



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

GABRIEL ZANONI BENEDETE

JOÃO PEDRO ANTUNES FORTUNATO

**SISTEMA DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO:
CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS NORMAS ABNT NBR 10821 (2017) E ABNT
NBR 15575 (2013) QUANTO AS ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO**

Tubarão

2021

GABRIEL ZANONI BENEDETE
JOÃO PEDRO ANTUNES FORTUNATO

SISTEMA DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO:
CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS NORMAS ABNT NBR 10821 (2017) E ABNT
NBR 15575 (2013) QUANTO AS ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO

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

Orientador: Prof. Gil Felix Madalena

Tubarão
2021

**GABRIEL ZANONI BENEDETE
JOÃO PEDRO ANTUNES FORTUNATO**

**SISTEMA DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO:
CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS NORMAS ABNT NBR 10821 (2017) E ABNT
NBR 15575 (2013) QUANTO AS ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO**

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

Tubarão, 10 de junho de 2021.

Professor e orientador Gil Felix Madalena, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Charles Mendes de Souza, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Engenheiro Richard Zanelato, Lic.
Euro Esquadrias

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Aclis e Adriana que são meus grandes exemplos de vida, por não medirem esforços durante toda essa caminhada.

A minha namorada, Hyllana, por estar sempre disposta a me ajudar e incentivar nos momentos mais complicados.

Ao professor orientador, Gil Felix, que esteve sempre disposto a contribuir com o desenvolvimento do trabalho e por toda a confiança.

A todos os colegas e professores da faculdade que fizeram parte desta jornada me ajudando de alguma forma.

E ao meu amigo Gabriel Benedete, por sua contribuição a ajudar no desenvolvimento deste projeto.

João Pedro Antunes Fortunato

AGRADECIMENTOS

Ao final de mais uma etapa, gostaria de agradecer a Deus pela vida e por me proporcionar forças e coragem para superar os momentos e obstáculos que ocorreram ao decorrer desses anos.

À minha irmã e meus pais pelo incentivo e contribuição para minha formação.

À Faculdade UNISUL pela estrutura e pelo ensino oferecido, através dos professores que repassaram todo o seu conhecimento durante esses anos.

Ao João Pedro Fortunato, amigo e parceiro de desenvolvimento deste trabalho, pela contribuição e conhecimentos trocados durante todo o tempo de trabalho juntos.

E por fim, agradecer ao professor orientador Gil Felix Madalena por todo ensinamento e auxílio para realização deste TCC.

Gabriel Zanoni Benedete

“Um dia a gente descobre que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida” (Veronica Shoffstall).

RESUMO

As esquadrias representam um papel relevante nas edificações, representando um percentual considerável no valor final de uma obra. O alumínio, nos últimos anos, vem sendo muito usado como matéria-prima para construção de esquadrias e representa uma taxa grande em relação a demais materiais como a madeira, o aço e o PVC. Porém, a consciência sobre as mesmas ainda não está totalmente difundida na sociedade e algumas vezes passa por se fazer de forma errônea o seu uso e aplicação. As normas ABNT NBR 10821 (2017) (Esquadrias para Edificações) e ABNT NBR 15575 (2013) (Edificações Habitacionais - Desempenho) estabelecem padrões para desempenhos mínimos que as edificações habitacionais devem atender. Cumprir os comportamentos quanto à estanqueidade de água, permeabilidade de ar, conforto térmico e acústico e desempenho estrutural, podem trazer um conforto maior aos usuários, buscando usufruir ainda mais do imóvel. Por esse motivo, esse trabalho expõe os requisitos propostos pelas normas estudadas, além de outras normas e bibliografias que a complementam, buscando mostrar os conceitos mínimos de desempenho. Evidentemente, nota-se muitas manifestações patológicas nesses tipos de elementos nas edificações e uma escassez do conhecimento sobre as normas, assim, por meio de análises e pesquisas em campo, foi elaborado um estudo de caso referente ao desempenho acústico e pressão de vento das esquadrias. O estudo foi feito juntamente com construtores e produtores de esquadrias de alumínio onde será possível analisar se está tendo um real cumprimento ou não das normas de desempenho.

Palavras-chave: Esquadrias de alumínio. Norma de desempenho. Ensaios.

ABSTRACT

Window frames play an important role in building, representing a considerable percentage of the final value of a work. Aluminum, in recent years, has been widely used as a raw material for building frames and represents a high rate in relation to other materials such as wood, steel and PVC. However, awareness about them is not yet fully widespread in society and sometimes their use and application is done erroneously. The standards ANBT NBR 10821 (2017) (Window Frames for Buildings) and ABNT NBR 15575 (2013) (Housing Buildings – Performance) establish standards for minimum performances that housing buildings must meet. Complying with the behaviors regarding water tightness, air permeability, thermal and acoustic comfort, and structural performance, can bring greater comfort to users, seeking to enjoy the property even more. For this reason, this work exposes the requirements proposed by the standards studied, in addition to other standards and bibliographies that complement them, seeking to show the minimum concepts of performance. Evidently, there are many pathological manifestations in these types of elements in buildings and a lack of knowledge about the standards, thus, through analysis and field research, a case study was elaborated regarding the acoustic performance and wind pressure of the frames. The study was carried out together with builders and producers of aluminum frames, where it will be possible to analyze whether it is actually complying with performance standards or not.

Keywords: Aluminum frames. Performance standards. Essay.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Prensa de extrusão	26
Figura 2 – Tipos de perfis.....	27
Figura 3 - Perfil extrudado.....	28
Figura 4 - Processo de anodização.	29
Figura 5 - Processo de pintura eletrostática.....	29
Figura 6 - Brise de alumínio.....	32
Figura 7 - Estrutura Glazing.	33
Figura 8 – Exemplo de esquadria fixa.	33
Figura 9 – Exemplo de maxim-ar.	34
Figura 10 – Exemplo de esquadria de tombar.	34
Figura 11 – Exemplo de basculante.....	35
Figura 12 – Exemplo de porta de giro.	35
Figura 13 – Exemplo de esquadria pivotante.	36
Figura 14 – Exemplo de esquadria de correr.....	36
Figura 15 – Exemplo de esquadria com persiana.	37
Figura 16 – Exemplo de sistema europeu.....	37
Figura 17 – Exemplo de estrutural glazing.....	38
Figura 18 – Exemplo de porta de vidro temperado.	38
Figura 19 - Exemplo de guarda-corpo.....	39
Figura 20 - Exemplo de portão basculante.	39
Figura 21 - Porta veneziana + basculante.....	40
Figura 22 - Esquema geral de vão.	42
Figura 23 - Esquema geral da esquadria.....	43
Figura 24 - Exemplo de vidro float.	48
Figura 25 - Exemplo de vidro temperado e comum.	49
Figura 26 – Exemplo de vidro laminado.	50
Figura 27 - Exemplo de vidro aramado.	50
Figura 28 – Composição do vidro insulado.....	51
Figura 29 - Gráfico das isopletras de velocidade básica de vento.	56
Figura 30 – Modelo de etiqueta de informações da esquadria.	57
Figura 31 – Ensaio de deformação.	58
Figura 32 – Permeabilidade do ar quanto as esquadrias.....	60

Figura 33 – Níveis de desempenho das esquadrias quanto a estanqueidade a água.....	62
Figura 34 - Zoneamento bioclimático brasileiro.	64
Figura 35 - Modelo de etiqueta de desempenho térmico das esquadrias.	65
Figura 36 – Modelo de etiqueta de teste acústico.....	68
Figura 37 - Tabela de pressão de ensaio para cargas uniformemente distribuídas.....	75
Figura 38 – Pressão de ensaio.....	76
Figura 39 – Pressão de ensaio.....	76
Figura 40 – Pressão de ensaio.....	77
Figura 41 - Tabela de pressão de ensaio para cargas uniformemente distribuídas.....	78
Figura 42 – Pressão de ensaio.....	79
Figura 43 – Pressão de ensaio.....	79
Figura 44 – Pressão de ensaio.....	80
Figura 45 - Detalhe 3D, Linha Unnion.....	81
Figura 46 – Detalhe 3D, Linha Ecoline.....	82
Figura 47 - Detalhe 3D, Linha Chroma.....	83
Figura 48 – Decibelímetro usado no ensaio.	84
Figura 49 – Esquadria testada totalmente fechada.	87
Figura 50 – Esquadria testada parcialmente aberta.	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Porcentagem da matéria-prima das esquadrias no Brasil.....	24
Gráfico 2 - Elementos mais abundantes da natureza.	25
Gráfico 3 – Elementos encontrados nos vidros.	47
Gráfico 4 - Atuação do público da pesquisa.....	69
Gráfico 5 - Grau de conhecimento em relação as esquadrias de alumínio.....	70
Gráfico 6 – Materiais de preferência das esquadrias.	70
Gráfico 7 - Valor em (%) que as esquadrias podem representar em uma obra.	71
Gráfico 8 – Importância dada as esquadrias.....	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Espessura da camada anódica.....	30
Quadro 2 – Espessura da pintura eletrostática.....	31
Quadro 3 - Tipos de vão.....	42
Quadro 4 – Componentes das esquadrias. (continua)	
.....	44
Quadro 5 - Componentes das esquadrias. (conclusão)	
.....	45
Quadro 6 – Requisitos do usuário, conforme ABNT NBR 15575-4.....	53
Quadro 7 - Valores de pressão de vento e número de pavimentos.....	55
Quadro 8 – Estanqueidade à água de fachadas e esquadrias.....	62
Quadro 9 – Níveis de desempenho das esquadrias.....	63
Quadro 10 – Coeficiente para equação.....	64
Quadro 11 – Parâmetros de verificação acústica.....	66
Quadro 12 – Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa de dormitório.....	67
Quadro 13 – Níveis de desempenho.....	67
Quadro 14 - Resultados do ensaio.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Normas Brasileiras

PSQ - Programa Setorial de Qualidade

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

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio

ACM - Aluminium Composite Material

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

AFEAL – Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio

GHd - Graus-horas de desconforto

ISO - International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)

AMUREL – Associação de Municípios da Região de Laguna

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	JUSTIFICATIVA	18
1.2	OBJETIVO	18
1.2.1	Objetivo geral	19
1.2.2	Objetivos específicos	19
1.3	METODOLOGIA	19
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
3	ESQUADRIAS	23
3.1	O ALUMÍNIO	25
3.2	ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO.....	26
3.3	REVESTIMENTOS DAS ESQUADRIAS	28
3.3.1	Anodização.....	29
3.3.2	Pintura Eletrostática.....	30
4	CLASSIFICAÇÃO QUANTO A FUNÇÃO.....	32
4.1	CLASSIFICAÇÃO QUANTO À FORMA	33
4.1.1	Tipologias	33
4.2	CLASSIFICAÇÃO QUANTO A INSTALAÇÃO.....	41
5	VIDROS.....	46
5.1	PRINCIPAIS TIPOS DE VIDROS	48
6	REQUISITOS NORMATIVOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO	53
6.1	ABNT NBR 10821 (2017) – ESQUADRIAS PARA EDIFICAÇÕES.....	53
6.2	JANELAS E PORTAS – DESEMPENHO MÍNIMO OBRIGATÓRIO	55
6.2.1	Desempenho Estrutural.....	57
6.2.2	Permeabilidade de ar	58
6.2.3	Estanqueidade à água	61
6.2.4	Desempenho Térmico.....	63
6.2.5	Desempenho acústico	66
7	PESQUISA DE CONHECIMENTO.....	69
7.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO	72
8	ESTUDO DE CASO	74
8.1	ENSAIOS DE PRESSÃO DE VENTO	74

8.1.1	Análise dos resultados.....	81
8.2	ENSAIO DE ACÚSTICA.....	83
8.2.1	Execução do ensaio.....	84
8.2.2	Análise dos resultados do ensaio	86
9	CONCLUSÃO.....	89
	REFERÊNCIAS	90

1 INTRODUÇÃO

A construção civil está crescendo e se desenvolvendo rapidamente nos últimos anos, o que faz com que todos os setores ligados a ela busquem cada vez mais obter uma revolução para acompanhar o seu crescimento. Portanto, a indústria da construção civil é uma atividade que contribui para o desenvolvimento das regiões, gerando inúmeras vagas de empregos, direta e indiretamente, tornando-se um fator muito importante para economia do país, responsável por 6,2% do PIB do Brasil e o mercado da construção civil correspondendo a cerca de 34% da indústria brasileira.

As esquadrias são componentes das edificações que existem desde os primórdios quando os povos começaram a construir seus abrigos utilizando das aberturas para circulação, ventilação e iluminação natural. Madeira e ferro eram materiais muito utilizados para fabricação das esquadrias que tinham exclusivamente o uso para caráter funcional, muito diferente do que ocorre atualmente onde as esquadrias ganharam uma grande importância tornando-se elementos usados tanto para estética, quanto para possibilitar um maior conforto térmico, acústico e lumínico.

Em 2007 a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) disponibilizou a primeira edição da Norma de Desempenho em Edificações Habitacionais, a ABNT NBR 15575. Nela estão organizados diversos requisitos como: estruturais, de vedações verticais, sistemas de piso, hidrossanitário e de cobertura.

Para garantir que as esquadrias tenham desempenho e durabilidade adequada, é de extrema importância instalá-las de forma correta, além de realizar as manutenções conforme o manual técnico do fabricante. Com a constante evolução tecnológica as empresas que pertencem ao setor de esquadrias vêm buscando cada vez mais inovar, a fim de oferecer um produto de qualidade, eficiência e com custo menor para o cliente final.

Este estudo tem como fundamento principal as esquadrias, apresentando parâmetros de dimensionamento correto de acordo com a pressão de vento de cada região, ensaios de acústica, instalação e manutenção como apresentado nas normas da ABNT.

1.1 JUSTIFICATIVA

As esquadrias tem uma grande importância na construção civil, podendo variar de 4% a 10% e em alguns casos chegando até 20% no valor total da obra, dependendo do padrão da construção, segundo dados da empresa “Alumínios Tubarão”. As esquadrias podem desempenhar função térmica, acústica e luminosa, e também podem ser projetadas para exercer função estrutural (nos casos de estrutural glazing). Com isso é necessária uma atenção a esses elementos que pouco são lembrados em projeto e execução, a fim de obter um aproveitamento maior de toda sua capacidade, trazendo conforto, segurança e bem-estar aos usuários.

Além disso, é preciso estar atento quanto ao processo de fabricação e montagem das esquadrias de acordo com as normas, para garantir a qualidade do produto e evitar problemas que podem causar danos aos usuários finais das edificações.

O momento atual no país mostra que o setor passa por algumas dificuldades, que faz com que as esquadrias tenham uma desvalorização. Outro ponto importante é o baixo conhecimento dos consumidores e compradores, no qual, muitos não exigem que os produtos atendam todos os requisitos mínimos de desempenho, garantidos através da norma ABNT NBR 10821 e ABNT NBR 15575. Hoje o Programa Setorial de Qualidade (PSQ), desempenha um importante papel nas rotinas das empresas, buscando trazer cada vez mais excelência nos produtos, assim o PSQ fiscaliza o mercado através de denúncias ou até mesmo empresas participantes deste programa, e garante um controle maior de qualificação dos produtos.

Desta forma, as empresas qualificadas ganham mais espaço no mercado, e deixam as empresas não qualificadas pelo caminho. O aumento das exigências do setor acaba resultando num aumento de consolidação no mercado, diminuindo a pulverização e cada vez mais as empresas que produzem esquadrias deverão atender os requisitos mínimos de desempenho indicados nas normas.

1.2 OBJETIVO

Este estudo teve como base o conhecimento adquirido em empresas do ramo, as normas e objetivos a seguir apresentados.

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar as classificações das esquadrias de alumínio e os requisitos mínimos de dimensionamento e desempenho de acordo com as normas ABNT NBR 15575:2013 e ABNT NBR 10821:2017.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudar os requisitos da ABNT NBR 15575 (2013) e ABNT NBR 10821 (2017) relativo as esquadrias;
- Apresentar os principais tipos de esquadrias de alumínio e vidros na construção civil;
- Demonstrar os métodos de fabricação e instalação de esquadrias;
- Estudar os principais tipos de vidros usados nas esquadrias de alumínio;
- Apresentar o dimensionamento correto das janelas e portas de alumínio em função da pressão de vento, para obtenção do máximo desempenho esperado;
- Demonstrar o resultado dos ensaios de desempenho acústico do estudo de caso.

1.3 METODOLOGIA

Segundo Fonseca (2002), metodologia é o estudo da organização, dos caminhos a serem percorridos, para se realizar uma pesquisa ou um estudo, ou para se fazer ciência.

De acordo com Lakatos e Marconi (2006), pesquisa bibliográfica trata-se de bibliografias já publicadas, tendo o objetivo de colocar o pesquisador em contato com aquilo que já foi escrito sobre determinado assunto.

Amaral (2007), fala que a pesquisa bibliográfica apresenta os seguintes objetivos:

- Histórico sobre o tema;
- Atualizar-se sobre o tema escolhido;
- Encontrar respostas aos problemas formulados;
- Levantar condições sobre o tema;
- Evitar repetir trabalhos já elaborados.

A pesquisa bibliográfica é aquela que se realiza, segundo Severino (2007), a partir do:

[...] registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc. Utilizam-se dados de categorias teóricas já trabalhadas por outros pesquisadores e devidamente registrados. Os textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados. O pesquisador trabalha a partir de contribuições dos autores dos estudos analíticos constantes dos textos (SEVERINO, 2007, p.122).

Para o desenvolvimento deste trabalho, buscou-se utilizar meios bibliográficos como artigos, normas técnicas, matérias, TCC's e materiais concedidos através da internet. Além do mais, para complementação das pesquisas, foram realizadas análises de campo e criado casos fictícios para melhor entendimento da norma ABNT NBR 10821 (2017).

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi dividido por capítulos e está estruturado da seguinte forma:

O primeiro capítulo será apresentado a introdução do tema, bem como a justificativa, objetivos, procedimentos metodológicos e a fundamentação teórica.

O capítulo dois trata-se da relevância do tema, explica a teoria da esquadria, do alumínio, como são feitos os perfis das esquadrias de alumínio e conta sobre os tipos de revestimentos mais utilizados no sistema de esquadrias de alumínio.

O terceiro capítulo traz a classificação das esquadrias quanto a sua função desempenhada, é mostrado também as principais tipologias das esquadrias, seus componentes e a correta forma de instalação das esquadrias.

O capítulo quatro é destinado aos vidros, onde fala sobre a norma vigente em relação a eles e os vidros mais comuns utilizados no sistema de esquadria de alumínio

O quinto capítulo mostra as principais normas vigentes e os critérios de desempenho das esquadrias.

O sexto capítulo apresenta uma pesquisa de análise com profissionais da área da construção civil para observar o grau de conhecimento dos envolvidos em relação ao tema das esquadrias.

O sétimo capítulo contém um estudo de caso, onde foram feitos ensaios in loco para obtenção dos dados em relação ao desempenho acústico de uma edificação. Também foram criados casos fictícios para exemplificar melhor as análises de pressão de vento nas esquadrias de alumínio.

Por fim, o oitavo capítulo é destinado as conclusões finais do trabalho, obtidas através do desenvolvimento da pesquisa bibliográfica e levantamento de dados, bem como as conclusões finais dos pesquisadores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que os objetivos deste trabalho fossem alcançados, além dos autores terem trabalhado em empresas do ramo de construção, montagem e instalação de esquadrias, também foram feitas outras pesquisas em normas referentes, obtendo maiores conhecimentos sobre o assunto de onde as esquadrias estão envolvidas e como essas se contextualizam no mercado da construção civil no Brasil.

3 ESQUADRIAS

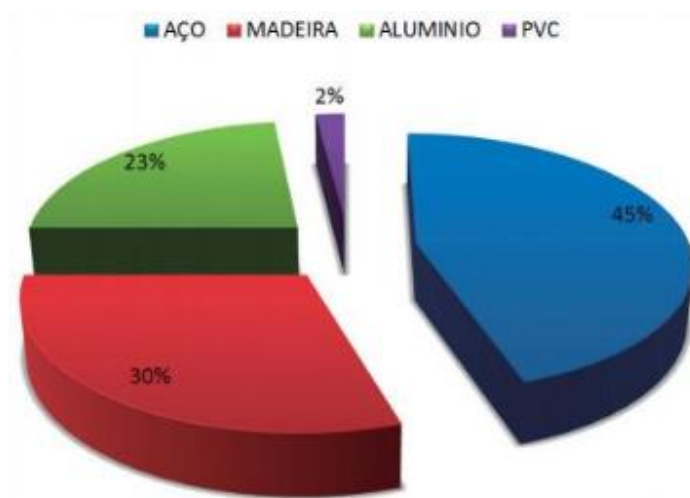
Esquadria é a denominação para janelas, portas, portões ou aberturas similares para designá-las nos projetos e construções. Segundo Santiago (1996, apud Fernandes, 2004, p.22), “as esquadrias são componentes das edificações, que ligam e interligam os espaços e as pessoas. Cada ambiente de uma edificação possui uma função que, conseqüentemente, exige diferenciadas tipologias de esquadrias”.

As esquadrias são caracterizadas como elemento de vedação com a função de fechamento dos vãos, proporcionando a circulação de pessoas, entrada de luz e entrada de ar. Os principais exemplos de esquadrias são as portas e janelas, pois são elas que controlam a entrada e saída das pessoas e garantem o conforto térmico, lumínico e acústico aos ambientes. Outros exemplos que são possíveis encontrar são as telas, brises, portões, coberturas, glazings e guarda-corpo. Em síntese, as esquadrias devem apresentar algumas condições para garantir segurança e bom funcionamento aos usuários, como: estanqueidade à água e ao ar, resistência no transporte do local de fabricação até a obra, resistir a agentes atmosféricos, resistência ao vento e ao som e alguns tipos de esquadrias são apropriados a garantir a entrada da luz aos ambientes, segundo a norma ABNT NBR 10821 (2017).

As esquadrias tem como norma a ABNT NBR 10821 – (Esquadrias externas para edificações), esta norma está dividida em 3 partes principais, são elas: terminologia, requisitos e classificação. Existem outras normas que são vigentes em esquadrias na qual usam outra matéria-prima, como as esquadrias de vidro, que está normalizada pela ABNT NBR 7199 – (Projeto, execução e aplicações). Essas normas garantem que as esquadrias sejam entregues com todas as condições mínimas necessárias para uso, para trazer segurança e conforto a todos usuários.

As esquadrias podem ser produzidas com diversos tipos de matérias-primas, e os principais modelos encontrados são as esquadrias de alumínio (foco deste trabalho), aço, PVC, madeira e vidro. Cada país tem seu principal modelo de uso, no caso do Brasil o material mais utilizado é o aço, porém o uso das esquadrias de alumínio ganha cada vez mais força e espaço no mercado brasileiro, tornando o setor de esquadrias muito competitivo no país, o que garante diversos empregos direta e indiretamente (AFEAL, 2008). O gráfico 1, abaixo, mostra os principais materiais das esquadrias utilizados no Brasil, nos anos 2000.

Gráfico 1 - Porcentagem da matéria-prima das esquadrias no Brasil.



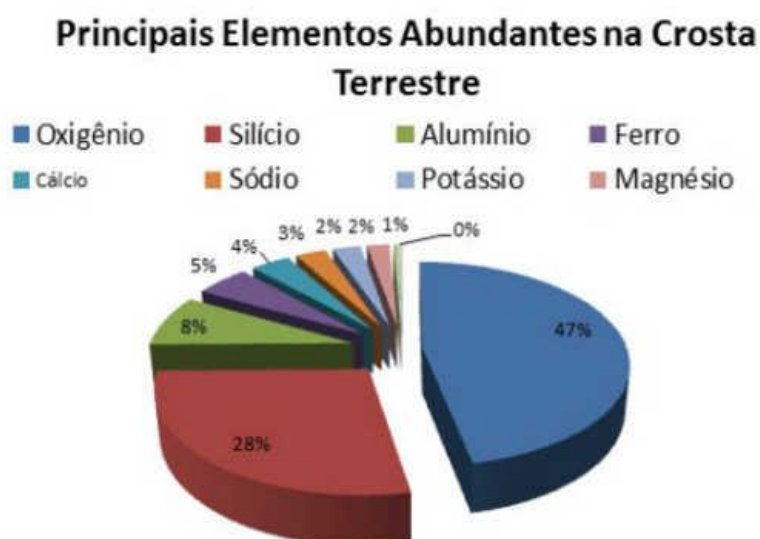
Fonte: Revista Vidro e Alumínio – Edição 002 (2015).

Como pode-se observar, o uso do aço e da madeira ainda estão muito difundidos no país devido ao aspecto cultural do Brasil no uso desses materiais. Como foi mencionado anteriormente, as esquadrias de alumínio vêm ganhando muita força em todo território brasileiro, pois as empresas estão em constante processo de modernização e o alumínio conta com diversas inovações, por ser um material econômico, sustentável, leve, moderno e com uma grande durabilidade, tornando-se um ótimo custo benefício, tanto para as empresas, como para os clientes finais. Por se tratar de um produto versátil, as esquadrias de alumínio estão chamando muito a atenção dos arquitetos e engenheiros, pois podem oferecer diversas possibilidades de soluções atrativas, que reduzem os custos e facilitam o trabalho, deste modo, atende diversos projetos arquitetônicos dos mais variados tipos (AFEAL, 2008).

3.1 O ALUMÍNIO

O alumínio é um dos elementos mais abundantes da natureza, ficando atrás apenas do oxigênio e silício, como mostra o gráfico 2. É um material utilizado em larga escala por ser leve e reciclável o que torna mais fácil seu processo de fabricação. Mesmo sendo um dos metais mais abundantes, sua aplicação em escala industrial é recente, a cerca de 150 anos ele vem sendo utilizado, segundo dados da ABAL (2013). Somente na década de 1940 foi produzido o primeiro lingote de alumínio no Brasil, na cidade de Ouro Preto – MG. Os elementos mais abundantes da crosta terrestre estão dispostos no gráfico 2 abaixo.

Gráfico 2 - Elementos mais abundantes da natureza.



Fonte: eCycle (adaptado) (2010).

Para que se possa obter o alumínio metálico, são necessários inúmeros processos físicos e químicos que vão desde a extração da bauxita até a fabricação dos perfis ou chapas. Começa com a extração da bauxita, o material passa por um processo químico, chamado de refinaria, onde será transformado em alumina calcinada, posteriormente será utilizada em um processo eletrolítico. Devido as altas temperaturas, o alumínio se deposita no fundo de cubas e em forma líquida é extraído por sucção. Assim, obtém-se o alumínio primário, em forma de lingotes, vergalhões e tarugos. Após todos esses processos, o alumínio está pronto para atender os setores industriais, principalmente a construção civil (ABAL, 2013).

Principais propriedades do alumínio:

- Baixa densidade (1/3 em relação ao aço);
- Não é ferromagnético;
- Elevada condutibilidade térmica e elétrica;
- Não tóxico;
- Resistente à corrosão e à oxidação progressiva;
- Baixo ponto de fusão.

O alumínio, além de utilizado para produção das esquadrias, é usado de forma muito frequente em várias outras áreas da indústria, como em automóveis, barcos, aeronaves e na produção de latas e tintas na forma de pó de alumínio. (ABAL, 2013).

3.2 ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO

O uso das esquadrias de alumínio no Brasil é recente, desde 1940 pode-se encontrar fábricas deste ramo. O grande incentivo do uso dos alumínios para os fechamentos, foi a construção da cidade de Brasília nos anos 50. Nesta década a indústria da construção civil se aprimorou, incorporando novas técnicas de construção e uso de novos materiais. Também nesta época, não existiam perfis extrudados, as chapas eram cortadas e trefiladas até chegar ao tipo de perfil desejado (FILHO, 2008). Era um processo muito demorado e ocorriam diversos defeitos com as dobras, muitas vezes ficando imprecisas. Os Estados Unidos, também nos anos 50, desenvolveram a técnica da extrusão, dando uma grande evolução à produção das esquadrias (ASA Alumínio, 2006). Na figura 1, é possível observar a prensa de extrusão, localizada na empresa Norsk Hydro Alumínio (Alcoa), em Tubarão – SC.

Figura 1 - Prensa de extrusão



Fonte: Do autor (2020).

De acordo com a NBR 6599:2013 (Alumínio e suas ligas – Processos e produtos – Terminologia), extrusão de alumínio é um processo onde ocorre a deformação do tarugo de metal com o objetivo de adequá-lo aos mais diferentes tipos de aplicações. Na extrusão, o alumínio em forma de tarugo é esquentado a determinada temperatura e empurrado pela prensa contra uma ferramenta a qual tem o formato do perfil desejado. Após o procedimento da extrusão o perfil é esticado sobre as mesas de resfriamento e segue para outros processos. A norma NBR 6599:2013, diz que os perfis podem ser sólidos, onde sua secção transversal não tem nenhum vazio totalmente circunscrito por metal; semitubulares, quando os vazios são parcialmente circunscritos e perfis tubulares, onde pelo menos tem um vazio totalmente circunscrito. A figura 2, representa os 3 tipos de perfis mencionados no texto.

Figura 2 – Tipos de perfis

Perfis sólidos	Perfis tubulares	Perfis semitubulares
		

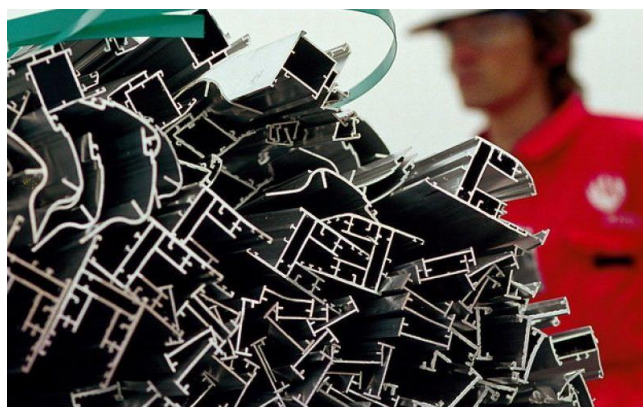
Fonte: Adaptado ABNT NBR 6599:2013.

Para garantir que as esquadrias possuam todos os requisitos e classificações mínimos de desempenho as mesmas são normalizadas por algumas normas da ABNT, como **10821-1** (Esquadrias externas e internas – Terminologia), **10821-2** (Esquadrias externas – Requisitos e classificação), **10821-3** (Esquadrias externas e internas – Métodos de ensaio), **10821-4** (Esquadrias externas – Requisitos adicionais de desempenho), **10821-5** (Esquadrias externas – Instalação e manutenção). Outra norma que também pode entrar em questão dependendo do tipo de matéria-prima usada, é a norma ANBT NBR 7199 (Vidros na construção civil – Projeto, execução e aplicações).

Segundo Travassos (2010), o sistema de esquadrias de alumínio é homologado pelo PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), sendo administrado pelo Governo Federal, com a finalidade de fazer com que as empresas que produzem as esquadrias sigam todas as normas para elevar a qualidade dos materiais e dos serviços prestados, aumentando os segmentos da construção civil. O PBQP-H, fiscaliza os fabricantes de esquadrias pra garantir que os produtos estão em conformidade com a norma NBR 10821, para os requisitos de permeabilidade ao ar, estanqueidade à água, resistência ao vento, e resistência às operações de manuseio.

O alumínio é um material muito utilizado em todo o mundo, seu uso está difundido ao redor do planeta muito em questão de suas características, como: aparência moderna, material leve (não acrescentando sobrecarga à edificação), fácil execução, resistência a corrosão, reciclagem, entre inúmeras outras. Para obtenção de uma vida útil mais elevada e melhor forma estética, o alumínio pode receber uma camada de revestimento, como: anodização ou pintura eletrostática, deixando o material mais resistente a todos os tipos de intempéries. A figura 3, mostra o perfil de alumínio depois de ser extrudado, onde nota-se as formas que os perfis podem tomar depois desta etapa.

Figura 3 - Perfil extrudado.



Fonte: Revista Alumínio (2020)

3.3 REVESTIMENTOS DAS ESQUADRIAS

As esquadrias de alumínio possuem uma grande vantagem de poder receber alguns tipos de revestimento em diversas cores. Esses revestimentos, também chamados de pintura, trazem uma melhor estética para a esquadria e aumentam sua resistência às intempéries. Os dois principais tipos de pintura são a anodização e a pintura eletrostática, cada uma possui suas peculiaridades apresentando pontos negativos e positivos, porém, ambos são de extrema importância no processo da fabricação das esquadrias. A figura 4, mostra os perfis de alumínio entrando no “banho” para receber a anodização. Já a figura 5, representa o perfil sendo pintado através dos jatos de tinta como é feito quando recebe a pintura eletrostática.

Figura 4 - Processo de anodização.



Fonte: RFC Alumínios (2019).

Figura 5 - Processo de pintura eletrostática.



Fonte: Manutenção e Suprimentos (2017).

3.3.1 Anodização

A primeira etapa do processo da anodização é o pré-tratamento, no qual define o aspecto do perfil fosco, leitoso e escovado. Após isso a anodização transforma quimicamente a superfície do alumínio, formando uma película altamente rígida, isolante elétrica, porosa e transparente, protegendo o alumínio contra corrosões e outras ações da natureza. A camada anódica, como é conhecida essa película, quanto mais espessa, maior sua penetração no alumínio, tratando-se de uma camada de conversão (ALUMÍNIOS TUBARÃO, 2020).

O quadro 1, apresenta a espessura da camada anódica conforme o nível de agressividade:

Quadro 1 – Espessura da camada anódica.

Ambiente Típico	Classe de Anodização ^a	Espessura da camada anódica (µm)	Nível de agressividade
Urbano/Rural	A13	11 a 15	Baixa/média
Litorânea ^b	A18	16 a 20	Alta
Industrial/Marítimo	A 23	21 a 25	Excessiva
a – Os números 13, 18 e 23 que sucedem a letra A, identificam o valor médio da camada em micrômetros; b – Ambiente marítimo abrange somente os prédios frontais ao mar e sujeitos à nevoa salina. Áreas marítimas mais internas são consideradas litorâneas.			

Fonte: Adaptado NBR 12609 (2017).

A espessura da camada anódica é um detalhe de extrema importância a ser considerada, pois será ela que dará a devida proteção das esquadrias. A ABNT NBR 12609 (2017) (Alumínio e suas ligas – Tratamento de superfície – Requisitos para anodização para fins arquitetônicos), determina os valores mínimos da camada anódica de acordo com a agressividade do ambiente em que serão instaladas. É uma norma de suma importância para conhecimento dos engenheiros e arquitetos para os mesmos determinarem em seus projetos.

3.3.2 Pintura Eletrostática

A pintura eletrostática baseia-se em um processo de deposição de tinta a pó em inúmeras cores diferentes com base em uma resina poliéster estável. Sua cura se dá a uma temperatura de 200°C. O revestimento a pó poliéster, possui grandes pontos positivos para sua utilização como: propriedades mecânicas, resistência à corrosão, estética, segurança e entre tantas outras características, sendo muito indicado para materiais que serão expostos a intempéries (ALUMÍNIOS TUBARÃO, 2020).

Diferente do processo de anodização, a pintura resulta da deposição de tinta sobre a superfície do alumínio, sem haver alterações químicas. Outro detalhe importante é que a camada de pintura, atua como elemento de proteção do alumínio, sendo recomendada para zonas de alta agressividade, como a marítima e industrial.

O quadro 2, apresenta a espessura mínima conforme as classes de revestimento:

Quadro 2 – Espessura da pintura eletrostática.

Revestimento	Espessura mínima µm
Classe 1	60
Classe 2	60
Duas camadas (classe 1 e classe 2)	110
PVDF	80

Fonte: ABNT NBR 14125 (2016).

A pintura eletrostática apresenta algumas vantagens quando comparada com a anodização, pois este tipo de revestimento, oferece variados tipos de cores aos clientes, proporciona maior uniformidade de cor que a anodização e cobre defeitos de veias de extrusão e ligas. Outra vantagem muito importante é a resistência aos produtos ácidos e alcalinos e maior resistência em zona industrial. A pintura pode ser usada em qualquer zona (rural, marítima e industrial) (ALUMÍNIOS TUBARÃO, 2020).

4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO A FUNÇÃO

As esquadrias de alumínio vão muito além da definição de portas e janelas, pois são através delas que temos acesso ao mundo exterior e aos ambientes das edificações, nos protegendo de ocasiões indesejáveis sem comprometer a estética e a funcionalidade dos nossos espaços (CBIC, 2017).

As esquadrias se classificam através do seu caráter funcional, podendo ser divididas pelas portas (função de circulação de pessoas e separação dos ambientes) e janelas (função de circulação do ar e entrada de luminosidade para os ambientes). Esses dois tipos de esquadrias são as mais comuns de serem encontradas nas edificações, porém ainda existem diversos outros tipos de esquadrias, cada uma com sua função específica à fim de atender todas as especificações para seu uso final.

Os outros tipos de esquadrias que podem ser encontradas são os guarda-corpos, estruturais glazings, brises, sistema de envidraçamento europeu (Reiki), esquadrias em vidro temperado, portão basculante ou de correr e ACM (Aluminium Composite Material). Nas figuras 6 e 7, observa-se melhor os modelos de esquadrias, tratando-se de brise de alumínio e estrutural glazing, respectivamente.

Figura 6 - Brise de alumínio.



Fonte: VivaDecora (2018).

Figura 7 - Estrutura Glazing.



Fonte: PROVIDROS (2018).

4.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À FORMA

A classificação quanto à forma das esquadrias, se dá através do método de como ocorre a abertura das folhas ou caixilhos, podendo ser de correr, giro, rotação, translação ou movimentos combinados de ambos. A ABNT NBR 10821-1 (Esquadrias externas e internas – Terminologia), classifica as esquadrias em função de sua: finalidade, utilização, função, movimento, partes e componentes.

4.1.1 Tipologias

Esquadria fixa: a figura 8, mostra um exemplo de esquadria fixa. A folha não possui nenhum tipo de movimento, sendo ideal para fechamentos de vãos sem necessidade de abertura, permitindo a entrada de luz no ambiente e a vista para área externa. Muito utilizada nas fachadas e peitoris.

Figura 8 – Exemplo de esquadria fixa.



Fonte: Bazze (2016).

Janela projetante ou maxim-ar e de tombar: podem ser formadas por uma ou mais folhas que são movimentadas em torno do eixo horizontal, com translação simultânea desse eixo, seu uso pode ser externo ou interno da edificação. As projetantes são aquelas onde o eixo fixo de rotação se localiza na extremidade superior, como mostrado na Figura 9, ao contrário das de tombar, onde o eixo fica na parte inferior, como na figura 10.

Figura 9 – Exemplo de maxim-ar.



Fonte: Do Autor (2021).

Figura 10 – Exemplo de esquadria de tombar.



Fonte: Open Sul (2019).

Janela basculante: pode ser formada por uma ou mais folhas que podem ser movimentadas com eixo de rotação horizontal, central e excêntrico, não coincide com as extremidades superior ou inferior da janela. Um exemplo de janela basculante está na figura 11.

Figura 11 – Exemplo de basculante.



Fonte: Casa e Construção (2018).

Esquadria de giro: esta é formada por uma ou mais folhas que podem ser movimentadas (como mostra a figura 12) mediante rotação em torno de eixos verticais fixos, coincidentes com a lateral da folha. O movimento das folhas acontece por conta da rotação das dobradiças.

Figura 12 – Exemplo de porta de giro.



Fonte: Fábrica do Alumínio (2019).

Esquadria pivotante: formada por uma ou mais folhas que podem ser movimentadas mediante rotação em torno do eixo vertical e não coincide com as laterais da folha. A movimentação desta tipologia se dá por pivôs e não por dobradiças, nota-se esta tipologia na figura 13.

Figura 13 – Exemplo de esquadria pivotante.



Fonte: Quad Portas e Janelas (2019).

Esquadria de correr: formada por uma ou mais folhas (com vidro ou veneziana) que podem ser movimentadas por deslizamento horizontal, no plano da esquadria, como mostrado no exemplo da figura 14.

Figura 14 – Exemplo de esquadria de correr.



Fonte: Do autor (2021).

Esquadria com persiana: formada por uma ou mais folhas de correr e persiana de enrolar que se movimenta com deslizamento vertical no plano externo da esquadria. A persiana

é um componente destinado a promover o sombreamento e privacidade do ambiente, sendo utilizadas em portas e janelas principalmente dos dormitórios. Na figura 15, pode-se ver um exemplo desta tipologia. O acionamento das persianas pode ser manual ou automático (controle ou interruptor).

Figura 15 – Exemplo de esquadria com persiana.



Fonte: Ideal Portas e Janelas (2018).

Sistema de envidraçamento europeu: esse sistema de esquadria é formado por folhas de vidro que correm no mesmo eixo, com giro de 90° no lado interno no final do curso. O sistema europeu é destinado ao uso externo ou interno da edificação. Essa tipologia, como no exemplo da figura 16, permite uma abertura total do vão, sendo muito usado para fechamento de sacadas.

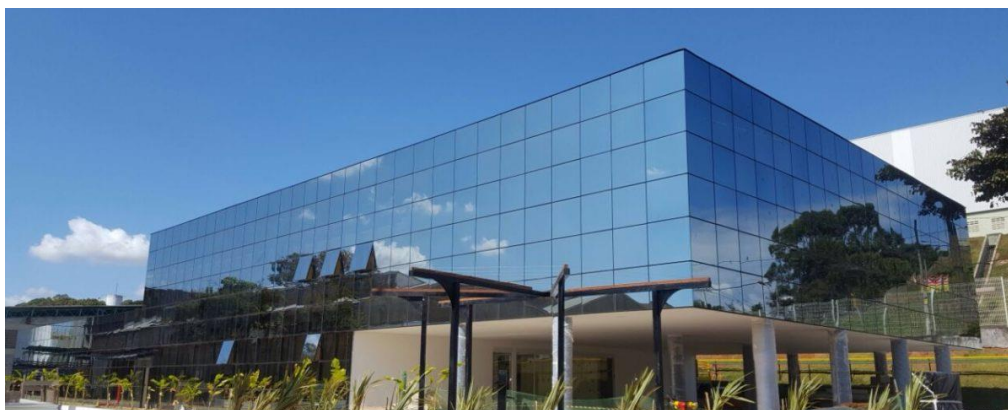
Figura 16 – Exemplo de sistema europeu.



Fonte: Reiki Sistema de Envidraçamento (2017).

Estrutural glazing: destinado ao uso externo da edificação, o glazing é estruturado por perfis de alumínio, seu fechamento pode ter folhas fixas ou aberturas com maxim-ar. Uso ideal para fechamento de grandes vãos o que permite entrada de luz e vista para ambiente externo, além de apresentar uma estética clean vista de fora. Exemplo de glazing mostrado na figura 17.

Figura 17 – Exemplo de estrutural glazing.



Fonte: Estrutural Glazing (2018).

Esquadrias em vidro temperado: são as esquadrias compostas por vidro temperado, utilizando apenas as ferragens e acessórios. Os perfis dessas esquadrias são usados apenas como trilhos e vedação. A figura 18, mostra um exemplo desta tipologia.

Figura 18 – Exemplo de porta de vidro temperado.



Fonte: BR Glass (2018).

Guarda-corpo: são elementos utilizados nas sacadas, escadas, mezaninos, com a função de garantir a segurança dos habitantes e demais usuários das edificações. Estes podem ser de diversos materiais de fechamento, podendo ser de vidro, como do exemplo na figura 19 ou outros materiais como o próprio alumínio.

Figura 19 - Exemplo de guarda-corpo.



Fonte: Hyspex (2017).

Portão basculante: conforme o exemplo que a figura 20 exhibe, os portões basculantes são muito utilizados nas garagens. Sua abertura é feita na vertical com sua base de sustentação ocorrendo em trilhos laterais, permitindo a abertura total do vão. Seu revestimento pode ser de lambri brisa, lambri plano ou com tubos de alumínio na vertical ou horizontal.

Figura 20 - Exemplo de portão basculante.



Fonte: Geralserv (2017).

Porta de giro adaptada: a figura abaixo podemos notar que a esquadria foi construída com algumas adaptações, onde a parte inferior se trata de veneziana ventilada, e a parte superior um basculante de vidro. Seu uso é muito comum em cozinhas ou em área de serviço.

Figura 21 - Porta veneziana + basculante.



Fonte: Ideal Portas e Janelas (2018).

Essas são as principais tipologias das esquadrias encontradas no mercado brasileiro, onde cada uma desempenha sua função, possuindo pontos positivos e negativos. As esquadrias de alumínio podem sofrer diversas adaptações em sua construção, dando uma grande variedade aos engenheiros e arquitetos para seus projetos, atendendo o usuário final da melhor maneira, mas também é preciso estar atento quanto às normas para não entregar um produto fora do padrão e principalmente fora das normas ligadas a construção e instalação das esquadrias. É possível combinar diversos tipos de esquadrias, umas com a outras, como nos exemplos abaixo:

- Janela de veneziana com 3 folhas ou mais;
- Janelas integradas com 3 folhas ou mais possuindo peitoril de vidro;
- Portas de abrir metade veneziana e metade basculante ou maxim-ar;
- Portas de vidro temperado com 4 folhas ou mais possuindo bandeira fixa;
- Janelas de correr de vidro com veneziana para ventilação na parte superior.

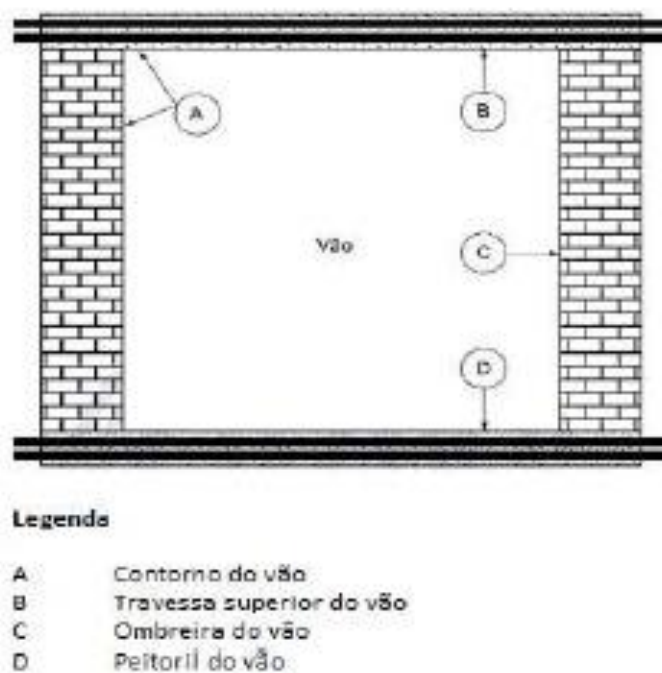
Esses são apenas alguns dos modelos mais comuns de adaptações possíveis que podem ser feitas nas esquadrias de alumínio, existindo ainda uma gama de combinações de acordo com a necessidade do projeto arquitetônico. As esquadrias de alumínio possuem essa grande vantagem no quesito adaptação, em relação as esquadrias de madeira, principalmente, onde fica mais restrito as combinações das tipologias, tornando as esquadrias mais fixas, sem nenhum tipo de adaptação. A figura 21, mostrada anteriormente, ressalta um exemplo de adaptação de esquadrias, onde foram combinadas uma porta veneziana com folhas basculante.

4.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO A INSTALAÇÃO

A primeira etapa após o fechamento de uma obra, para uma empresa de esquadrias é a visita ao local para realizar as medições de todos os vãos (Figura 22) onde serão instaladas as esquadrias. Este trabalho deve ser feito de forma minuciosa, para que quando o projeto das esquadrias for realizado, os tamanhos dos vãos e dos caixilhos não fiquem desiguais, o que pode acarretar problemas na hora da instalação dos produtos.

O próximo processo é iniciar a produção dos contramarcos. Para a sua instalação, o vão precisa oferecer boas condições de limpeza e espaço para que o trabalho seja efetuado de forma eficiente e com qualidade. Segundo a ABNT NBR 10821-1 (2017), define-se como vão, uma abertura existente na parede que pode receber uma esquadria. É possível observar na figura 22 abaixo, todos os pontos do vão que devem ser medidos, também se observam a sua abertura, onde será instalada a esquadria.

Figura 22 - Esquema geral de vão.



Fonte: ABNT NBR: 10821-1 (2017).

Existem diferentes formas de vão e para cada um de seus tipos há um método de instalação. O quadro 3, abaixo apresenta os métodos de instalação dos vãos.

Quadro 3 - Tipos de vão.

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

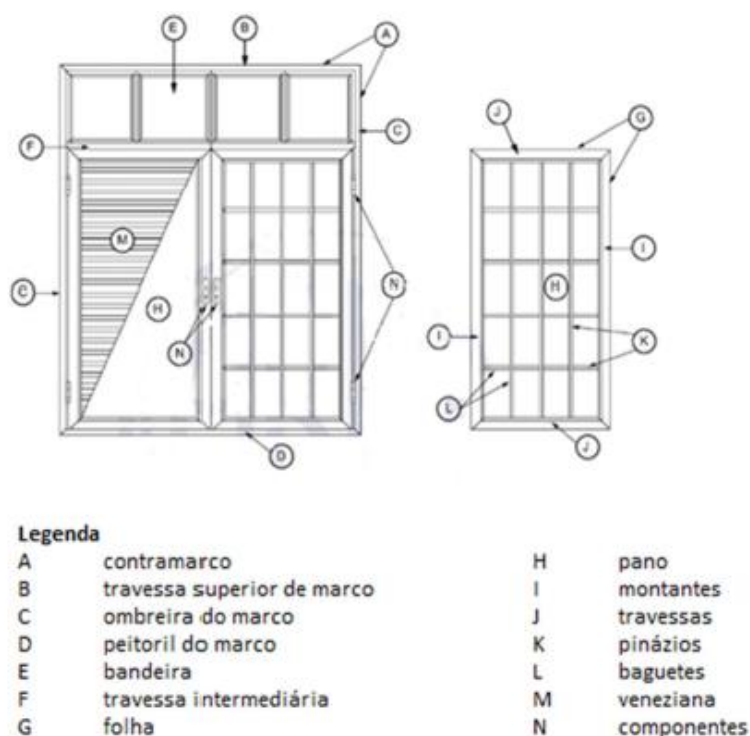
Fonte: ABNT NBR: 10821-5 (2017).

Após a fixação dos contramarcos, a próxima etapa é a instalação das esquadrias. Para que esse processo ocorra de maneira correta e dentro de todas as normas vigentes, o local de instalação deve oferecer condições adequadas aos montadores. Antes do vão receber as

esquadrias, é necessário tomar cuidados com diversas situações para que a entrega seja feita dentro de todos os parâmetros, como: a limpeza dos contramarcos, retirando os restos de argamassa de assentamento e poeira, limpar os caixilhos com pano e álcool isopropílico retirando possíveis óleos e graxas, verificar esquadros e prumos, o acabamento com revestimento cerâmico deve estar bem executado para garantir a vedação entre o revestimento e o contramarco, e a parede deve estar acabada, impermeabilizada e pintada fazendo com que a vedação das esquadrias sejam efetuadas com sucesso (CBIC, 2017).

Para garantir totalmente a estabilidade da esquadria no vão, é preciso ter uma quantidade suficiente de parafusos correta para não comprometer o seu funcionamento. Após a instalação, todos os componentes e acessórios deverão ser checados e regulados para garantir seu funcionamento perfeito e o último passo é a limpeza, entregando-a com total condições de uso para o cliente final (CBIC, 2017). A figura 23, mostra o esquema da esquadria, detalhando cada um dos seus componentes após sua instalação.

Figura 23 - Esquema geral da esquadria.



Fonte: ABNT NBR 10821-1 (2017).

Nos Quadros 4 e 5 abaixo, observa-se todos os componentes utilizados na construção de uma esquadria com sua descrição e aplicação de uso, conforme prescrito na norma NBR 10821-1 (2017).

Quadro 4 – Componentes das esquadrias.

(continua)

Componentes	Descrição
Contramarco	Conjunto de perfis horizontais e verticais fixos que eventualmente guarnecem o contorno do vão, servindo, por sua vez, para fixação de marco, que pode ou não ser utilizado.
Travessa superior do marco	Perfil situado na face horizontal superior do marco que está em contato com o contramarco ou com o contorno do vão.
Ombreira do marco	Perfil situado nas faces verticais do marco que estão em contato com o contramarco ou com o contorno do vão.
Peitoril do marco	Perfil situado na face horizontal inferior do marco que está em contato com o contramarco ou com o contorno do vão.
Bandeira	Folha fixa ou móvel situada na parte superior ou inferior de uma outra folha da esquadria, separada por uma travessa.
Travessa intermediária	Perfil situado na parte superior que separa a bandeira das folhas da esquadria.
Folha	Parte fixa ou móvel da esquadria, onde serão fixados os panos, que pode ou não conter subdivisões.
Pano	Parte destinada à vedação, integrante das folhas, geralmente constituída de placas de vidro, venezianas etc. Quando a folha não apresenta perfis de estruturação, o pano confunde-se com a própria folha.

Fonte: ABNT NBR 10821-1 (2017).

Quadro 5 - Componentes das esquadrias.

(conclusão)

Montantes	Perfis que constituem os elementos verticais de uma janela ou qualquer parte integrante desta.
Travessas	Perfis que constituem os elementos horizontais de uma esquadria ou de qualquer parte integrante desta, que se destinam à sustentação de placas de vidro ou de outros tipos de fechamento
Pinázio	Elemento decorativo colocado no vidro ou externamente.
Baguete	Peça de pré-moldado que se destina à fixação e/ou vedação dos panos na esquadria.
Veneziana	Pano tradicionalmente formado por palhetas horizontais, verticais ou inclinadas, superpostas, paralelas entre si, ou peça contínua, que possibilitam a ventilação permanente dos recintos e alguma iluminação sem, no entanto, lhes devassar o interior.
Componentes	São destinados à fixação, manobra, travamento e/ou estanqueidade de suas partes fixas e móveis. Esses componentes podem ser: alavanca, borboleta, braço, bucha, chumbador, cremona, dobradiça, elemento de fixação, escovas de vedação, fecho, gaxeta, grapa, puxador, roldana e selante.

Fonte: ABNT NBR 10821-1 (2017).

5 VIDROS

O uso dos vidros está presente em diversas áreas da indústria, como em utensílios domésticos, eletrônicos, objetos de decoração, produção de garrafas, espelhos, móveis, construção civil e, principalmente, na indústria automobilística, onde podemos observar o seu maior uso, nas montagens dos veículos.

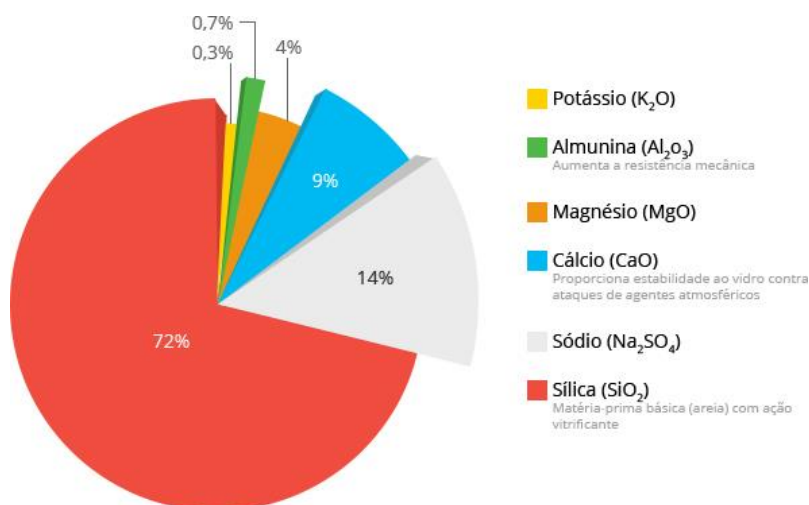
A popularidade e a durabilidade dos vidros se devem a sua composição, pois contêm sílica, sódio e cálcio que são elementos abundantes na crosta terrestre. A areia compõe, aproximadamente 70% da fabricação do vidro, sendo neste componente onde encontramos a sílica. A sílica é o componente que assegura as características do vidro no produto (ARCHGLASS, 2019).

O sódio é responsável por garantir a resistência mecânica do vidro, ele também diminui o ponto de fusão da sílica, permitindo que o elemento derreta mais facilmente. O cálcio é o grande responsável a garantir a estabilidade do vidro contra ataques de agentes da atmosfera dando ao vidro uma maior vida útil. Outros elementos químicos também podem aparecer na produção de vidros quando deseja-se alcançar resultados diferentes, (ARCHGLASS, 2019) por exemplo:

- Alumina: aumenta a resistência do vidro;
- Magnésio: eleva a resistência mecânica e resistência para alterações bruscas de temperatura;
- Níquel: produção de tonalidade azul ao vidro.

No gráfico 3, logo abaixo, é possível analisar os elementos encontrados no vidro e suas respectivas porcentagens:

Gráfico 3 – Elementos encontrados nos vidros.



Fonte: EkoGlass (2018).

Desde o início, quando as esquadrias começaram a ser utilizadas e fabricadas existiam apenas os modelos de madeira, sem uso dos vidros, porém com a constante evolução das empresas e dos processos na construção civil, a aplicação de vidros iniciou-se no século XIX, segundo Xavier (2008). Com a utilização dos vidros, as esquadrias passaram a possuir melhores desempenhos, como acústico e térmico, aumentando ainda mais o seu emprego nas construções.

A norma ABNT NBR 7199 (Vidros na construção civil – Projeto, execução e aplicações) é a que certifica a aplicação dos vidros na construção civil, que garante assim à segurança de todos os usuários das edificações, e faz com que as empresas de vidros tenham mais responsabilidade em seus produtos. De acordo com a norma, os vidros ainda podem ser divididos quanto a:

- **Transparência:** vidro transparente, translúcido e opaco;
- **Planicidade:** vidro plano e curvo;
- **Coloração:** vidro incolor e colorido;
- **Colocação:** instalação em esquadrias, autoportante, mista, estrutural, painel colado (estrutural) e revestimento.

Existem diversos tipos de vidros usados na construção civil, cada um com suas propriedades e características diferentes para determinada utilização, os vidros mais aplicados nas obras do Brasil são o float (comum); temperado; laminado e aramado. Os outros tipos de vidros existentes são mais específicos quanto a sua função e determinada aplicação, são eles:

vidros insulados; vidros de controle solar; vidros impressos; autolimpeza; antibactéria; controle de privacidade; proteção contra radiação e proteção contrafogo (AFEAL, 2008).

5.1 PRINCIPAIS TIPOS DE VIDROS

Todas as aplicações de vidros na construção civil devem atender a norma ABNT NBR 7199 (2016) (Vidros na construção civil – Projeto, execução e aplicações). Esta norma visa garantir a segurança dos usuários. A norma em questão também classifica os vidros e seus variados tipos existentes, cada um contendo características diferentes das outras.

Vidro float (comum): é composto por apenas uma lâmina de vidro sem nenhum tipo de tratamento, é a matéria-prima para a produção de todos os outros tipos de vidros existentes no mercado. É um vidro totalmente transparente, de superfícies polidas e paralelas, ideal para aplicações que exijam perfeita visibilidade e alta transmissão de luz.

As espessuras dos vidros comuns podem variar de 3mm podendo chegar até 25mm, em alguns casos mais específicos. Por se tratar de um vidro frágil, seu uso deve ser evitado em locais onde haja possibilidade de acidentes e sempre respeitando as diretrizes da ABNT. A figura 24, representa o vidro float.

Figura 24 - Exemplo de vidro float.



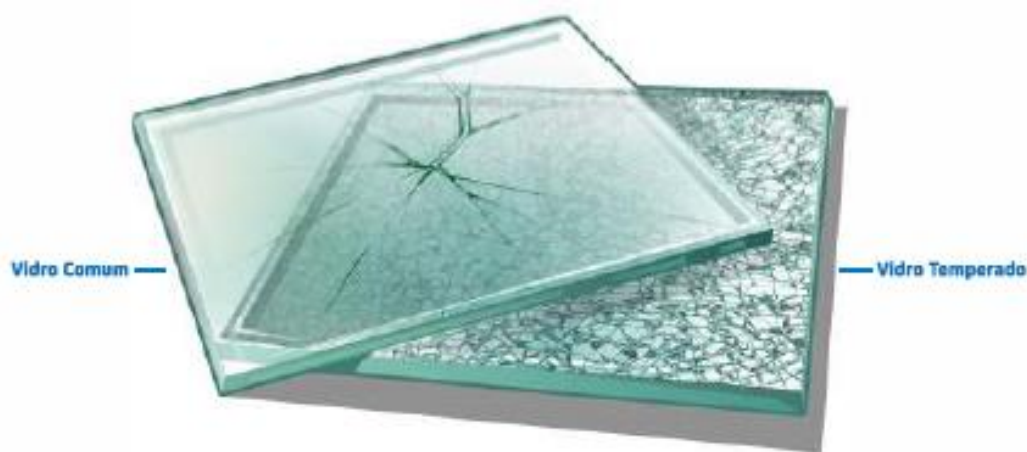
Fonte: Archglass (2020).

Vidro temperado: é o vidro que passa por um processo de aquecimento até uma temperatura alta crítica e em seguida sofre um rápido resfriamento. Esse processo eleva a resistência mecânica do material em até cinco vezes mais que o vidro comum, também são muito resistentes aos choques térmicos. Seu uso é apropriado a locais onde exigem maiores

resistência a impactos como, portas de vidro de fachada de loja, boxes de banheiro ou áreas quentes como frontões de lareiras.

Outra vantagem desse vidro é a segurança em uma eventual quebra, onde o vidro temperado fica em pequenos fragmentos menos cortantes do que os vidros comuns quando quebrados. Observa-se na figura 25, como fica em caso de quebra dos vidros comuns e temperados.

Figura 25 - Exemplo de vidro temperado e comum.



Fonte: Alumínios Tubarão (2020).

Vidro laminado: o vidro laminado é um vidro de segurança fortemente interligado por duas ou mais lâminas de vidro, estas lâminas são unidas por uma ou mais camadas de PVB (Poli Vinil Butiral), que é uma resina maleável que aumenta a resistência do vidro. Atua na redução dos raios ultravioleta (inclusive o vidro incolor) e com isso protege móveis, pisos e desbotamento de roupas causados pelos raios UV.

Esse vidro também ajuda a bloquear a entrada dos ruídos externos, proporcionando conforto acústico. Em caso de quebra, o vidro laminado é muito seguro, pois seus cacos ficam presos a camada intermediária (PVB), evitando a abertura do vão, reduzindo o risco de acidentes e ferimentos, mantendo a área fechada e segura até a troca do vidro. A figura 26, mostra a composição do vidro laminado.

Figura 26 – Exemplo de vidro laminado.

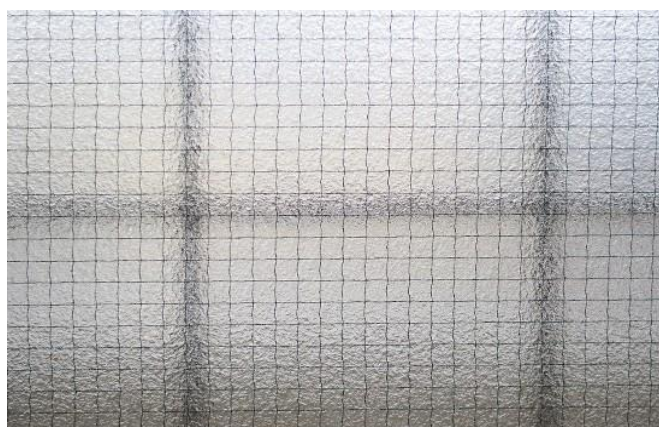


Fonte: Alumínios Tubarão (2020).

Vidro aramado: o vidro aramado é obtido por fundição e laminação contínuas, esse vidro incorpora uma malha de arame de aço soldada em todas as suas intersecções. É considerado um vidro de segurança pois seu funcionamento é parecido com o vidro laminado.

A diferença é que o vidro aramado em caso de quebra, fica preso à rede metálica. Ao contrário do vidro temperado e laminado, o aramado ganha suas propriedades ainda no processo de fabricação, antes de a chapa tornar-se sólida, ela recebe uma malha de aço no interior de sua massa, garantindo assim a sua devida segurança. Na figura 27, nota-se a composição do vidro aramado, com a malha de aço no interior do vidro.

Figura 27 - Exemplo de vidro aramado.



Fonte: Vidraçaria Ideal (2019)

Vidro insulado: o vidro insulado, também chamado de duplo, tem função termoacústica e controle térmico por possuir grandes espessuras em sua composição, podendo

ter mais de 30mm de espessura, dando uma enorme proteção acústica e térmica ao ambiente instalado. Entre os dois vidros há uma câmara interna de ar ou de gás desidratado. Pode ser composto por qualquer outro tipo de vidro (float, impresso, temperado, laminado, controle solar, entre outros).

Outra característica do vidro insulado é que pode ser instalado uma persiana interna entre os vidros para trazer mais conforto ao cliente, dando a opção de o usuário escolher a luminosidade do ambiente. Através da figura 28, constata-se como o vidro insulado é composto, apresentando também a selagem que é feita com silicone para vedar o vidro.

Figura 28 – Composição do vidro insulado.



Fonte: GlassecViracon (2021)

Essas tipologias de vidros, na qual foi feita a análise acima, são as principais encontradas na construção civil e no uso das esquadrias de alumínio, sendo muito difundida no uso residencial, onde podemos, facilmente, encontrá-las em nossas residências.

Para que o envidraçamento ocorra de forma correta e segura, a ABNR NBR 7199 (2016), lista uma série de disposições gerais que devem ser obedecidas pelas empresas responsáveis de instalação de vidros, como: as peças de vidro devem ser colocadas de tal forma que não sofram esforços oriundos de dilatação, contração, torção, vibração ou deformação do sistema; quando houver peças de vidros com bordas expostas, estas devem ser laboradas; toda instalação composta por vidro, cuja presença não seja perfeitamente discernível, deve ser sinalizada adequadamente, a fim de se evitar a ocorrência de acidentes; e o envidraçamento em esquadrias e em contato com meio exterior deve atender ao especificado da ABNT NBR 10821.

A norma ABNT NBR 7199 (2016), ainda determina que vidros instalados a uma altura abaixo de 1,10 metros em relação ao piso, seja interno ou externo, em qualquer pavimento, devem ser vidros de segurança (laminado ou temperado), pois caso haja algum impacto, o vidro em questão irá suportar cargas maiores, diminuindo os riscos de acidentes no local.

6 REQUISITOS NORMATIVOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

Uma esquadria que é composta por um ou mais materiais (exceto portas de madeira), deve seguir as exigências e requisitos que estão presentes nas normas ABNT NBR 10821-2 (2017) e ABNT NBR 10821-4 (2017). Já as portas de madeira, devem seguir as exigências e requisitos da norma ABNT NBR 15930-2. Além disso, as esquadrias também estão sujeitas a requisitos de usuários conforme está previsto na ABNT NBR 15575-4 (2013) e deve ser avaliada sua flexibilidade, de acordo com o Quadro 6.

Quadro 6 – Requisitos do usuário, conforme ABNT NBR 15575-4.

Requisitos do usuário ABNT NBR 15575-4	Requisitos	Aplicação nas janelas, portas e fachadas-cortina	Aplicação nas portas de madeira
Segurança	Estrutural e mecânica	Altura da edificação e região do País (Tabela 1 – ABNT NBR 10821-2)	Perfil de desempenho (Tabela 28 – NBR 15930-2)
	Contra incêndio	Não aplicável	Desempenho adicional
	No uso e na operação	Resistência às operações de manuseio – Exigível em todas	Ensaio mecânicos gerais e específicos -Exigível em todas
Habitabilidade	Estanqueidade à água	Exigível em todas	Exigível apenas na PXM
	Desempenho térmico	Desempenho adicional	Desempenho adicional
	Desempenho acústico	Desempenho adicional	Desempenho adicional
	Funcionalidade e acessibilidade	Resistência às operações de manuseio – Exigível em todas	Ensaio mecânicos gerais e específicos -Exigível em todas
	Conforto tátil e antropodinâmico	Exigível em todas	Exigível em todas
Sustentabilidade	Durabilidade	Exigível em todas	Exigível em todas
	Manutenibilidade	Exigível em todas	Exigível em todas
	Impacto ambiental	Exigível em todas	Exigível em todas

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2013).

6.1 ABNT NBR 10821 (2017) – ESQUADRIAS PARA EDIFICAÇÕES

A norma ABNT NBR 10821 (2017), foi publicada no dia 13 de fevereiro de 2017, e elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Esquadrias (ABNT/CEEE-191). Esta é a segunda edição da norma cancelando a edição anterior, a ABNT NBR 10821 (2011), na qual foi tecnicamente revisada e substituída pela atual norma vigente.

A ABNT NBR 10821 (2017) compreende todo o universo das esquadrias de alumínio, realizando testes em laboratório que são capazes de avaliar o desempenho dos

produtos. As amostras das esquadrias são enviadas para testes, e são submetidas a variados tipos de esforços que imitam a natureza, como ventos, chuvas e ação humana. Com isso, é de extrema importância as empresas de esquadrias de alumínio darem o devido valor às normas, a fim de entregar um produto de qualidade e segurança ao consumidor final.

Para poder alcançar um melhor desempenho, a nova edição da norma colaborou com um aumento do número de ensaios e avaliações das esquadrias. A ABNT NBR 10821 (2017), está dividida em 5 partes:

1. Parte 1 – Esquadrias externas e internas – Terminologia;
2. Parte 2 – Esquadrias externas e internas – Requisitos e classificação;
3. Parte 3 – Esquadrias externas e internas – Métodos de ensaio;
4. Parte 4 – Esquadrias externas – Requisitos adicionais de desempenho;
5. Parte 5 – Esquadrias externas – Instalação e manutenção.

Parte 1 - mostra que as esquadrias são definidas de acordo com a sua finalidade, utilização, função, movimento, partes e componentes.

Parte 2 - apresenta os requisitos e classificação das esquadrias, visando garantir que os usuários recebam o produto com condições mínimas exigíveis de desempenho.

Parte 3 - especifica todos os métodos de ensaio para avaliar o desempenho e classificação das esquadrias, independentemente do tipo de material usado na fabricação.

Parte 4 - especifica os requisitos adicionais de desempenho para esquadrias e tem como pontos principais o parecer do desempenho acústico, desempenho térmico, iluminação natural, e funcionalidade.

Parte 5 - estabelece as condições adequadas de instalação e manutenção de tal forma a garantir o desempenho mínimo exigível.

6.2 JANELAS E PORTAS – DESEMPENHO MÍNIMO OBRIGATÓRIO

O desempenho mínimo nas janelas e portas é obrigatório conforme está previsto na ABNT NBR 15575 (2013). A classificação das janelas ocorre principalmente pelos seguintes ensaios: permeabilidade de ar, estanqueidade à água, desempenho térmico e acústico no qual esses terão foco neste atual trabalho. Os outros ensaios de desempenho são os seguintes: corrosão, cargas distribuídas e resistência à corrosão dos perfis. Já nas portas, a classificação é feita por ensaios de corrosão dos perfis e operações de manuseio.

Para esquadrias, tanto janelas quanto as portas, sejam essas fabricadas em aço, alumínio, madeira ou PVC, devem estar em conformidade com a ABNT 10821-2 (2017). Esta norma estabelece os requisitos mínimos quanto aos ensaios de estanqueidade de água, permeabilidade de ar, resistência às operações de manuseio e pressão de vento de acordo com a quantidade de pavimentos (Quadro 7) e, também, de acordo com cada região do país (Figura 29).

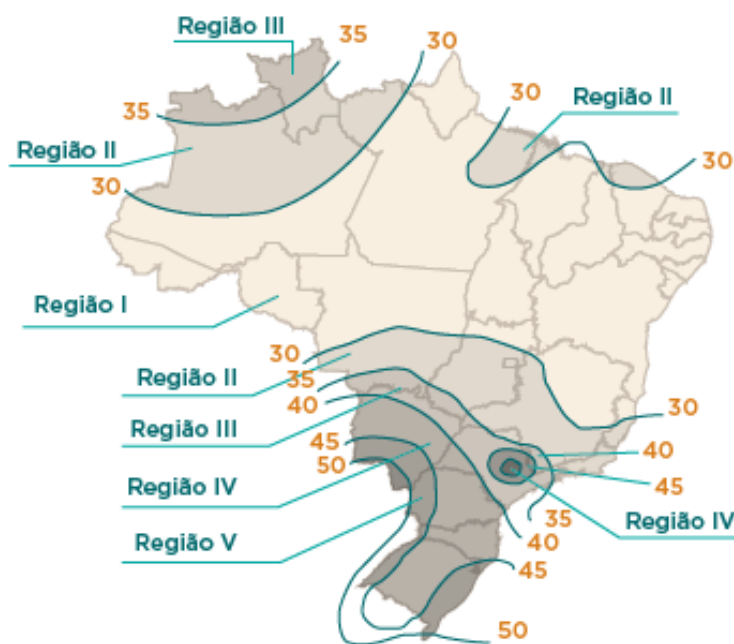
Quadro 7 - Valores de pressão de vento e número de pavimentos.

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

Fonte: ABNT NBR 10821-2 (2017).

O quadro 7 em questão, nos mostra qual o valor máximo de pressão de ensaio, de segurança e de água que uma esquadria irá suportar, dependendo da altura da edificação e a região do país no qual se ela encontra.

Figura 29 - Gráfico das isopletras de velocidade básica de vento.

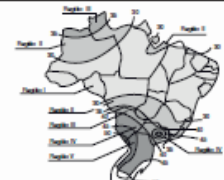


Fonte: ABNT NBR 10821-2 (2017).

A imagem acima (figura 29) mostra o gráfico das isopletras, onde os valores são dados em m/s, como um mapa topográfico as curvas de nível simbolizam regiões de mesmo valor. Nota-se que a região da cidade de Tubarão – SC, está exatamente no limite de nível da região IV (45 m/s) e região V (50 m/s). Com isso, é necessário tomar os devidos cuidados ao analisar as pressões de vento dessa região, pois sofrem com altas cargas de pressões providas das rajadas de vento.

A norma ABNT NBR 10821-2 (2017) também traz um modelo de etiqueta (figura 30) para identificação e classificação das esquadrias, contendo as principais informações referentes as normas de desempenho e características de uma esquadria.

Figura 30 – Modelo de etiqueta de informações da esquadria.

Fabricante: (nome ou logomarca do fabricante)			
Produto		Janela de correr com duas folhas	
Dimensão: altura x largura		1 000 mm x 1 200 mm	
Espessura e tipo do vidro		monolítico com 4 mm	
Classificação técnica do produto (ABNT NBR 10821)		Região do país	Quantidade pavimentos
Nível de desempenho	Mínimo (M)	III	02
Tratamento de superfície	Tipo de tratamento de superfície	Desempenho do tratamento	
Para esquadrias de aço, ver o ABNT NBR 10821-3:2017, Anexo L	Pintura Primer	Mínima (CM) – dois ciclos	
Para esquadrias de alumínio anodizadas, atender a ABNT NBR 12609	Anodização – Classe	A 18 (18µm)	
Para esquadrias de alumínio com pintura eletrolítica, atender a ABNT NBR 14125	Pintura – RAL 9003	85 µm	
Para o reforço metálico em esquadrias de PVC, atender a BS 7412	Descrição do material utilizado		
Isolação sonora	Índice de redução sonora ponderado ($R_{w,C,C_{50}}$) – dB		
Classificação	Classificação D (ver ABNT NBR 10821-4:2017, Anexo A)		
Aplicação: — Edificação com até dois pavimentos (térreo mais um pavimento) — Deve ser utilizada em regiões com baixo ruído externo			
Região de utilização: Demarcar a região do mapa — São Paulo – capital — São Paulo – litoral — Grande ABC — Norte do Mato Grosso do Sul — Sul do Mato Grosso e Goiás — Norte do Amazonas e Roraima			
RECOMENDAÇÕES: — Convém que este produto seja utilizado apenas em edificações com até dois pavimentos e altura máxima de 6 m — Desempenho térmico e acústico mínimo			
Características técnicas de acordo com a ABNT NBR 10821:			
Ensaio:		Resultados:	
— Permeabilidade ao ar		Vazão obtida	
— Estanqueidade à água		Mínimo 120 Pa	
— Pressão de vento para o ensaio de deformação		Mínimo 1 000 Pa	
— Resistência às operações de manuseio		Atende	

Fonte: ABNT NBR 10821-2 (2017).

6.2.1 Desempenho Estrutural

As esquadrias (janelas, portas ou fachadas glazings), estão sempre submetidas a cargas uniformemente distribuídas, principalmente as cargas providas dos ventos, sendo assim, elas devem possuir um desempenho mínimo quanto a sua função. Para que haja um nível de segurança desejado segundo a NBR 15575-4 (2013), deve-se considerar todas as ações possíveis no sistema de vedação vertical. Assim, a norma solicita que para sistemas com função estrutural devem ser feitos todos os ensaios descritos na norma, já para sistemas sem função estrutural (janelas e portas) é recomendado ensaios como demonstrado na figura 31.

Figura 31 – Ensaio de deformação.



Fonte: Aecweb (2016).

O ensaio da imagem acima (figura 31) faz a medição das cargas uniformemente distribuídas, com isso permite-se fazer uma verificação estrutural do caixilho da esquadria, com uma carga aplicada simulando a de uma pressão provinda de rajadas de vento. Após estes processos é possível fazer uma avaliação da deformação dos perfis, ruptura do vidro ou perda de estanqueidade ao ar.

Ainda conforme a norma ABNT NBR 10821-2 (2017), quando a esquadria, seja ela fabricada em aço, alumínio, madeira ou PVC, seja submetida à pressão prescrita para sua determinada região e o número de pavimentos (altura da edificação) em que ela é utilizada, não pode apresentar:

- a) Ruptura ou colapso total ou parcial de quaisquer de seus componentes, incluindo o vidro;
- b) Desempenho deteriorado, quanto às condições de abertura e fechamento e à permeabilização do ar;
- c) Deformações máximas ou residuais acima dos limites estabelecidos pela ABNT NBR 10821-2 (2017).

6.2.2 Permeabilidade de ar

As esquadrias, sendo elas, portas, janelas ou fachada cortina, devem ser classificadas pelo seu nível de desempenho de acordo com o ensaio de permeabilidade de ar. De acordo com a ABNT NBR 10821-2 (2017), para obter os níveis de desempenho da

permeabilidade do ar de uma esquadria, utiliza-se a figura 32 onde são determinados em três níveis:

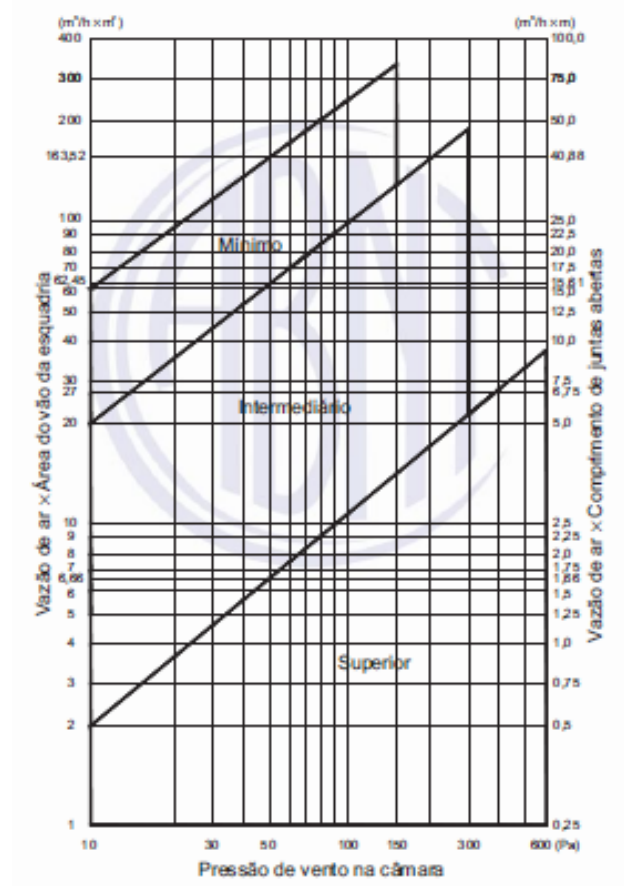
- Mínimo (M);
- Intermediário (I);
- Superior (S).

O ensaio de permeabilidade de ar é feito submetendo a esquadria a uma pressão de 50Pa (Pascal) e nela verifica-se a vazão em metros cúbicos por hora. Os resultados que são obtidos devem ser comparados, resultando no que está previsto na ABNT NBR 10821-2 (2017).

A classificação dos níveis de desempenho de permeabilidade pode se definir das seguintes maneiras conforme a norma ABNT NBR 10821-2 (2017):

- a) Se for obtido o mesmo nível de desempenho, a esquadria é classificada neste nível de desempenho;
- b) Se obter dois níveis de desempenho distintos adjacentes, a esquadria é classificada no maior nível de desempenho adquirido;
- c) Se for obtido valores em faixas opostas (mínimo e superior), a esquadria é classificada no nível intermediário;
- d) Se o resultado chegar a valores fora da faixa do gráfico, a esquadria não pode ser classificada, não atendendo assim o requisito de permeabilidade.

Figura 32 – Permeabilidade do ar quanto as esquadrias.



Fonte: ABNT NBR 10821-2 (2017).

Para ficar mais claro, foi calculado o comprimento de juntas abertas, da área do vão e das vazões, para exemplificar melhor como funciona a permeabilidade do ar. Será considerado uma janela de vidro com duas folhas de correr possuindo dimensões de 1,50 x 1,20 metros. Vazão de ar obtida (Q_{ar}) de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ e pressão de vento na câmara de 50 Pa .

- a) Largura (L) = $1,50 \text{ m}$; altura (H) = $1,20 \text{ m}$;
- b) Comprimento de juntas abertas (C_{ja}) = $3 \times (L) + 4 \times (H) =$
 $3 \times 1,5 + 4 \times 1,2 = 9,30 \text{ m}$;
- c) Área do vão (A_v) = $L \times H = 1,50 \times 1,20 = 1,80 \text{ m}^2$;
- d) Vazão por metro linear de juntas abertas (Q_{cja}) = (Q_{ar})/(C_{ja}) =
 $10/9,30 = 1,08 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m}$;
- e) Vazão por área do vão (Q_{av}) = (Q_{ar})/(A_v) = $10/1,80 = 5,56 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m}^2$.

Portanto, de acordo com os resultados obtidos, e analisando o gráfico de permeabilidade, os valores calculados para esquadria em questão são:

- a) Vazão por metro linear de juntas abertas = nível superior;
- b) Vazão por área do vão = nível superior;
- c) Classificação obtida = nível superior.

Para as esquadrias de folhas fixas, a permeabilidade de ar não pode ultrapassar $5,5\text{m}^3/\text{h} \times \text{m}^2$, sendo essa calculada em relação à área total da mesma.

6.2.3 Estanqueidade à água

A norma em assunto também traz requisitos de estanqueidade a agentes líquidos, como à água. Trata-se de uma norma de grande importância para o conforto e segurança dos usuários das edificações em questão. A estanqueidade à água desempenha um importante papel na durabilidade dos edifícios evitando com que intempéries acabem entrando através das esquadrias.

Em relação a estanqueidade a (CBIC, 2017) salienta que as esquadrias devem possuir uma excelente estanqueidade à água, pois quando as mesmas apresentam vazamentos que provoque escoamento de água pelas paredes ou componentes em que elas estejam fixadas, podem gerar manifestações patológicas, trazendo prejuízos aos usuários.

Nesta norma pode-se obter os seguintes níveis de desempenho (figura 33):

Mínimo (M): permitido a passagem de água desde que não ultrapasse para o lado interno da parede.

Intermediário (I): permitido apenas o acúmulo de água no perfil inferior do marco.

Superior (S): não permitido quaisquer passagens de água na esquadria, devendo ela, ser estanque.

Figura 33 – Níveis de desempenho das esquadrias quanto a estanqueidade à água.

Ensaio	Desempenho		
	Mínimo (M)	Intermediário (I)	Superior (S)
Estanqueidade à água	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 ou água originada do PI, 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 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.

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

A ABNT NBR 15575-4 (2013) salienta que os sistemas de vedações verticais, não podem ocorrer manifestações patológicas devido a exposição à água como infiltrações, escorrimentos ou formação de gotas de água, que acarretará manchas de umidade. O quadro 8 abaixo mostra os limites das áreas das manchas.

Quadro 8 – Estanqueidade à água de fachadas e esquadrias.

Edificação	Tempo de ensaio h	Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo-de-prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio
Térrea (só a parede, seja com ou sem função estrutural)	7	10
Com mais de um pavimento (só a parede, seja com ou sem função estrutural)	7	5
Esquadrias	Devem atender à ABNT NBR 10821	
O anexo F contém recomendações relativas a outros níveis de desempenho.		

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

Existem alguns métodos de ensaios que podem ser feitos para garantir a estanqueidade à água das esquadrias. Os processos existentes são os seguintes:

- Realização de ensaio em laboratório, para a verificação da estanqueidade de vedações externas;
- Realização de ensaio de tipo em laboratório, seguindo os parâmetros da ABNT NBR 10821-3 (2017), para verificação de estanqueidade à água de esquadrias externas;
- Análise do projeto.

6.2.4 Desempenho Térmico

Este é um importante critério, pois é um tema bastante relevante ao cliente na hora da escolha da compra da esquadria, pois está ligado diretamente ao conforto da residência que pode atribuir vários benefícios aos usuários. No mercado brasileiro, existem alguns tipos de linhas de esquadrias mais sofisticadas como a linha Chroma da empresa Perfil Alumínio, na qual se trata de uma linha muito eficiente quanto ao desempenho térmico. Por se tratar de um perfil maior e mais robusto, ele torna a esquadria mais eficiente aos fatores climáticos.

O conforto térmico se refere a quantidade de graus-horas de desconforto (GHd), dependendo da tipologia da esquadria utilizada, do sistema construtivo (exemplo: casa de alvenaria e madeira apresentam diferenças na isolamento térmica) e, também, de acordo com a localização da construção, pois cada região do país está localizada em uma diferente zona térmica, como podemos observar na figura 34. Toda esquadria apresenta um nível diferente estabelecido pela ABNT NBR 10821-4 (2017), na qual o desempenho está ligado ao GHd e a zona climática onde se encontra a edificação, como nota-se no quadro 9.

Quadro 9 – Níveis de desempenho das esquadrias.

Desempenho	Zona 1	Zona 2	Zona 3
A	$\text{GHd} \leq 39000$	$\text{GHd} \leq 7800$	$\text{GHd} \leq 22500$
B	$39000 < \text{GHd} \leq 46000$	$7800 < \text{GHd} \leq 8600$	$22500 < \text{GHd} \leq 23500$
C	$46000 < \text{GHd} \leq 54000$	$8600 < \text{GHd} \leq 9400$	$23500 < \text{GHd} \leq 24500$
D	$54000 < \text{GHd} \leq 64000$	$9400 < \text{GHd} \leq 10200$	$24500 < \text{GHd} \leq 25500$
E	$\text{GHd} > 64000$	$\text{GHd} > 10200$	$\text{GHd} > 25500$

Fonte: ABNT NBR 10821-4 (2017).

A quantidade de graus-hora de desconforto (GHd) é calculado através da seguinte equação: $\text{GHd} = a \times \text{SHGC} + b \times \text{Uo} + c \times \text{Tv} + d \times \text{Uo/Ug} + e$. Onde os coeficientes são encontrados no quadro 10.

- SHGC - é o fator solar da esquadria, adimensional, inserido na equação com valor entre 0 e 1;
- Tv - é a transmissão visível da esquadria, adimensional, inserindo na equação com valor entre 0 e 1;

- U_o - é a transmitância da esquadria, expressa em watts por metro quadrado vezes Kelvin ($W/m^2 \times K$);
- U_f - é a transmitância térmica do perfil, expressa em watts por metro quadrado vezes Kelvin ($W/m^2 \times K$).

De acordo com o resultado obtido através da equação, percebe-se o nível de desempenho térmico, podendo variar de A até o nível E. O valor de cálculo deve conter no modelo de etiqueta (figura 35) para que os usuários tenham essas informações que são de extrema importância para o uso das esquadrias.

Quadro 10 – Coeficiente para equação.

Zona climática	Coeficientes da Equação 1				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
Zona 1	71 605	226	11 920	- 1 459	17 113
Zona 2	12 061	84	926	- 981	4 686
Zona 3	10 862	463	264	897	17 825

Fonte: ABNT NBR 10821-4 (2017).

Figura 34 - Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: ABNT NBR 10821-4 (2017).

A imagem superior (figura 34) demonstra o zoneamento bioclimático brasileiro, onde nota-se em quais zonas cada estado do país está classificado, de acordo com a norma, o estado de Santa Catarina está categorizado na zona 3.

Figura 35 - Modelo de etiqueta de desempenho térmico das esquadrias.

 ETIQUETA DE CONFORTO TÉRMICO DA ESQUADRIA ABNT NBR 10821-4			
Zonas climáticas brasileiras			
Conforto térmico	Zona 1	Zona 2	Zona 3
 A			
 B			
 C			
 D			
 E			
Fabricante: AAAA Modelo: XYZ	Transmitância térmica (W/m².K): 4,51 Fator solar: 24 % Transmissão visível: 34 %		
IMPORTANTE 1. A remoção desta etiqueta antes da venda está em desacordo com o código de defesa do consumidor. 2. O nível de conforto térmico foi calculado de acordo com ABNT NBR 10821-4, considerando o uso da janela em uma edificação-padrão. Os resultados são obtidos por meio de simulação computacional e, portanto, podem sofrer variações para mais ou para menos, em função das condições reais de uso. 3. O uso de elementos de sombreamento fixos ou móveis, integrados ou não à esquadria, podem melhorar o nível de conforto térmico obtido.			

Fonte: ABNT NBR 10821-4 (2017).

A imagem acima (figura 35) retrata a etiqueta que deve estar junto as esquadrias para identificação de conforto térmico suportado por elas.

6.2.5 Desempenho acústico

As esquadrias exercem variadas funções e necessitam atender diversos requisitos, entre eles, o desempenho acústico. Quando são mal projetadas ou instaladas, as esquadrias acabam apresentando falhas e uma das principais que ocorrem é a falha na isolamento sonora de uma fachada. Quando se trata em fachada, é importante salientar que a composição alvenaria, acabamentos e esquadrias, devem ser considerados juntos, ou seja, quando mede-se o desempenho acústico de uma esquadria in loco, é preciso considerar as alvenarias e os acabamentos para cálculo. Uma esquadria mal instalada pode deixar algumas frestas (pequenas aberturas) e através delas podem ocorrer “vazamentos” acústicos que comprometem o sistema de vedação da edificação.

Os resultados de desempenho acústico de laboratório são apenas uma expectativa, pois não é possível confiar somente nos valores obtidos nestes testes. O valor do desempenho acústico de uma esquadria varia muito, pois depende da qualidade da obra, da fabricação, espessura do vidro e instalação dos componentes

Segundo a norma ABNT NBR 15575-4 (2013), existem vários métodos adotados para verificação do desempenho acústico, sendo eles o método de precisão realizado em laboratório, descrito pela norma ISO 10140-2; o método de engenharia, realizado em campo, sendo a norma ISO 140-4 e ISO 140-5; e o método simplificado de campo, descrito pela ISO 10052. O quadro 11 abaixo, apresenta os parâmetros de verificação de acordo com cada método de análise de desempenho acústico.

Quadro 11 – Parâmetros de verificação acústica.

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
R_W	Índice de redução sonora ponderado	ISO 10140-2 ISO 717-1	Componentes, em laboratório
$D_{nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada	ISO 140-4 ISO 717-1	Vedações verticais e horizontais internas, em edificações (paredes etc.)
$D_{2m,nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada a 2m de distância da fachada	ISO 140-5 ISO 717-1	Fachadas, em edificações Fachadas e coberturas em casas térreas e sobrados
Nota – Como as normas ISO referenciadas não possuem versão em português, foram mantidos os símbolos nelas consignados com os seguintes significados: R_W – índice de redução sonora ponderado (<i>weighted sound reduction index</i>). $D_{nT,w}$ – diferença padronizada de nível ponderada (<i>weighted standardized level difference</i>). $D_{2m,nT,w}$ – diferença padronizada de nível ponderada a 2 m (<i>weighted standardized level difference at 2m</i>).			

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2013).

A localização da obra está diretamente ligada a exigência de isolamento de acordo com os níveis de ruídos externos, deste modo, as áreas onde apresentam maiores ruídos, necessitam de mais isolamento. De acordo com a norma ANBR NBR 15575-4 (2013) se faz exigência apenas para os dormitórios, nos demais cômodos não há requisitos específicos. A norma também indica os diferentes níveis de ruídos que podem ocorrer na edificação, exposto no quadro 12.

Quadro 12 – Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa de dormitório.

Classe de ruído	Localização da habitação	Nível de desempenho desejado	Isolamento necessário ($D_{2m,nT,w}$)
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	Mínimo	≥ 20
		Intermediário	≥ 25
		Superior	≥ 30
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III.	Mínimo	≥ 25
		Intermediário	≥ 30
		Superior	≥ 35
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação.	Mínimo	≥ 30
		Intermediário	≥ 35
		Superior	≥ 40

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

Segundo a norma ABNT NBR 10821-4 (2017) uma esquadria (janela, porta ou sistema glazing) deve possuir desempenho acústico conforme os resultados de ensaios feitos a partir da ISO 10140-2, onde as esquadrias são submetidas a testes de precisão em laboratório. O quadro 13, fornece os valores de desempenho das esquadrias de acordos com os testes feitos.

Quadro 13 – Níveis de desempenho.

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

Fonte: ABNT NBR 10821-4 (2017).

Os resultados dos ensaios obtidos, devem estar presentes na etiqueta de informações da esquadria, também deve constar a espessura e o tipo de vidro incluso no elemento. Ainda conforme a CBIC, caso a esquadria não possua etiqueta, as informações devem estar presentes em catálogos, manuais técnicos, projetos ou certificados. Na figura 36, podemos observar o modelo de etiqueta que deve estar presente junto a esquadria.

Figura 36 – Modelo de etiqueta de teste acústico.

INDICAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE ESQUADRIAS			
Fabricante:		Código do Produto:	
CNPJ:			
Produto:			
Espessura e tipo de vidro:			
Isolação sonora:	Índice de redução sonora ponderado R_w (C-C _{tr}) dB		
Condição de ensaio quanto ao elemento de sombreamento:	Acionada	Recolhida	
	Resultado		

Índice de Redução Sonora Ponderado - R_w (dB)	Eficiência deste Produto
 $R_w \geq 30$ A	A B
$24 \leq R_w < 30$ B	
$18 \leq R_w < 24$ C	
$R_w < 18$ D 	

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

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

ABNT NBR 10821-4

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

Fonte: ABNT NBR 10821-4 (2017).

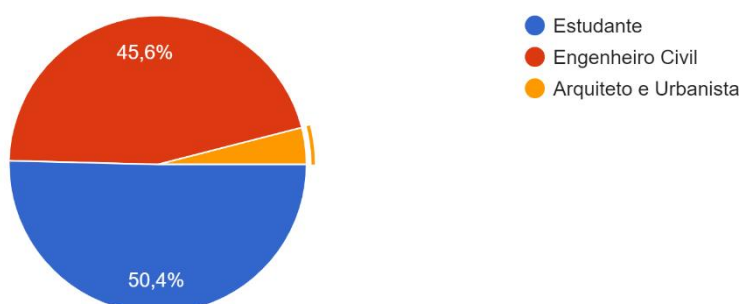
Conforme a CBIC, é importante deixar claro que as esquadrias fazem parte de um sistema ao todo e não podem responder sozinhas pelo nível de redução sonora em ensaios feito in loco. É importante salientar também que os ensaios feitos em laboratório não respondem fielmente aos valores reais, pois somente as esquadrias estão sendo usadas no teste, o que não ocorre nas edificações, onde as esquadrias são apenas uma parte do sistema em geral.

7 PESQUISA DE CONHECIMENTO

Para fins de pesquisa e de complementação do trabalho, foi realizado um questionário com 5 perguntas em relação ao tema de Esquadrias. Os participantes foram profissionais atuantes na área da construção civil e acadêmicos de Arquitetura e Engenharia Civil, em sua grande maioria residindo na região da AMUREL. O tema de esquadrias não é muito difundido na sociedade, se tratando disso, resolveu-se aderir a um questionário para compreender mais sobre o conhecimento de profissionais da construção civil em relação ao tópico. O mesmo se voltou ao público que está presente nas áreas como engenharia civil, arquitetura e urbanismo e estudantes dos mesmos. Com um total de 125 respostas aos questionários, teve-se os seguintes resultados (gráfico 4):

Gráfico 4 - Atuação do público da pesquisa.

Qual a sua formação
125 respostas



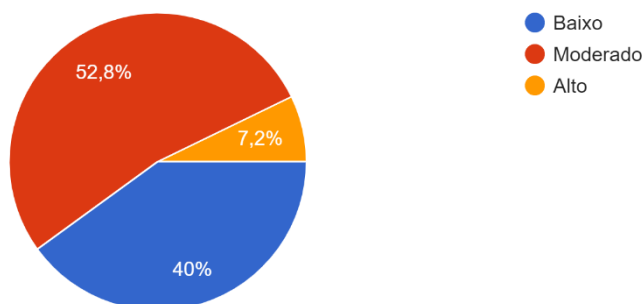
Fonte: Do autor (2021).

A maioria das respostas veio por parte de engenheiros civis e estudantes dos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil, somando um total de 96% do público.

Em relação ao grau de conhecimento sobre o tema abordado, teve-se os seguintes resultados (gráfico 5):

Gráfico 5 - Grau de conhecimento em relação as esquadrias de alumínio.

Qual seu grau de conhecimento em relação ao sistema de esquadrias de alumínio?
125 respostas



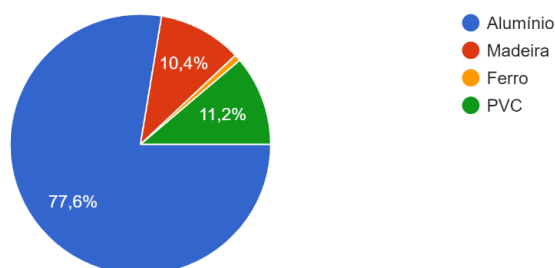
Fonte: Do autor (2021).

Observa-se que apenas 7,2% das pessoas têm um alto grau de conhecimento sobre esquadrias. Já a taxa de 40% representando o baixo conhecimento do tema, mostra que o assunto deve ser mais emitido na sociedade.

Sendo o alumínio um dos elementos mais abundantes no mundo, também é o material preferido pela maioria dos respondentes do questionário, ficando com quase 80%, como é possível observar no gráfico 6.

Gráfico 6 – Materiais de preferência das esquadrias.

Qual desses materiais é o seu preferido para esquadrias?
125 respostas

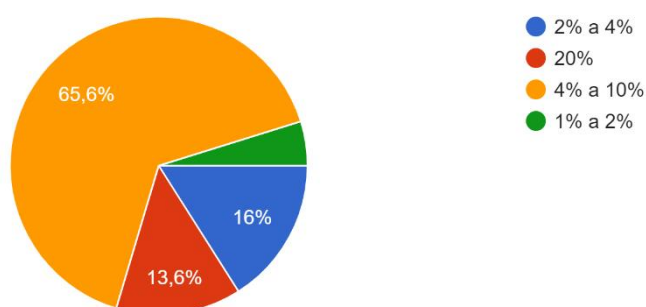


Fonte: Do autor (2021).

O conhecimento em relação ao valor que as esquadrias representam em uma obra obteve os seguintes resultados (gráfico 7):

Gráfico 7 - Valor em (%) que as esquadrias podem representar em uma obra.

As esquadrias podem equivaler a quantos por cento (%) no valor total de uma obra convencional?
125 respostas



Fonte: Do autor (2021).

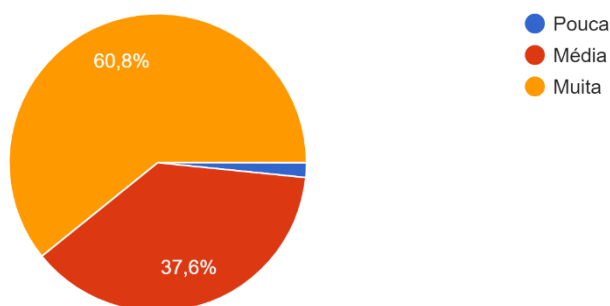
As esquadrias podem variar de 4% a 10% na maioria dos casos e em outros podem chegar até 20% no valor total da obra, dependendo do padrão da construção. Obteve-se um resultado satisfatório nesta questão, mostrando que os profissionais possuem certo conhecimento sobre o assunto de orçamento.

Por último, foi questionado sobre o grau de importância em que os entrevistados dão as esquadrias. Em relação a isso, obteve-se os seguintes resultados (gráfico 8):

Gráfico 8 – Importância dada as esquadrias.

Qual o grau de importância você dá as esquadrias em uma obra?

125 respostas



Fonte: Do autor (2021).

Por ser um dos elementos mais importantes de uma obra, deve-se dar uma grande atenção a estes elementos. As esquadrias interligam os espaços e as pessoas, garantem o conforto térmico, lumínico e acústico dos ambientes. Portanto, para garantir o total conforto de uma edificação, é imprescindível que seja dada uma total atenção a estes elementos.

7.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO

Ao fazer a análise dos resultados, observou-se que apenas 7% dos respondentes apresentam um alto conhecimento em relação às esquadrias. Isso mostra que o tema deve ser mais difundido em toda a área da construção civil, desde o ambiente acadêmico até os canteiros de obras. O resultado da análise do grau de importância dada às esquadrias, mostra que 60% dos profissionais dão grande importância para o tema proposto, porém a relação da importância dada com o grau de conhecimento acaba ficando muito abaixo, o que pode ocasionar futuros problemas em obras, onde o profissional responsável não tem o devido conhecimento das esquadrias. Sendo assim, por falta de conhecimento das normas de desempenho, os fechamentos poderão ter uma série de problemas, desde a compra até sua instalação e uso.

Em relação ao material de preferência das esquadrias, o alumínio foi o mais escolhido disparadamente, isso mostra como o seu uso está crescendo nas edificações e a importância que os profissionais devem dar a este elemento. Outro ponto para o alumínio ser preferência, é por ele ser um material econômico, sustentável, moderno e que apresenta grande durabilidade, tornando-se um ótimo custo benefício aos construtores. A pesquisa também traz o resultado de 11,2% para escolha do material de PVC, o que é um ponto interessante, pois o

uso do PVC nas esquadrias do Brasil é recente e poucas empresas aderem ao emprego deste material.

Para finalizar, grande parte dos participantes mostraram conhecimento ao responder que uma esquadria representa de 4% a 10% do valor total de uma construção, expondo que possuem entendimento na questão orçamentária de uma obra. Vale salientar que não são em todos os casos que as esquadrias irão representar esses valores em uma obra, em alguns casos podem corresponder em até 20% no valor total, para obras com um padrão de construção mais elevado, deixando o sistema de esquadrias com um preço mais alto devido as tipologias e vidros utilizados.

8 ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de trazer um maior conhecimento e explicar mais claramente o desempenho de uma esquadria, foi executado um estudo de caso, onde analisou-se o desempenho acústico de uma esquadria, em uma edificação localizada na cidade de Imbituba – SC (Itapirubá Norte). Foi levantado também, um estudo com casos fictícios elaborado pelos autores do trabalho, a fim de mostrar análises completas de pressão de vento. Criou-se dois casos, o primeiro um em um prédio na cidade de Tubarão – SC e outro em uma casa na cidade de Joinville – SC. O intuito desses casos é exemplificar se as esquadrias em questão, irão passar nos gráficos de pressão de vento, de acordo com suas linhas de esquadria de alumínio.

Vale salientar que devido a situação atual da pandemia enfrentada no país, os autores acharam mais conveniente realizar os casos com edificações fictícias, pois os resultados serão os mesmos para uma edificação existente, sendo assim, por questões de segurança os casos foram realizados virtualmente.

8.1 ENSAIOS DE PRESSÃO DE VENTO

As cargas provindas do vento apresentam um grande impacto nas estruturas dos edifícios, e quanto mais alto, mais pressão as construções recebem. O mesmo ocorre com as esquadrias, onde as mesmas acabam sofrendo danos caso sejam instaladas de forma indevida em locais onde a pressão de vento é maior do que a esquadrias poderia receber. As esquadrias de alumínio apresentam diversas linhas de perfil, alguns mais robustos e outros mais finos. Os perfis robustos acabam se sobressaindo em relação aos mais finos, apresentando maiores resistências as pressões exercidas do vento. Com isso, foi criado neste trabalho alguns casos fictícios para exemplificar melhor a norma ABNT NBR 10821-2 (2017), onde mostra o tamanho da esquadria (largura x altura), o local onde será instalada e a altura do edifício, assim analisa-se a pressão que esta esquadria irá sofrer e se ela acabará suportando. Como o foco deste trabalho são as esquadrias de alumínio, as situações apresentadas serão perfis de alumínio da empresa Perfil Alumínio, que apresenta em seu catálogo os 3 principais tipos de linhas: Unnion (baixo padrão), Ecoline (intermediária) e Chroma (alto padrão).

CASO 01: a esquadria será uma janela de correr com duas folhas de vidro, dimensões de 2000x1200mm, situada em Tubarão – SC, em um prédio contendo 30 metros de altura.

Figura 37 - Tabela de pressão de ensaio para cargas uniformemente distribuídas.

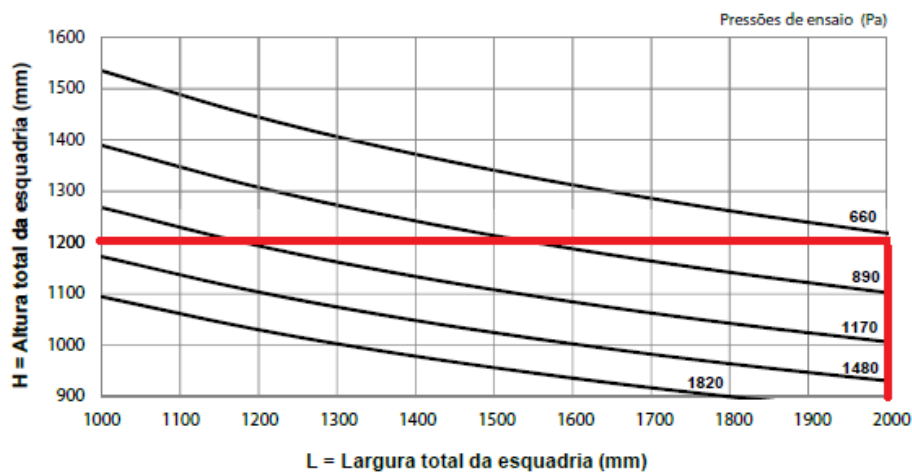
Tabela de pressão de ensaio para cargas uniformemente distribuídas					
Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do País	Pressão de ensaio P_e , em (Pa) Positiva e negativa $P_e = P_D \times 1,2$	Pressão de segurança P_s , em (Pa) Positiva e negativa $P_s = P_e \times 1,5$	Pressão de água P_a , em (Pa) $P_a = P_D \times 0,20$
02	6 m	I	350	520	60
		II	470	700	80
		III	610	920	100
		IV	770	1160	130
		V	950	1430	160
05	15 m	I	420	640	70
		II	580	860	100
		III	750	1130	130
		IV	950	1430	160
		V	1180	1760	200
10	30 m	I	500	750	80
		II	680	1030	110
		III	890	1340	150
		IV	1130	1700	190
		V	1400	2090	230
20	60 m	I	600	900	100
		II	815	1220	140
		III	1060	1600	180
		IV	1350	2020	220
		V	1660	2500	280
30	90 m	I	660	980	110
		II	890	1340	150
		III	1170	1750	200
		IV	1480	2210	250
		V	1820	2730	300

Fonte: Adaptado. Manual técnico – Perfil Alumínio.

Observa-se na tabela acima (figura 37), que a cidade de Tubarão – SC, está localizada na região V, onde as rajadas de vento podem chegar a 180km/h, com isso a pressão de ensaio que o vento irá exercer na esquadria poderá ser de até 1400Pa. Abaixo, segue as análises nas 3 principais linhas de esquadrias de alumínio da empresa Perfil Alumínio.

- **ANÁLISE LINHA UNNION**

Figura 38 – Pressão de ensaio.

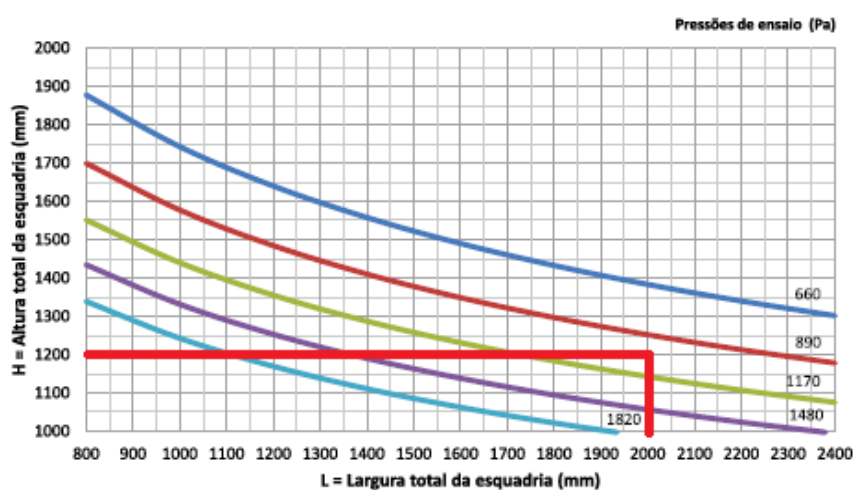


Fonte: Adaptado. Manual técnico (Unnion) – Perfil Alumínio.

Analizando o gráfico de Pressões de Ensaio (figura 38), nota-se que a esquadria em questão não suporta a pressão de 1400Pa, pois o caixilho suportaria apenas uma pressão de aproximadamente 660Pa nessas condições.

- **ANÁLISE LINHA ECOLINE**

Figura 39 – Pressão de ensaio.

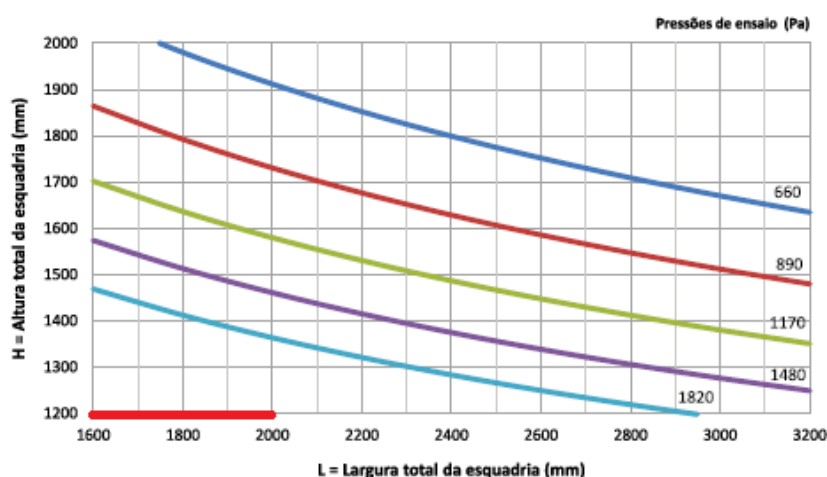


Fonte: Adaptado. Manual técnico (Ecoline) – Perfil Alumínio.

Após analisar o gráfico de Pressões de Ensaio (figura 39), percebe-se que a esquadria em análise também não suporta a pressão de 1400Pa, pois a mesma só suportaria uma pressão de aproximadamente 1170Pa nessas condições. Como é perceptível esta esquadria da linha Ecoline é mais resistente em comparação com a linha Unnion. Vale ressaltar que existem perfis mais reforçados que são capazes de fazer com que as esquadrias suportem pressões maiores, com isso é feita uma adaptação na esquadria e é colocado esses perfis reforçados a fim de garantir uma maior segurança nos elementos.

• ANÁLISE LINHA CHROMA

Figura 40 – Pressão de ensaio.



Fonte: Adaptado. Manual técnico (Chroma) – Perfil Alumínio.

Como consta na figura 40, a esquadria em assunto suporta a pressão de 1400Pa. Sua linha se encontra bem abaixo do limite máximo suportado, podendo suportar pressões maiores que 1820Pa. Já era de se imaginar que a esquadria da linha Chroma suportaria as pressões de ventos deste local, pois trata-se de um perfil robusto, oferecendo mais segurança e conforto aos usuários, se tornando um elemento fundamental para obras de grandes portes.

CASO 02: a esquadria a ser analisada, será uma porta de correr com duas folhas de vidro, dimensões de 2000x2100mm, situada em Joinville – SC, em uma casa contendo 5 metros de altura.

Analisando o gráfico das isopletas de velocidade básica de vento, percebe-se que a cidade de Joinville – SC, se enquadra na região IV, com ventos podendo chegar a 162km/h,

com isso seguindo a tabela de pressão de ensaio abaixo (figura 41), as pressões sobre a esquadria não podem ser superiores a 770Pa.

Figura 41 - Tabela de pressão de ensaio para cargas uniformemente distribuídas.

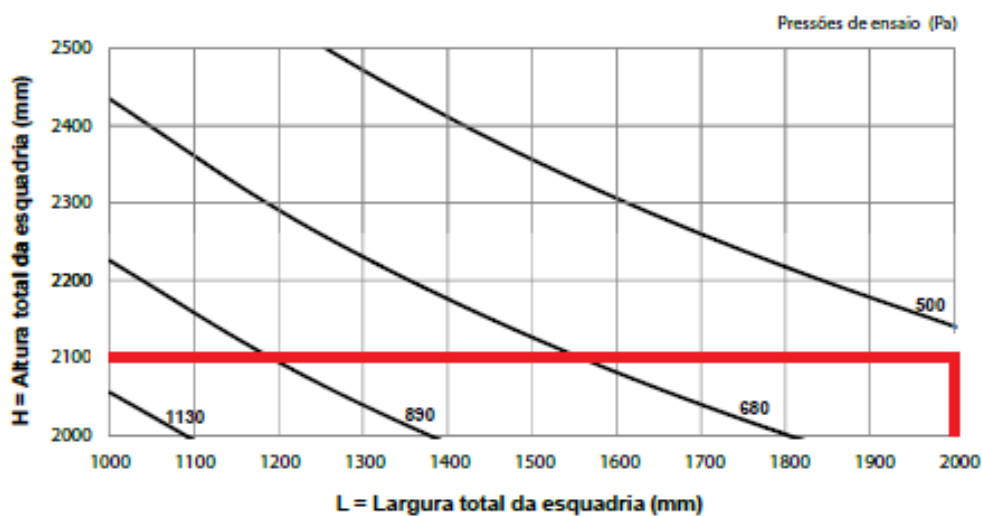
Tabela de pressão de ensaio para cargas uniformemente distribuídas					
Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do País	Pressão de ensaio P_e , em (Pa) Positiva e negativa $P_e = P_p \times 1,2$	Pressão de segurança P_s , em (Pa) Positiva e negativa $P_s = P_e \times 1,5$	Pressão de água P_a , em (Pa) $P_a = P_p \times 0,20$
02	6 m	I	350	520	60
		II	470	700	80
		III	610	920	100
		IV	770	1160	130
		V	950	1430	160
05	15 m	I	420	640	70
		II	580	860	100
		III	750	1130	130
		IV	950	1430	160
		V	1180	1760	200
10	30 m	I	500	750	80
		II	680	1030	110
		III	890	1340	150
		IV	1130	1700	190
		V	1400	2090	230
20	60 m	I	600	900	100
		II	815	1220	140
		III	1060	1600	180
		IV	1350	2020	220
		V	1660	2500	280
30	90 m	I	660	980	110
		II	890	1340	150
		III	1170	1750	200
		IV	1480	2210	250
		V	1820	2730	300

Fonte: Adaptado. Manual técnico – Perfil Alumínio.

A seguir, será analisado os resultados das linhas neste modelo de esquadria.

- **ANÁLISE LINHA UNNION**

Figura 42 – Pressão de ensaio.

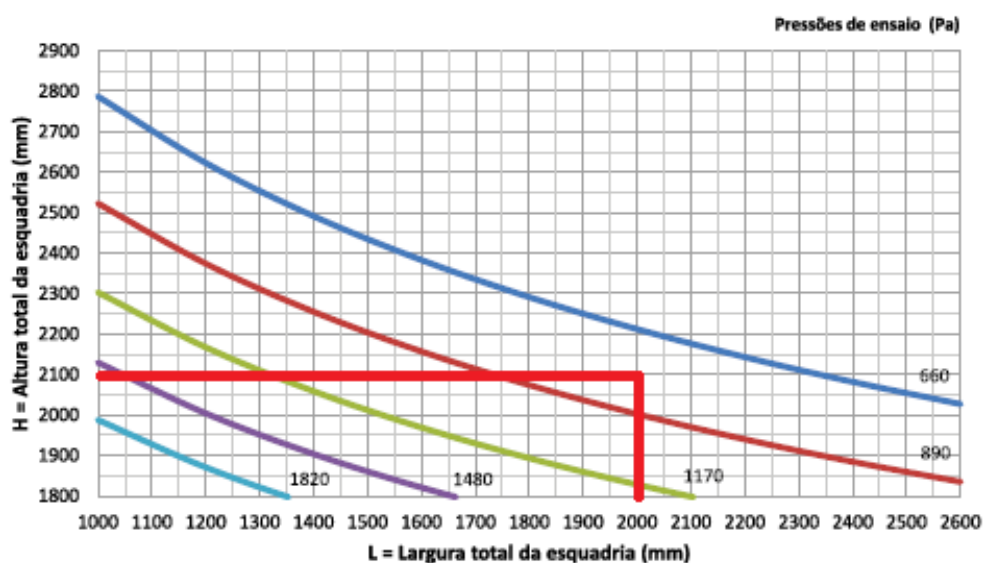


Fonte: Adaptado. Manual técnico (Unnion) – Perfil Alumínio.

Analisando o gráfico de Pressões de Ensaio (figura 42), nota-se que a esquadria em questão não suporta a pressão de 770Pa, pois a mesma suportaria uma pressão próxima a 500Pa nessas condições.

- **ANÁLISE LINHA ECOLINE**

Figura 43 – Pressão de ensaio.

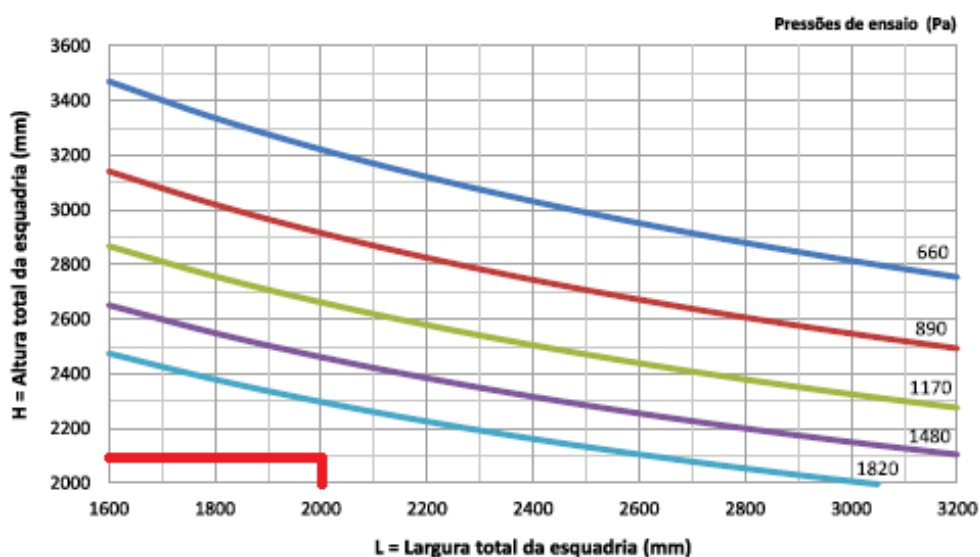


Fonte: Adaptado. Manual técnico (Ecoline) – Perfil Alumínio.

Segundo o gráfico de pressão de ensaio (figura 43), a esquadria em tópico suporta a pressão de 770Pa. Sua linha se encontra um pouco abaixo do limite, o que mostra que a porta pode suportar pressões maiores que a estimada em 770Pa, sustentando pressões a cerca de 800Pa.

- **ANÁLISE LINHA CHROMA**

Figura 44 – Pressão de ensaio.



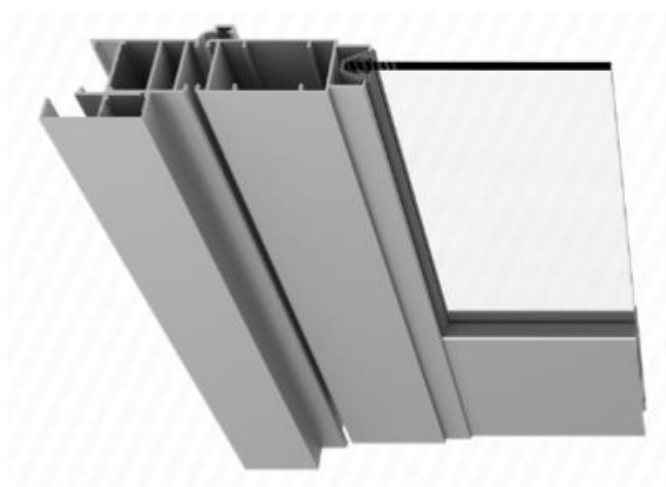
Fonte: Adaptado. Manual técnico (Chroma) – Perfil Alumínio.

Como já era de se imaginar, a esquadria da linha Chroma, passou com bastante segurança, onde o caixilho neste caso pode suportar pressões maiores que 1820Pa. Analisando os gráficos de pressão de ensaio, constata-se que sempre em que uma esquadria de menor linha passar no gráfico de ensaio, 100% das esquadrias das linhas mais sofisticadas também irão atender a norma. Como foi o caso da análise desta esquadria, onde a linha Ecoline (linha intermediária) já foi possível ter condições de uso, assim como na linha Chroma (linha alto padrão).

8.1.1 Análise dos resultados

Após verificação dos ensaios de pressão, pode-se observar a nítida diferença entre as 3 linhas de alumínio, e onde cada tipo se encaixa melhor em determinados tipos de edificações. A linha Unnion possui um perfil de bitola 20 milímetros o que faz com que este tipo seja mais fraco, principalmente as pressões do vento e caso seja instalada de maneira incorreta, estando fora da norma, sofreria algumas manifestações patológicas, causando danos as edificação e prejuízos aos utilizadores. Como se trata de uma linha de entrada, pode-se encontrar em obras de pequeno porte, visando um orçamento mais enxuto e também estão muito presentes em obras do tipo Minha Casa Minha Vida, que geralmente não são construções tão altas e devido a grande quantidade de esquadrias, ao utilizar esta linha é possível economizar um valor considerável na obra. A imagem a seguir (figura 45), mostra de forma mais detalhada como são os perfis da linha Unnion.

Figura 45 - Detalhe 3D, Linha Unnion.



Fonte: Catálogo Perfil Alumínio (2020).

A linha Ecoline 25, conta com um perfil de bitola 25 milímetros, sendo a linha intermediária da empresa Perfil Alumínio. Esta linha possui um ótimo custo / benefício, pois apresenta um valor mediano e um bom desempenho perante as normas. Encontra-se a Ecoline em obras de médio e até mesmo em alto padrão, pois é uma linha com design robusto e de confiança, contando com diversos modelos diferentes de esquadrias, possibilitando uma vasta gama de escolhas aos clientes. Produtos da linha Ecoline possuem um exclusivo sistema de vedação, com 4 vedações centrais, composto por guarnições e fitas de vedação, proporcionando

grande desempenho acústico e a estanqueidade. A figura 46, traz o detalhe em 3D dos perfis da Ecoline.

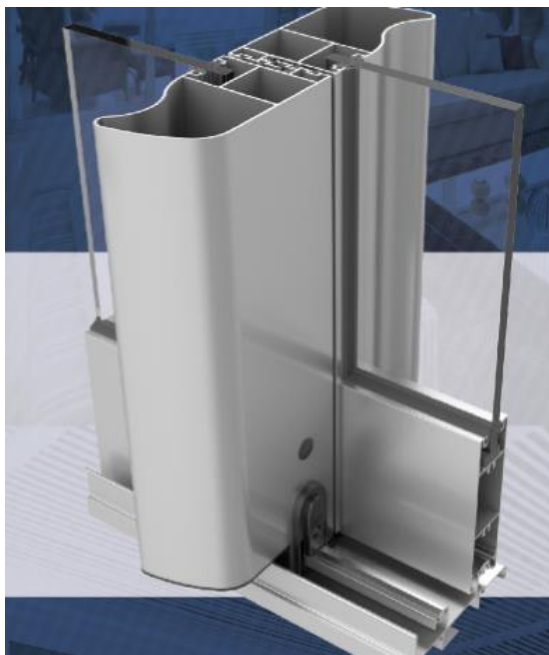
Figura 46 – Detalhe 3D, Linha Ecoline.



Fonte: Catálogo Perfil Alumínio (2020).

O sistema Chroma possui um perfil de 32 milímetros, sendo um perfil extremamente robusto, se tornando uma solução para esquadrias de alto padrão, tanto para obras verticais, como horizontais. Esta linha possui técnicas inteligentes e um acabamento premium a diferentes tipos de projetos, oferecendo uma grande liberdade a Arquitetos e Engenheiros a projetar grandes vãos de fechamentos por esquadrias. Esquadrias Chroma contam com tripla vedação o que faz com que ela seja muito diferenciada no mercado. Ela conta com guarnições e fitas de vedação, totalizando 6 vedações centrais, fora as 8 vedações que possui nos marcos laterais da esquadria, assim ela pode proporcionar uma ótima estanqueidade e isolamento acústico. Além disso o sistema Chroma atende perfeitamente as exigências das normas ABNT NBR 10821 (2017) e 15575 (2013), quando se trata do comportamento estrutural e esforços de uso, possuindo eficiência Classe A. Nota-se na figura 47, o perfil da linha Chorma, onde é possível observar seu tamanho maior em comparação aos perfis mostrados anteriormente.

Figura 47 - Detalhe 3D, Linha Chroma.



Fonte: Catálogo Perfil Alumínio (2020).

8.2 ENSAIO DE ACÚSTICA

De acordo com a norma ABNT NBR 15575-4 (2013), as esquadrias exercem várias funções e necessitam atender diversos requisitos, sendo um deles o desempenho acústico. O valor do desempenho acústico de uma esquadria varia muito, pois depende de vários fatores como: qualidade da obra, fabricação da esquadria, espessura do vidro implantado e instalação dos componentes.

Vendo a necessidade de complementar esse tema, foi feito em campo, uma análise acústica de esquadrias montadas em uma obra em fase de finalização. Para essa análise foram realizadas pesquisas em manuais, catálogos e dados fornecidos por fabricantes de alumínio. Assim, foi aplicado as pesquisas juntamente com os valores obtidos, buscando evidenciar se as normas técnicas estão sendo cumpridas pelos fabricantes.

A empresa responsável pela fabricação e montagem das esquadrias na obra é a Euro esquadrias de alumínio, localizada em Tubarão-SC e que prestou total suporte para a realização deste feito.

8.2.1 Execução do ensaio

A execução do ensaio foi feita em uma casa na praia de Itapirubá Norte, no município de Imbituba-SC, que de acordo com a NBR 15575-4 (2013), está classificada como classe de ruído I, sendo essa uma habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.

Para execução dos testes, foi utilizado um decibelímetro a fim de obter um resultado preciso, agregando mais valor ao trabalho. O decibelímetro é um instrumento projetado para realizar a medição dos níveis de pressão sonora, para ter conhecimento da intensidade de um som em determinado local. A figura 48 abaixo, mostra o instrumento utilizado no estudo.

Figura 48 – Decibelímetro usado no ensaio.



Fonte: Do autor (2021).

A esquadria para tal feito trata-se de uma janela de 3 folhas, sendo duas folhas com veneziana e uma folha com vidro 4mm, e com dimensões de 1500x1100mm (largura x altura) da linha Premium 25 da ALUMASA instalada em um quarto. Levou-se em consideração quatro cenários distintos para a implantação da análise, sendo eles:

- Janela totalmente aberta em condições normais;
- Janela totalmente fechada em condições normais;
- Janela totalmente aberta com atuação de barulho;
- Janela totalmente fechada com atuação de barulho.

Primeiramente, obteve-se os resultados das janelas em condições normais, sendo:

- Janela totalmente aberta: 45dBA.
- Janela totalmente fechada: 40dBA.

Como trata de uma habitação de classe de ruído I, não se obteve muita diferença nos valores para condições normais, tendo apenas 5dBA, devido a localidade estar em uma zona distante de ruídos de quaisquer naturezas.

Já para as condições com atuação de barulho, foi obtido valores com melhores considerações. Para a atuação de ruídos para a realização do teste, foi feito a simulação de trabalho externo usando uma furadeira de alto impacto, tendo assim os seguintes valores:

- Janela totalmente aberta: 83dBA.
- Janela totalmente fechada: 62dBA.

O ensaio teve como resultado uma redução de 21dBA para a situação apresentada, estando em conformidade com a norma.

A ABNT NBR 15575-4 (2013) faz exigências apenas para os dormitórios e diz que para habitações em classe de ruído I, deve ter um isolamento necessário ≥ 20 classificando como um nível de desempenho B, ficando entre o índice de redução sonora ponderada de $24 \leq R_w < 30$ (dB).

O quadro 14 abaixo, traz os valores do teste em suas determinadas situações de uso, obtidos no ensaio de acústica.

Quadro 14 - Resultados do ensaio.

Local: Itapirubá Norte	Dimensões: 1500x1100 (mm)
Condições do teste	Resultados (dBA)
Janela totalmente aberta em condições normais.	45dBA
Janela totalmente fechada em condições normais.	40dBA
Janela totalmente aberta com barulho externo.	83dBA
Janela totalmente fechada com barulho externo.	62dBA

Fonte: Do autor (2021).

8.2.2 Análise dos resultados do ensaio

O fechamento analisado trata-se de uma linha de esquadria intermediária, logo o resultado está dentro do esperado para a situação de testes. O perfil da esquadria estudada apresenta um tamanho de 2,5 cm ou 25mm, sendo ele um perfil que apresenta desempenho acústico considerável, por condizer de ser uma linha mediana. Também vale salientar que o tipo de vidro instalado na esquadria gera um grande impacto no resultado final e por ser um vidro comum de 4mm de espessura, acaba não sendo um bom isolante acústico. Outro ponto importante que vale salientar, se diz a respeito da tipologia da esquadria testada, que foi uma janela de correr contendo 3 folhas (2 venezianas e 1 vidro), deste modo, gera um número maior de frestas entre as folhas onde existe passagem do ar, logo o desempenho acústico também acaba sendo inferior.

Figura 49 – Esquadria testada totalmente fechada.



Fonte: Do autor (2021).

Figura 50 – Esquadria testada parcialmente aberta.



Fonte: Do autor (2021).

As figuras 49 e 50, mostram as esquadrias onde foram realizados os ensaios de acústica. Como pode ser observado, as esquadrias já se encontram instaladas corretamente, sem frestas ou erros de produção/instalação. Vale lembrar que a esquadria possui contramarco, o qual ajuda a ter melhores resultados quanto ao desempenho acústico.

Tratando-se de um desempenho de extrema importância para as esquadrias, a acústica deve estar de acordo com o que é pedido em norma, podendo assim, extrair melhor do

uso da esquadria. É importante deixar claro que, conforme a CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), as esquadrias fazem parte do sistema em um todo e não podem responder sozinhas pelo nível de atuação sonora em ensaios feitos in loco. Como a obra ainda está inacabada, após a finalização total, os valores de isolamento podem aumentar, oferecendo maior eficiência para a esquadria em questão.

9 CONCLUSÃO

O presente trabalho obteve como foco apresentar os principais modelos de esquadrias de alumínio, bem como seus requisitos mínimos de fabricação e instalação através das normas vigentes deste setor, a ABNT NBR 15575 (2013) e ABNT NBR 10821 (2017). Com o estudo detalhado das esquadrias de alumínio e suas normas, este trabalho pode contribuir com o setor da construção civil e das indústrias de esquadrias de alumínio. Como o uso das esquadrias de alumínio nas construções do Brasil ainda é recente, este estudo deve capacitar ainda mais quanto ao assunto, a fim de, buscar sempre inovações, padronização e aperfeiçoamento, garantindo assim uma grande evolução.

Tal tema é de grande relevância, tendo em vista que hoje no país é um assunto pouco falado nas universidades ligadas a construção civil, como Arquitetura e Engenharia Civil. Com isso, este trabalho pode ser de grande valia a esses futuros profissionais, possibilitando a eles entendimento às normas em relação as esquadrias de alumínio e as tipologias, deixando-os mais informados e garantindo projetos cada vez mais eficientes e normatizados.

De acordo com o resultado da pesquisa feita com estudantes e profissionais da Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo, as esquadrias ainda precisam ser mais difundidas na sociedade deste setor, pois as respostas mostram o baixo conhecimento em relação ao uso, aplicações e as normas de desempenho, e isso pode acarretar futuros problemas de comportamento nestes elementos.

O ensaio de acústica executado, trouxe importantes números, onde observa-se a importância do conhecimento tanto das normas, como do projeto de esquadrias, montagem e instalação, pois tudo isso gera impacto no desempenho acústico e caso seja feito da maneira correta, a esquadria irá ter seu desempenho mínimo de acordo com as normas.

Este trabalho também é proposto aos profissionais que já estão no mercado de trabalho das áreas da construção civil, oferecendo a eles uma atualização quanto ao conteúdo apresentado, com a intenção de capacitá-los ainda mais, ampliando seus conhecimentos e melhorando sua produtividade no trabalho.

É esperado que os leitores deste trabalho ampliem mais ainda o conhecimento das esquadrias de alumínio, bem como, seu uso; normas; tipologias; instalação; execução; cuidados pós instalação e mostre a eles todas as qualidades e deficiências do uso deste material.

REFERÊNCIAS

- REVISTA VIDRO & ALUMÍNIO – EDIÇÃO 002. São Paulo: **Guia do Vidro**, 2015.
Disponível em: <https://issuu.com/revistavidroaluminio/docs/rvea_002>. Acesso em 23 out. 2020.
- ECYCLE. **Os elementos mais abundantes da natureza**. Disponível em:
<<https://amp.ecycle.com.br/7134-turbinar-o-cafe/2614-gengibre-beneficios/no-mundo/4013-ferro>>. Acesso em 17 set. 2020.
- CBIC. **Esquadrias para edificações Desempenho e Aplicações**. Disponível em:
<https://cbic.org.br/wpcontent/uploads/2017/11/Guia_de_Esquadrias_para_Edificacoes_2017.pdf>. Acesso em 26 maio 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – **Características Químicas e Físicas**.
Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/caracteristicas-quimicas-e-fisicas/#:~:text=A%20leveza%20%C3%A9%20uma%20das,o%20metal%20de%20oxida%C3%A7%C3%B5es%20posteriores>>. Acesso em 17 set. 2020.
- _____. **Extrusão**. Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/extrusao/>>. Acesso em 16 set. 2020.
- _____. **Vantagens do Alumínio**. Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/vantagens-do-aluminio/>>. Acesso em 17 set. 2020.
- _____. **Construção Civil**. Disponível em: <<http://abal.org.br/aplicacoes/construcao-civil/>>. Acesso em 17 set. 2020.
- _____. **Automotivo e Transportes**. Disponível em:
<<http://abal.org.br/aplicacoes/automotivo-e-transportes/>>. Acesso em 22 set. 2020
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821-1**: esquadrias para edificações: parte 1 (Esquadrias externas e internas – Terminologia). Rio de Janeiro, 2017.
- _____. **NBR 10821-2**: esquadrias para edificações: parte 2: (esquadrias externas – requisitos e classificação). Rio de Janeiro, 2017.
- _____. **NBR 10821-3**: esquadrias para edificações: parte 3: (esquadrias externas – métodos de ensaio). Rio de Janeiro, 2017.
- _____. **NBR 10821-4**: esquadrias para edificações: parte 4: (esquadrias externas – requisitos adicionais de desempenho). Rio de Janeiro, 2017.
- _____. **NBR 10821-5**: esquadrias para edificações: parte 5: (esquadrias externas – instalação e manutenção). Rio de Janeiro, 2017.
- _____. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais – desempenho: parte 1: (requisitos gerais). Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 15575-4**: edificações habitacionais – desempenho: parte 4: (requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas). Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 7199**: vidros na construção civil: (projeto, execução e aplicações). Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO. **Apresentação do PSQ**. Disponível em: <<http://afeal.com.br/rev/sem-categoria/apresentacao-psq>>. Acesso em 04 out. 2020.

_____. **Uso vidros nas esquadrias**. Disponível em: <<http://afeal.com.br/rev/psq/noticias-psq/os-vidros-nas-esquadrias>>. Acesso em 29 out. 2020.

_____. **Esquadrias de Alumínio**. Disponível em: <<http://afeal.com.br/rev/institucional/esquadrias-de-aluminio>>. Acesso em 03 out. 2020.

ARCHGLASS. **Composição do vidro**. Disponível em: <<https://archglassbrasil.com.br/artigos/como-e-feito-o-vidro/>>. Acesso em 02 de março 2021.

INFOESCOLA. **Extrusão de Alumínio**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/industria/extrusao-de-aluminio/>>. Acesso em 16 set. 2020.

VIDRAÇARIA IDEAL. **Vidro Temperado**. Disponível em: <<https://www.vidronovo.com.br/vidro-temperado>>. Acesso em 01 nov. 2020.

_____. **Vidro Float**. Disponível em: <<https://www.vidronovo.com.br/vidro-float>>. Acesso em 01 nov. 2020.

_____. **Vidro Aramado**. Disponível em: <<https://www.vidronovo.com.br/vidro-aramado>>. Acesso em 01 nov. 2020.

_____. **Vidro Insulado**. Disponível em: <<https://www.vidronovo.com.br/vidro-insulado>>. Acesso em 01 nov. 2020.

_____. **Vidro Laminado**. Disponível em: <<https://www.vidronovo.com.br/vidro-laminado>>. Acesso em 01 nov. 2020.

RECICLOTECA. **Vidro: história, composição, tipos, produção e reciclagem**. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/vidro/>>. Acesso em 29 out. 2020.

ALUMÍNIO TUBARÃO. **Esquadrias**. Disponível em: <<http://aluminioestubarao.com.br/esquadrias/>>. Acesso em 25 maio 2021.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Esquadrias na construção civil**. Disponível em: <<https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/educacao/esquadrias-na-construcao-civil/40711>>. Acesso em 12 março 2021.

ALUMÍNIO BR. **Acústica**. Disponível em: <<http://aluminio.br.com.br/acustica/>>. Acesso em 14 maio 2021.

PERFIL ALUMÍNIO – **Linhas de alumínio - Unnion**. Disponível em: <<https://www.perfilaluminio.com.br/sistema/ununion/>> Acesso em 25 maio 2021.

_____. **Ecoline 2.5**. Disponível em: <<https://www.perfilaluminio.com.br/sistema/ecoline-2-5/>>. Acesso em 25 maio 2021.

_____. **Chroma**. Disponível em: <<https://www.perfilaluminio.com.br/sistema/sistema-chroma/>>. Acesso em 25 maio 2021.

PERFIL ALUMÍNIO – **Manuais Técnicos - Unnion**. Disponível em: <https://www.perfilaluminio.com.br/app/plugins/pdfjs-viewer-shortcode/pdfjs/web/viewer.php?file=https://www.perfilaluminio.com.br/app/uploads/2021/02/Catalogo_Tecnico_Unnion_Ed_3_Jun20-web.pdf&dButton=false&pButton=false&oButton=false&sButton=#zoom=auto&pagemode=none> Acesso em 12 maio 2021.

_____. **Ecoline 2.5**. Disponível em: <https://www.perfilaluminio.com.br/app/plugins/pdfjs-viewer-shortcode/pdfjs/web/viewer.php?file=https://www.perfilaluminio.com.br/app/uploads/2021/02/Catalogo_Tecnico-Ecoline_2.5_e_SGT-Ed_03_Jun20-web.pdf&dButton=false&pButton=false&oButton=false&sButton=#zoom=auto&pagemode=none>. Acesso em 12 maio 2021.

_____. **Chroma**. Disponível em: <https://www.perfilaluminio.com.br/app/plugins/pdfjs-viewer-shortcode/pdfjs/web/viewer.php?file=https://www.perfilaluminio.com.br/app/uploads/2021/02/Catalogo_Tecnico_Chroma_e_Club_Chroma_Ed_4_Jun20-web.pdf&dButton=false&pButton=false&oButton=false&sButton=#zoom=auto&pagemode=none>. Acesso em 13 maio 2021.