓ D1 – na região superior do montante;
- ✓ D2 – no centro do montante;
- ✓ D3 – na região inferior do montante.

Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.3.1:

A esquadria, quando submetida à pressão prescrita para a região em que ela é utilizada, não pode:

- Apresentar ruptura, ou colapso total ou parcial de quaisquer de seus componentes, inclusive o vidro;
- Ter seu desempenho deteriorado quanto às condições de abertura e fechamento, acima dos valores máximos fixados em 6.2.4;
- Ter o seu desempenho, quanto à permeabilidade ao ar, no caso de esquadrias instaladas em edificações climatizadas, acima de um nível de desempenho. No caso de esquadrias instaladas em edificações não climatizadas, o ensaio de permeabilidade ao ar não é necessário após a aplicação das cargas uniformemente distribuídas;
- Apresentar deflexão máxima instantânea superior a $L/175$ do perfil, sendo L o comprimento livre do componente em análise; em nenhum caso deve ser superior a 30 mm em qualquer um dos seus perfis; e
- Apresentar deformação residual superior a 0,4% do comprimento livre do perfil em análise, medida após pelo menos 3 min do desligamento da pressão de ensaio

4.3.3. Pressão de Segurança (*).

Pressão (Pa)	Aplicação	Ocorrências
2500	1ª positiva	Nenhuma ocorrência.
	2ª positiva	Nenhuma ocorrência.
	1ª negativa	Nenhuma ocorrência.
	2ª negativa	Nenhuma ocorrência.

Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.3.2:

Após a conclusão do ensaio, independente do dano causado à esquadria, não pode ocorrer desprendimento total de nenhuma de suas partes.

(*) Para aplicação da pressão de segurança, foram utilizados parafusos para fixação dos montantes do marco na alvenaria, não sendo avaliada, no ensaio, a fixação da argamassa colante AG3.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

4.4. Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

FOLHA VERIFICADA:	Folha esquerda	
	Força aplicada (N)	
Número de ciclos	Abertura	Fechamento
Início do ensaio	22,20	18,85
1.000 ciclos	23,10	19,90
2.000 ciclos	22,25	18,70
3.000 ciclos	23,15	18,75
4.000 ciclos	22,05	19,10
5.000 ciclos	23,45	20,25
6.000 ciclos	22,95	19,05
7.000 ciclos	23,00	18,70
8.000 ciclos	23,05	19,90
9.000 ciclos	22,90	20,05
10.000 ciclos	21,85	19,15
Limites - NBR 10821-2:2017	100 N	50 N
Ocorrências	Nenhuma ocorrência	

4.5. Resistência ao esforço horizontal/vertical, com um canto imobilizado.

Deformação	Resultados (mm)				Limites - NBR 10821
	D1	D2	D3	$D2 - \frac{D1 + D3}{2}$	
Sob carregamento (400 N)	0,90	5,00	7,50	0,80	Não há
Residual	0,00	0,40	1,00	-0,10	3,88 mm
Ocorrências	Nenhuma ocorrência.				
Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.4:					
A esquadria deve resistir sem que haja:					
<ul style="list-style-type: none"> • Deformação residual superior a 0,4% do vão; • Fissura ou ruptura dos vidros; • Deterioração de qualquer componente ou elementos de fixação; • Colapso da esquadria, ou seja, qualquer alteração vital no funcionamento do conjunto, dos componentes e/ou da estrutura da esquadria que coloque em risco o usuário ou terceiros. 					

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

A aplicação da carga e os deflectômetros para medida das deformações foram posicionados no **montante esquerdo da folha esquerda** (vista interna), com 970mm de altura, estando está em posição intermediária de abertura, com o canto inferior imobilizado, conforme apresentado a seguir:

- D1 – na parte inferior do montante;
 D2 – no centro do montante;
 D3 – na parte superior do montante.

- 4.6. Resistência ao esforço horizontal/vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados.

Ocorrências após carregamento (400 N)	Nenhuma ocorrência.
Ocorrências após cinco ciclos completos de abertura e fechamento	Manobras de abertura e fechamento normais.
Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.5: A esquadria deve resistir sem que haja: <ul style="list-style-type: none"> • Ruptura e/ou queda de qualquer componente, elemento de fixação ou de suas partes; Ruptura do vidro (o vidro pode apresentar fissuras, mas não pode ter nenhum fragmento desprendido). 	

A aplicação da carga foi realizada no **montante esquerdo da folha esquerda** (vista interna), estando em posição intermediária de abertura.

- 4.7. Resistência à Flexão.

APLICAÇÃO DA FORÇA DO LADO EXTERNO PARA INTERNO	
Ocorrências após carregamento (400 N)	Nenhuma ocorrência.
Ocorrências após cinco ciclos completos de abertura e fechamento	Manobras de abertura e fechamento normais.
Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.5: A esquadria deve resistir sem que haja: <ul style="list-style-type: none"> • Ruptura e/ou queda de qualquer componente, elemento de fixação ou de suas partes; Ruptura do vidro (o vidro pode apresentar fissuras, mas não pode ter nenhum fragmento desprendido). 	

A aplicação da carga foi realizada **montante esquerdo da folha esquerda** (vista interna), estando em posição intermediária de abertura.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

APLICAÇÃO DA FORÇA DO LADO INTERNO PARA EXTERNO	
Ocorrências após carregamento (400 N)	Nenhuma ocorrência.
Ocorrências após cinco ciclos completos de abertura e fechamento	Manobras de abertura e fechamento normais.
Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.5: A esquadria deve resistir sem que haja: <ul style="list-style-type: none"> • Ruptura e/ou queda de qualquer componente, elemento de fixação ou de suas partes; • Ruptura do vidro (o vidro pode apresentar fissuras, mas não pode ter nenhum fragmento desprendido). 	

A aplicação da carga foi realizada no **montante direito da folha direita** (vista externa), estando em posição intermediária de abertura.

5. OBSERVAÇÕES

- 5.1. De acordo com a NBR 10821-2:2017 – Esquadrias Externas para Edificações – Requisitos e Classificação, os requisitos de classificação das esquadrias instaladas na posição vertical, em edifícios de caráter residencial ou comercial, são no mínimo, os estabelecidos para as cinco classes, em relação ao número de pavimentos e à altura da edificação (de 2 a 30 pavimentos, ou altura máxima de 6 a 90 metros).

Para esquadrias instaladas nas situações descritas a seguir, deve ser consultada a NBR 6123 – Forças Devidas ao Vento em Edificações, para a determinação da pressão de projeto (P_p) e pressão de ensaio (P_e), prevalecendo como mínimo os valores indicados na Tabela 1 da NBR 10821-2:2017:

- ✓ Edifícios em que as esquadrias não sejam instaladas na posição vertical;
- ✓ Edifícios de forma não retangular; e
- ✓ Edifícios com especificações, localização, necessidades e exigências especiais de utilização.

As pressões de ensaio para a realização dos ensaios em esquadrias instaladas em posição vertical, em edifícios de até 90 metros de altura, são determinadas conforme a Região de utilização da esquadria no território nacional, sendo utilizado como critério para Região o gráfico das isopletras de velocidade básica do vento indicado na Figura 4 da NBR 10821-2:2017.

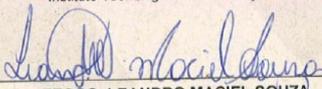
Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.


 Rua Dr. Elias Chaves, 122 A
 São Paulo - SP - CEP 01205-010
 Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
 www.itecbrasil.org.br

- 5.2. Conforme item 6.2 da norma NBR 10821-2:2017, as esquadrias devem atender ao nível de desempenho definido na Tabela 2 da referida norma para os ensaios de permeabilidade ao ar, estanqueidade à água, resistências às cargas uniformemente distribuídas, operações de manuseio e segurança nas operações de manuseio.
- 5.3. É PARTE INTEGRANTE DESTES RELATÓRIO DE ENSAIO E O COMPLEMENTA, O MANUAL DE INSTALAÇÃO DA ESQUADRIA E O DESENHO DO CAIXILHO FORNECIDO PELO INTERESSADO, COM CARIMBO E RUBRICA DESTES LABORATÓRIO.
- 5.4. Seguem anexas fotos do protótipo ensaiado (fotos nº. 01 a 09).
- 5.5. Pedido de ensaio – PE-4510 e 4510-01
- 5.6. Ensaio realizado no período de 22/11 a 24/11/2018 e no dia 03/12/2018. A verificação do protótipo em relação ao projeto foi realizada em 21/12/2018.

São Paulo, 26 de dezembro de 2018.

ITEC
 Instituto Tecnológico da Construção Civil



TECGO. LEANDRO MACIEL SOUZA
 Assistente Técnico

MGS/lms

ITEC
 Instituto Tecnológico da Construção Civil



ENGA. MICHELE GLEICE DA SILVA
 Diretora Técnica

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

ANEXOS

- ✓ Fotos do protótipo ensaiado (fotos nº. 01 a 09);
- ✓ Manual de instalação da esquadria ensaiada;
- ✓ Projeto da esquadria com carimbo e rubrica.

*Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.



Rua Dr. Elias Chaves, 122 A
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
www.itecbrasil.org.br

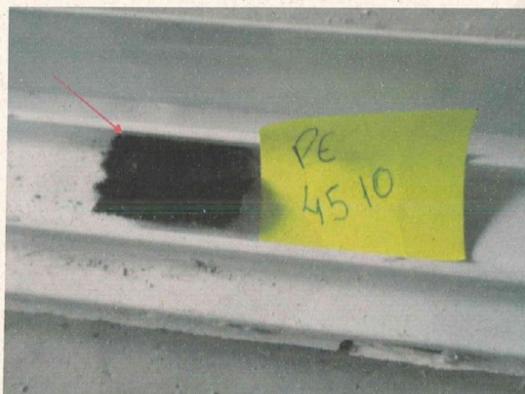


Foto nº. 01

Verificação do protótipo em relação ao projeto:
Verificadas em protótipo escova de vedação (30x6x36)mm nas travessas do marco, na região dos montantes da "mão-de-amigo" das folhas, porém não indicadas em projeto.



Foto nº. 02

Verificação do protótipo em relação ao projeto:
Verificadas em protótipo escovas de vedação (25x6x45)mm nas extremidades das travessas do marco, porém não indicadas em projeto.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.


Rua Dr. Elias Chaves, 122 A
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
www.itecbrasil.org.br



Foto nº. 03
Vista interna do protótipo ensaiado.



Foto nº. 04
Verificação da estanqueidade à água:
PI-01: Infiltração entre a travessa inferior e o montante direito da folha direita, sem ocasionar respingos para a face interna (1').

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.


Rua Dr. Elias Chaves, 122 A
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
www.itecbrasil.org.br



Foto nº. 05

Verificação do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas:
Posicionamento dos deflectômetros.



Foto nº. 06

Ensaio de resistência ao esforço horizontal, com um canto imobilizado.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

Rua Dr. Elias Chaves, 122 A
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
www.itecbrasil.org.br



Foto n.º 07

Ensaio de resistência ao esforço horizontal, com dois cantos imobilizados.



Foto n.º 08

Ensaio de resistência a flexão, do lado externo para o interno.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

Rua Dr. Elias Chaves, 122 A
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
www.itecbrasil.org.br



Foto nº. 09
Ensaio de resistência a flexão, do lado interno para o externo.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

Rua Dr. Elias Chaves, 122 A
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
www.itecbrasil.org.br

ANEXO-B: RELATÓRIOS DE ENSAIO LINHA PERFECTA FIT SL-22 EC

Relatório de Ensaio RE-04300/18

Interessado: **METALLOCK IND. DE ESQ. DE ALUMÍNIO EIRELLI ME**
Rua José Bonfim Junior, 1461 - Curió
60831-260 – Fortaleza - CE

Obra: (0649)

1. MATERIAL ENSAIADO

02 (duas) janelas do tipo de correr, em alumínio, linha Fit SL-22 EC, constituída por 02 (duas) folhas móveis de vidro, com dimensão nominal de (1510 x 1010) mm, entregues pelo interessado em nosso laboratório em 05/10/2018, caracterizada a seguir:

Dimensões	L x H x E
– Marco:	(1502 x 1000) mm;
– Folhas móveis (02 unidades):	(745 x 970) mm;
– Vidros floats (02 unidades):	(718 x 895 x 4) mm;
– Rasgos de drenagem (04 unidades):	(25 x 5) mm;
– Altura da aba do trilho:	32 mm.

2. CARACTERÍSTICAS DO PROTÓTIPO

2.1. Fixação no vão

O protótipo para ensaios em câmara foi chumbado através de argamassa colante AC3 sem seu perímetro e parafusos em um vão acabado de alvenaria de blocos cerâmicos revestidos com argamassa e em pórtico metálico para os ensaios de manuseio.

2.2. Verificação do protótipo em relação ao projeto do mesmo em anexo:

Após o término dos ensaios, foi realizada a verificação do protótipo em relação ao projeto enviado pelo interessado, durante a desmontagem do protótipo verificou-se todo o sistema de fixação e vedação estão de acordo com projeto.

Conforme a verificação realizada constatou-se que a esquadria ensaiada **confere** com o projeto apresentado, com ressalva quanto ao item a seguir:

- A.** Verificada em protótipo escova de vedação (20x23x5)mm na travessa inferior do marco, na região dos montantes da “mão-de-amigo” das folhas, porém não indicada em projeto – Foto n.º 01.

3. ENSAIOS REALIZADOS / METODOLOGIA

- 3.1. Verificação da penetração de ar, conforme NBR 10821-3:2017, item 5.
- 3.2. Verificação da estanqueidade à água, conforme NBR 10821-3:2017, item 6.
- 3.3. Comportamento sob cargas uniformemente distribuídas, conforme NBR 10821-3:2017, item 7.
- 3.4. Verificação do comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento, conforme NBR 10821-3:2017 – Anexo D.
- 3.5. Resistência ao esforço horizontal/vertical, com um canto imobilizado, conforme NBR 10821-3:2017 – Anexo G.
- 3.6. Resistência ao esforço horizontal/vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados, conforme NBR 10821-3:2017. – Anexo I.
- 3.7. Resistência à flexão, conforme NBR 10821-3:2017 – Anexo J.

Pressões adotadas a pedido do interessado para a realização do ensaio:

Pressão de ensaio (Pe)	:	600 Pa
Pressão de segurança (Ps)	:	750 Pa
Pressão de água (Pa)	:	130 Pa

4. RESULTADOS OBTIDOS

- 4.1. Verificação da penetração de ar.

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE AR – 50 Pa	
Vazão de Alimentação Q_a (m ³ /h)	79,47
Vazão de Ar Q (m ³ /h)	97,85
Vazão de Permeabilidade Q_p ($Q_p = Q - Q_a$)	18,38 m³/h
CÁLCULO DA VAZÃO POR METRO LINEAR DE JUNTAS ABERTAS	
Comprimento de Juntas Abertas (m)	5,89
Vazão de Permeabilidade por metro linear ($Q_p \div$ Comprimento de Juntas Abertas)	3,12 m³/hxm
Classificação de acordo com Anexo C da NBR 10821-2	(1,66 a 15,61) m³/hxm Intermediário
CÁLCULO DA VAZÃO POR ÁREA TOTAL DO VÃO	
Área do vão (m ²)	1,46
Vazão de Permeabilidade por área total do vão ($Q_p \div$ Área Total do Vão)	12,59 m³/hxm²
Classificação de acordo com Anexo C da NBR 10821-2	(6,66 a 62,45) m³/hxm² Intermediário

"Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial."

4.2. Verificação da estanqueidade à água – Método A (esquadrias totalmente expostas):

Pressão de Ensaio (Pa)	Período de Aplicação (min.)	Ocorrências
0	15	Nenhuma ocorrência de infiltração, apenas a presença de água no trilho.
20	05	
40	05	
60	05	
80	05	
100	05	
110	05	PI-01: Infiltração entre a travessa inferior e o montante direito da folha esquerda, sem ocasionar respingos para a face interna (1') – Foto n.º 03.
120	05	PI-02: Infiltração entre a travessa superior da folha direita e a travessa do marco, sem ocasionar gotejamento e respingos para a face interna (3') – Foto n.º 04.
130	05	
<p>Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.2: A janela não pode apresentar vazamentos que provoquem o escoamento de água pelas paredes ou componentes sobre os quais esteja fixada (PE), quando submetida às pressões de ensaio correspondentes às regiões do Brasil onde é utilizada.</p>		

Tempo de escoamento d'água para a face externa após cessar da pressão: 1'

Seguem definições de acordo com a NBR 10821-3:2017, itens 3.7 e 3.9:

Permeabilidade Inicial (PI): Vazamento, escoamento ou borbulhamento de água no interior da esquadria ou das partes, ocorrido a qualquer tempo, desde que a água não ultrapasse o plano interno do marco da esquadria, sem molhar o peitoril da alvenaria ou a face interna da parede. O PI determina o nível de desempenho da esquadria, não aprova ou reprova.

Permeabilidade Excessiva (PE): Todo e qualquer vazamento de água que ultrapasse o plano interno do marco da esquadria. Neste caso a esquadria é reprovada.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

4.3. Comportamento sob cargas uniformemente distribuídas (deformação)

4.3.1. Pressão positiva.

Pressão (Pa)	Deformação (mm)			Deformação Real (mm) $D2 - \left(\frac{D1 + D3}{2}\right)$
	D1	D2	D3	
180	0,4	1,8	0,4	1,40
residual	0,0	0,0	0,0	0,00
360	0,7	4,2	0,9	3,40
residual	0,0	0,2	0,0	0,20
500	1,2	6,3	1,1	5,15
residual	0,0	0,6	0,3	0,45
600	1,3	7,5	1,3	6,20
residual	0,0	0,5	0,3	0,35
Deformação máxima (comprimento livre do perfil 970 mm + 175, sendo que conforme NBR 10821-2:2017 a deformação máxima está limitada a 30,00mm).				5,54
Deformação residual máxima (0,4% do comprimento livre do perfil)				3,88

4.3.2. Pressão Negativa (sucção).

Pressão (Pa)	Deformação (mm)			Deformação Real (mm) $D2 - \left(\frac{D1 + D3}{2}\right)$
	D1	D2	D3	
150	0,5	1,6	0,3	1,20
residual	0,0	0,0	0,0	0,00
300	0,9	3,2	0,5	2,50
residual	0,0	0,0	0,0	0,00
500	1,6	5,6	0,8	4,40
residual	0,2	0,1	0,1	-0,05
Deformação máxima (comprimento livre do perfil 970 mm + 175, sendo que conforme NBR 10821-2:2017 a deformação máxima está limitada a 30,00mm).				5,54
Deformação residual máxima (0,4% do comprimento livre do perfil)				3,88

Os deflectômetros para medida das deformações foram posicionados no montante direito da folha esquerda, com comprimento de 970 mm, conforme apresentado a seguir:

- ✓ D1 – na região superior do montante;
- ✓ D2 – no centro do montante;
- ✓ D3 – na região inferior do montante.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.3.1:

A esquadria, quando submetida à pressão prescrita para a região em que ela é utilizada, não pode:

- Apresentar ruptura, ou colapso total ou parcial de quaisquer de seus componentes, inclusive o vidro;
- Ter seu desempenho deteriorado quanto às condições de abertura e fechamento, acima dos valores máximos fixados em 6.2.4;
- Ter o seu desempenho, quanto à permeabilidade ao ar, no caso de esquadrias instaladas em edificações climatizadas, acima de um nível de desempenho. No caso de esquadrias instaladas em edificações não climatizadas, o ensaio de permeabilidade ao ar não é necessário após a aplicação das cargas uniformemente distribuídas;
- Apresentar deflexão máxima instantânea superior a $L/175$ do perfil, sendo L o comprimento livre do componente em análise; em nenhum caso deve ser superior a 30 mm em qualquer um dos seus perfis; e
- Apresentar deformação residual superior a 0,4% do comprimento livre do perfil em análise, medida após pelo menos 3 min do desligamento da pressão de ensaio

4.3.3. Pressão de Segurança.

Pressão (Pa)	Aplicação	Ocorrências
750	1ª positiva	Nenhuma ocorrência.
	2ª positiva	Nenhuma ocorrência.
	1ª negativa	Nenhuma ocorrência.
	2ª negativa	Nenhuma ocorrência.

Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.3.2:

Após a conclusão do ensaio, independente do dano causado à esquadria, não pode ocorrer desprendimento total de nenhuma de suas partes.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

4.4. Comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento.

FOLHA VERIFICADA:	Folha esquerda		
	Número de ciclos	Força aplicada (N)	
		Abertura	Fechamento
Início do ensaio	10,55	14,15	
1.000 ciclos	10,60	14,40	
2.000 ciclos	10,60	14,20	
3.000 ciclos	10,30	15,10	
4.000 ciclos	10,20	15,20	
5.000 ciclos	10,60	14,00	
6.000 ciclos	10,80	14,90	
7.000 ciclos	10,90	14,30	
8.000 ciclos	10,70	14,20	
9.000 ciclos	10,50	14,30	
10.000 ciclos	10,50	15,20	
Limites - NBR 10821-2:2017	100 N	50 N	
Ocorrências	Nenhuma ocorrência		

4.5. Resistência ao esforço horizontal/vertical, com um canto imobilizado.

Deformação	Resultados (mm)				Limites - NBR 10821
	D1	D2	D3	$D2 - \frac{D1 + D3}{2}$	
Sob carregamento (400 N)	2,29	39,79	10,25	33,52	Não há
Residual	2,26	24,44	5,26	20,68	3,88 mm
Ocorrências	Desprendimento da guarnição de borracha em relação ao vidro e deformação do montante adotado durante a aplicação da carga, não retornando à posição inicial após a retirada da carga.				
Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.4:					
A esquadria deve resistir sem que haja:					
<ul style="list-style-type: none"> • Deformação residual superior a 0,4% do vão; • Fissura ou ruptura dos vidros; • Deterioração de qualquer componente ou elementos de fixação; • Colapso da esquadria, ou seja, qualquer alteração vital no funcionamento do conjunto, dos componentes e/ou da estrutura da esquadria que coloque em risco o usuário ou terceiros. 					

"Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial."

A aplicação da carga e os deflectômetros para medida das deformações foram posicionados no **montante esquerdo da folha esquerda** (vista interna), com 970mm de altura, estando está em posição intermediária de abertura, com o canto inferior imobilizado, conforme apresentado a seguir:

- D1 – na parte inferior do montante;
- D2 – no centro do montante;
- D3 – na parte superior do montante.

Ensaio de Resistência ao esforço horizontal/vertical, no plano da folha, com dois cantos imobilizados não realizado devido a deformação excessiva do montante quando da aplicação do ensaio de Resistência ao esforço horizontal/vertical, com um canto imobilizado.

4.6. Resistência à Flexão.

APLICAÇÃO DA FORÇA DO LADO INTERNO PARA EXTERNO	
Ocorrências após carregamento (400 N)	Nenhuma ocorrência.
Ocorrências após cinco ciclos completos de abertura e fechamento	Manobras de abertura e fechamento normais.
Requisitos da NBR 10821-2:2017 – item 6.2.5: A esquadria deve resistir sem que haja: <ul style="list-style-type: none"> • Ruptura e/ou queda de qualquer componente, elemento de fixação ou de suas partes; • Ruptura do vidro (o vidro pode apresentar fissuras, mas não pode ter nenhum fragmento desprendido). 	

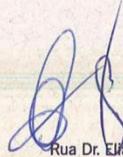
A aplicação da carga foi realizada no **montante direito da folha direita** (vista interna), estando em posição intermediária de abertura.

Não realizado a aplicação da Resistência a flexão, do lado externo para o interno devido a deformação excessiva do perfil da folha interna quando da aplicação do ensaio de Resistência ao esforço horizontal/vertical, com um canto imobilizado.

5. OBSERVAÇÕES

- 5.1. De acordo com a NBR 10821-2:2017 – Esquadrias Externas para Edificações – Requisitos e Classificação, os requisitos de classificação das esquadrias instaladas na posição vertical, em edifícios de caráter residencial ou comercial, são no mínimo, os estabelecidos para as cinco classes, em relação ao número de pavimentos e à altura da edificação (de 2 a 30 pavimentos, ou altura máxima de 6 a 90 metros).

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.


Rua Dr. Elias Chaves, 122 A
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
www.itecbrasil.org.br

Para esquadrias instaladas nas situações descritas a seguir, deve ser consultada a NBR 6123 – Forças Devidas ao Vento em Edificações, para a determinação da pressão de projeto (P_p) e pressão de ensaio (P_e), prevalecendo como mínimo os valores indicados na Tabela 1 da NBR 10821-2:2017:

- ✓ Edifícios em que as esquadrias não sejam instaladas na posição vertical;
- ✓ Edifícios de forma não retangular; e
- ✓ Edifícios com especificações, localização, necessidades e exigências especiais de utilização.

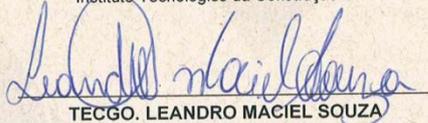
As pressões de ensaio para a realização dos ensaios em esquadrias instaladas em posição vertical, em edifícios de até 90 metros de altura, são determinadas conforme a Região de utilização da esquadria no território nacional, sendo utilizado como critério para Região o gráfico das isopletas de velocidade básica do vento indicado na Figura 4 da NBR 10821-2:2017.

- 5.2. Conforme item 6.2 da norma NBR 10821-2:2017, as esquadrias devem atender ao nível de desempenho definido na Tabela 2 da referida norma para os ensaios de permeabilidade ao ar, estanqueidade à água, resistências às cargas uniformemente distribuídas, operações de manuseio e segurança nas operações de manuseio.
- 5.3. É PARTE INTEGRANTE DESTE RELATÓRIO DE ENSAIO E O COMPLEMENTA, O MANUAL DE INSTALAÇÃO DA ESQUADRIA E O DESENHO DO CAIXILHO FORNECIDO PELO INTERESSADO, COM CARIMBO E RUBRICA DESTE LABORATÓRIO.
- 5.4. Seguem anexas fotos do protótipo ensaiado (fotos nº. 01 a 06).
- 5.5. Pedido de ensaio – PE-4511 e 4511-01
- 5.6. Ensaios realizados no período de 26/11 a 29/11/2018 e no dia 03/12/2018. A verificação do protótipo em relação ao projeto foi realizada em 26/12/2018.

São Paulo, 26 de dezembro de 2018.

ITEC

Instituto Tecnológico da Construção Civil


 TECCO. LEANDRO MACIEL SOUZA
 Assistente Técnico

MGS/lms

ITEC

Instituto Tecnológico da Construção Civil

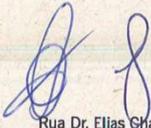

 ENGA. MICHELE GLEICE DA SILVA
 Diretora Técnica

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

ANEXOS

- ✓ Fotos do protótipo ensaiado (fotos nº. 01 a 06);
- ✓ Manual de instalação da esquadria ensaiada;
- ✓ Projeto da esquadria com carimbo e rubrica.

"Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial."


Rua Dr. Elias Graves, 122 A
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
www.itecbrasil.org.br

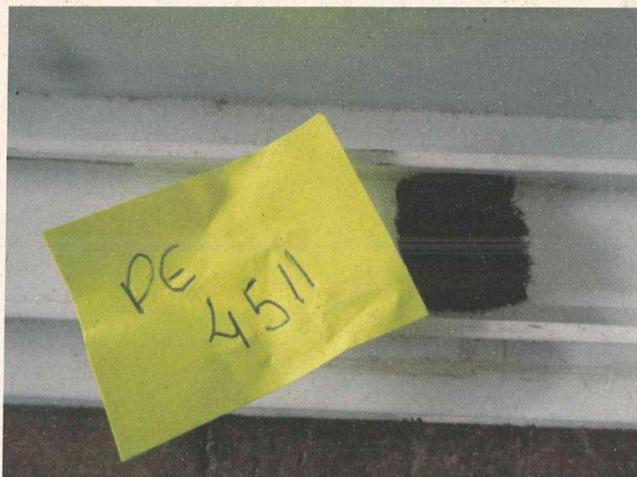


Foto nº. 01

Verificação do protótipo em relação ao projeto:
Verificada em protótipo escova de vedação (20x23x5)mm na travessa inferior do marco, na região dos montantes da "mão-de-amigo" das folhas, porém não indicada em projeto.



Foto nº. 02

Vista interna do protótipo ensaiado.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.


Rua Dr. Elias Chaves, 122 A
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
www.itecbrasil.org.br

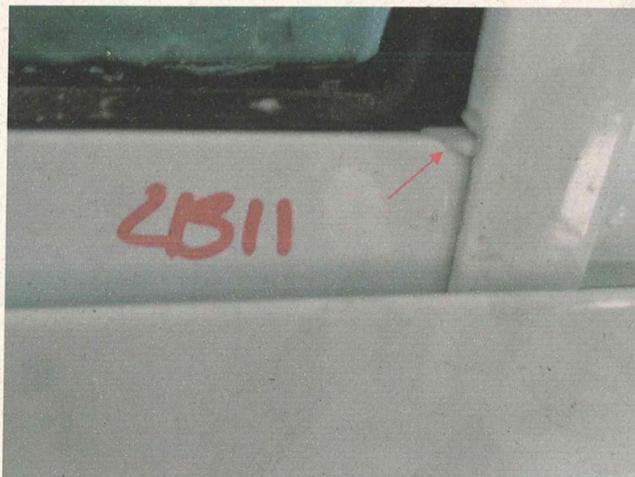


Foto nº. 03

Verificação da estanqueidade à água:

PI-01: Infiltração entre a travessa inferior e o montante direito da folha esquerda, sem ocasionar respingos para a face interna (1').

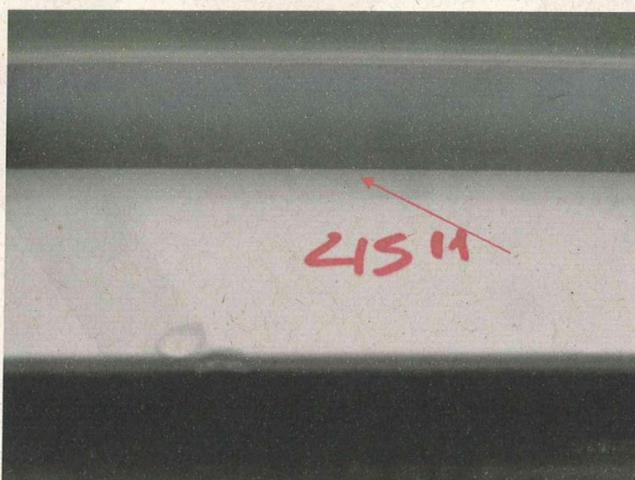


Foto nº. 04

Verificação da estanqueidade à água:

PI-02: Infiltração entre a travessa superior da folha direita e a travessa do marco, sem ocasionar gotejamento e respingos para a face interna (3').

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.



Foto nº. 05

Verificação do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas:
Posicionamento dos deflectômetros.



Foto nº. 06

Ensaio de resistência ao esforço horizontal, com um canto imobilizado.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.


Rda Dr. Elias Chaves, 122 A
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tels.: 11 4305-8009 / 11 3225-9104
www.itecbrasil.org.br