



Estudo comparativo do desempenho acústico de esquadrias de PVC e de alumínio

Comparative study of the acoustic performance of PVC and aluminum frames

FERRARESE, Paula Coloretti¹; AMARIO, Mayara²; STOLZ, Carina Mariane³
paulacferrarese@gmail.com¹; mayara_amario@poli.ufrj.br²; carinastolz@poli.ufrj.br³.

¹Engenheira Civil especialista em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civas.

²D.Sc. em Engenharia Civil, Professora do Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica, UFRJ

³D.Sc. em Engenharia Civil, Professora do Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica, UFRJ

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Desempenho acústico

Esquadrias de alumínio

Esquadrias de PVC

Keywords:

Acoustic performance

Aluminum frames

PVC frames

Resumo:

O ruído sonoro é um dos principais fatores poluentes no ambiente. Atualmente, esquadrias de alumínio dominam o segmento nacional, já as esquadrias de policloreto de vinila (PVC), estão conquistando cada vez mais espaço. O objetivo deste estudo foi comparar o desempenho acústico de esquadrias de PVC e alumínio. A pesquisa consistiu em uma revisão sistemática, na qual foram analisados resultados de ensaios acústicos, de pesquisas científicas e catálogos técnicos de fornecedores. Os resultados obtidos evidenciaram a importância da escolha da tipologia da esquadria, independente do seu material, destacando que a janela com persiana integrada quando em situação de persiana estendida, apresentou resultados superior às situações de persiana recolhida ou janelas sem persiana. Os vidros laminados e insulados também apresentaram melhor desempenho acústico em comparação aos vidros comuns. Não foi possível identificar superioridade acústica em um dos materiais, mas pôde-se constatar uma tendência de esquadrias de PVC apresentarem maiores valores de índice de redução sonora ponderado (R_w).

Abstract

Noise is one of the main polluting factors in the environment. Nowadays, aluminum windows dominate the national segment, and polyvinyl chloride (PVC) windows are gaining more and more space. The objective of this study was to compare the acoustic performance of PVC and aluminum windows. The research consisted of a systematic review, which analyzed results from acoustic tests, scientific researches and technical catalogs from suppliers. The results obtained showed the importance of choosing the type of window, regardless of its material, highlighting that the window with integral blinds, when used with extended blind situation, showed better results than those with retracted blinds or windows without blinds. Laminated and insulated glass also performed better acoustically than annealed glass. It was not possible to identify acoustic superiority in one of the materials, but it was possible to see a tendency for PVC windows to have higher weighted sound reduction index (R_w) values.

1. Introdução

O ruído sonoro emerge como um dos principais fatores poluentes no ambiente, ocupando a segunda posição, somente atrás da poluição do ar. Níveis sonoros a partir de 50 dB são associados a efeitos adversos à saúde humana, variando desde estresse até impactos mais severos, como perda auditiva e doenças cardiovasculares, com sua gravidade determinada pela intensidade e duração da exposição ao ruído. Como exemplo ilustrativo, é pertinente mencionar que o trânsito em ambientes urbanos pode gerar emissões sonoras em torno de 80 dB, com o som das buzinas alcançando até 100 dB [1].

Em um projeto arquitetônico, as esquadrias desempenham um papel crucial como parte integrante da envoltória edificada. Elas têm a responsabilidade primordial de vedar as aberturas, englobando portas, janelas e fachadas envidraçadas. Ao longo dos anos, as tipologias, as tecnologias construtivas e os materiais empregados nesses elementos evoluíram em resposta às necessidades humanas de conexão entre os espaços internos e externos, manifestando as interações subjacentes às trocas acústicas, luminosas e térmicas entre esses dois ambientes [2].

No contexto do desempenho acústico, as esquadrias representam os elementos menos isolantes no conjunto de uma fachada. A negligência na especificação, fabricação e/ou instalação desses componentes resulta em uma redução ainda mais acentuada na capacidade de atenuação sonora, o que pode acarretar desconforto aos ocupantes do ambiente. O sistema de fachada de uma edificação, usualmente composto por paredes e esquadrias, é encarregado de garantir o atendimento aos requisitos mínimos de desempenho acústico, conforme o contexto do ambiente (privado ou social) e o nível de ruído proveniente do entorno do empreendimento [3].

A transmissão dos sons provenientes do exterior para o interior da edificação por intermédio das esquadrias é influenciada por uma gama de fatores dependentes das

especificações, incluindo a tipologia da esquadria, seu material estrutural e de isolamento, o tipo de vidro e o método de instalação [4].

O processo de especificações das mesmas em um projeto, se fundamenta exclusivamente nas demandas dos usuários. Dentro desse contexto, esquadrias fabricadas em aço, madeira, alumínio ou policloreto de vinila (PVC) podem satisfazer as exigências de desempenho estipuladas pelas normas vigentes, contudo, tal conformidade requer uma concepção orientada a tal propósito [5]. A NBR 15575, nomeada “Edificações habitacionais - Desempenho”, composta de seis partes, orienta não apenas os níveis de desempenho que os sistemas integrantes de uma edificação devem alcançar, mas também os critérios abrangendo qualidade e segurança [6].

Na fase preliminar de concepção do projeto, estabelecem-se as premissas quanto ao desempenho futuro da edificação, atentando os sistemas envolvidos a se adequar ao patamar de desempenho escolhido [7]. Tais especificações devem estar muito bem esclarecidas entre o comprador e o fornecedor na etapa de aquisição técnica do sistema de esquadrias.

No mercado atual brasileiro, o alumínio ainda é o material mais utilizado, porém no últimos 10 anos o PVC surgiu de modo mais participativo, uma vez que, as esquadrias de PVC representam uma tecnologia já consolidada em outros países, principalmente na Europa [8].

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi comparar o desempenho acústico superior das esquadrias de PVC e de alumínio. A busca por ensaios acústicos e análise dos resultados, consistem no método utilizado.

2. Metodologia

A metodologia de pesquisa adotada é uma revisão sistemática com metanálise, na qual foram selecionados artigos científicos e monografias publicadas que apresentam

resultados de ensaios acústicos de campo e laboratório para esquadrias de tipologias: folhas de giro, maxim-ar, oscilo-batente e deslizantes com e sem persiana integrada. A busca foi realizada na plataforma Google Acadêmico, aplicando um processo de triagem através da leitura do resumo e posterior busca pelos dados apresentados. Não foram consideradas as pesquisas com resultados de fontes comerciais ou sem embasamento normativo. Filtros de busca aplicados em todas as pesquisas: período de publicação de 2017 até 2023, ordenamento por relevância, páginas em apenas em português e publicações de qualquer tipo.

A busca por publicações foi iniciada na plataforma utilizando as palavras-chave 'esquadrias' e 'PVC', com os filtros acima descritos aplicados. Como resultado dessa, identificou-se na primeira página de busca o artigo intitulado *Análise comparativa do desempenho acústico de sistemas de fachada com esquadrias de PVC com persiana e diferentes tipos de vidros em ensaios de laboratório* [9]. Na quarta página da mesma busca, a monografia *Avaliação do conforto acústico no setor de maternidade de um hospital de Juiz de fora – MG* [10]. Na quinta página, o artigo *Custo para o atendimento do desempenho acústico em sistemas de vedações horizontais conforme NBR 15575* [11].

Posteriormente, a pesquisa foi ampliada com a inclusão das palavras 'ensaio' e 'acústica' para o mesmo período de publicação. A primeira página da busca resultou na identificação dos artigos *Desempenho acústico de esquadria de alumínio com melhorias na caixa de persiana* [4] e *Influência das esquadrias e da geometria do ambiente no desempenho acústico de vedações verticais em edifícios* [12].

Por fim, foi realizada uma última busca utilizando as palavras-chave 'esquadrias', 'alumínio' e 'acústico' para o período de publicação selecionado. A primeira página de resultados desta, decorreu na identificação do trabalho denominado *Análise do Desempenho Térmico e Acústico de Elementos e Esquadrias*

com Diferentes Configurações [13]. As publicações selecionadas foram posteriormente submetidas a uma análise crítica e comparativa, fornecendo contribuições essenciais para a compreensão do desempenho acústico das esquadrias de PVC e alumínio.

Além da pesquisa realizada no Google Acadêmico, foram obtidos relatórios de ensaios de avaliação sonora, baseados nas normas ISO 140-3 e ISO 717-1, por meio de um contato direto com os fornecedores de sistemas de perfis de esquadrias de PVC e alumínio. Essa abordagem permitiu a coleta de dados específicos de desempenho acústico provenientes das empresas A e B, que são renomadas no setor.

De forma a complementar a coleta de dados de sistemas de PVC, foram obtidos resultados de ensaios de esquadrias diretamente no site dos fornecedores e seus parceiros, nomeadas como empresa C, D e E.

Os relatórios de ensaio forneceram informações detalhadas sobre os níveis de isolamento sonoro oferecidos pelas esquadrias de PVC e alumínio em diferentes frequências, conforme estabelecido pelas normas ISO pertinentes. Esses dados foram fundamentais para enriquecer a análise comparativa dos resultados do estudo.

3. Revisão de Literatura

3.1 Esquadrias de Alumínio

As esquadrias de alumínio surgiram no Brasil na década de sessenta e dominam os segmentos residencial e comercial, representando hoje mais de 20% da produção total de esquadrias no país. Tamanho uso desse material é justificado pelas características que ele proporciona às esquadrias, como, leveza, durabilidade, resistência estrutural, resistência à corrosão, estética agradável, baixa manutenção, dentre outras [14].

O material das esquadrias comumente chamado de “alumínio”, é de fato, uma liga metálica de média resistência, especialmente

da série 6060-T5, composta principalmente por alumínio, magnésio e silício, nesta ordem. Esses dois metais adicionados ao alumínio, garantem bom desempenho técnico em relação ao comportamento estrutural das peças, além de elevada resistência à corrosão [15].

O processo de fabricação dos perfis se dá por meio da extrusão de tarugos, quando prensados e introduzidos através de matrizes, formam os perfis de alumínio. Após, é aplicado tratamentos de superfície como anodização, jateamento ou pintura eletrostática em pó, que garantem padronização estética mesmo em condições ambientais agressivas [15].

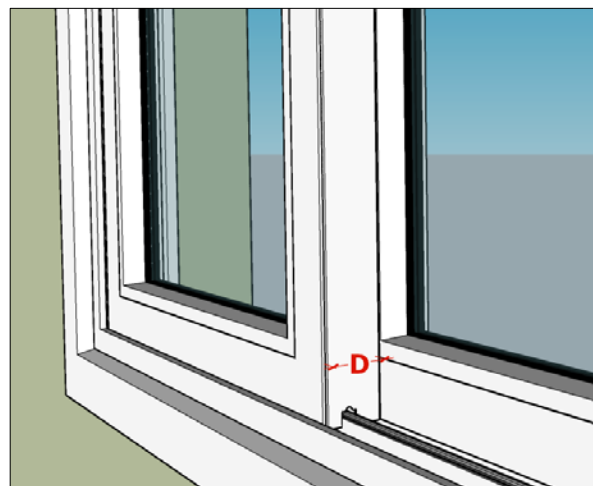
A Norma NBR 10821-2 exige que os perfis de alumínio, para a industrialização de esquadrias, estejam protegidos por anodização ou pintura, não permitindo a utilização em sua superfície natural. A mesma, também menciona a utilização de parafusos em aço inoxidável austenítico ou de outros materiais, desde que atendam a classe de desempenho 4 da norma europeia BS EN 1670 que trata sobre resistência à corrosão dos materiais de construção, ou seja, com resistência à corrosão muito alta e aplicabilidade em localidades de poluição industrial e zona costeira [9,10].

O processo fabril das esquadrias alumínio contempla as seguintes etapas: cortes, marcações, usinagem, montagem e instalação. Os três primeiros estágios são similares em ambos os materiais. Na montagem, a união dos perfis de alumínio ocorre por rebites e parafusos. Na instalação, o sistema possibilita o uso de contramarco, acessório chumbado na alvenaria, que garante maior estanqueidade dos marcos [18].

As indústrias produtoras de esquadrias podem dispor de sistemas construtivos próprios ou desenvolvidos por extrusoras, produtores de alumínio primário ou comerciantes de perfis. Tais sistemas são classificados por “Linhas”, que se referem à dimensão “D” do perfil da folha. As Linhas convencionais dos perfis de alumínio são das séries 20, 25, 28, 30 ou 42, que representam a medida de 20 mm até 42 mm, sendo a Linha

20 mais esbelta e com isso atende a dimensões de esquadrias menores, e a Linhas 42 a mais robusta, atendendo à vãos maiores de esquadrias, normalmente de alto padrão [15].

Figura 1- Localização da dimensão “D” dos perfis de alumínio



Fonte: Autor

3.2 Esquadrias de PVC

O PVC possui cerca de 70% da demanda mundial destinada à construção civil, com principal aplicação na indústria de tubos e conexões. No segmento de esquadrias, o material domina os mercados norte americano e europeu há mais de 20 anos. Já no Brasil, as esquadrias fabricadas em PVC ainda representam uma pequena parcela quando comparadas com outros materiais como aço, madeira e alumínio [19].

O termoplástico PVC, Policloreto de vinila, possui 57% de seus insumos provenientes de sal marinho, salgema ou cloreto de sódio, e 43% de petróleo e gás natural. O cloro presente em sua composição garante ao polímero alta resistência à propagação de chamas e alta compatibilidade à aditivos, possibilitando formulações para diversas aplicações, além de atuar como um marcador, facilitando a separação e posterior reciclagem dos resíduos [20].

No composto para extrusão de perfis de esquadrias, são adicionados copolímeros graftizados de cloreto de vinila e etileno/acetato de vinila ou cloreto de vinila com acrilatos, afim de aumentar a resistência

mecânica e ao intemperismo. O dióxido de titânio também está presente na composição, por possuir pigmentação branca e melhorar a resistência às intempéries [20].

A produção dos perfis de esquadrias de PVC, assim como de alumínio, ocorre por extrusão do composto fundido por uma matriz. A coloração pode ser obtida através de pigmentos, realizando a co-extrusão de uma camada de poli (metil metacrilato) - PMMA, ou por laminação de superfície, proporcionando também diferentes texturas [21].

Devido à baixa rigidez do PVC, faz-se necessária a utilização de reforços metálicos, geralmente em aço galvanizado, na câmara dos perfis [21]. A Norma NBR 10821-2 aponta que as esquadrias de PVC devem seguir as normas BS EN 12608 e BS 7412 [17].

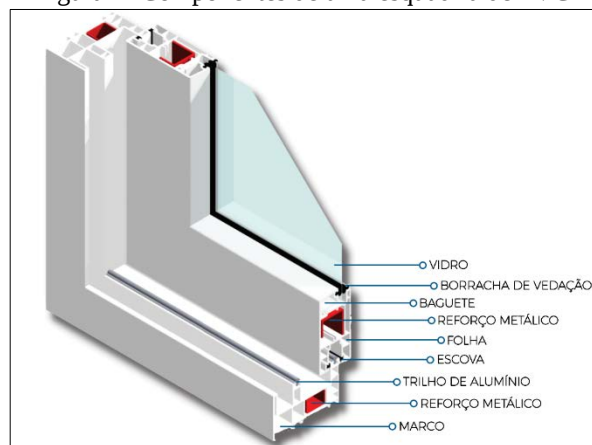
A norma europeia BS EN 12608, regulamenta os perfis de PVC destinados à fabricação de portas e janelas, visando garantir a qualidade, a durabilidade e o desempenho adequado desses elementos em construções. Esses elementos são classificados por zonas climáticas de aplicação, resistência ao impacto de corpo livre e espessura de parede de perfil. Também, é especificado o material quanto à resistência aos raios ultravioleta, sua aparência, dimensões e peso, dilatação térmica, comportamento ao calor acima de 150 °C e resistência a intempéries, além de especificar os testes e métodos de aplicações [22].

Já a norma britânica BS 7412, aborda requisitos e métodos de ensaio para sistemas de portas e janelas envidraçadas. Nela são especificados critérios de desempenho para a resistência e durabilidade das esquadrias, incluindo aspectos relacionados à integridade estrutural, estanqueidade e funcionalidade [23].

O Processo de fabricação das esquadrias de PVC diverge das esquadrias de alumínio principalmente nas etapas de montagem e instalação. A montagem dos caixilhos em PVC contempla a parafusação dos reforços metálicos na câmara do perfil, soldagem das

peças e limpeza de rebarba [21]. Sobre a instalação, as bibliografias já mencionadas [19], [20], [21] e [22], não citam a possibilidade de utilização de contramarco nas esquadrias de PVC.

Figura 2- Componentes de uma esquadria de PVC



Fonte: Vertrauen [24]

As esquadrias deste material, assim como no alumínio, também são classificadas em Linhas, sendo as mais comuns das séries 42 e 60, apresentando variações específicas de cada importador ou indústria extrusora.

3.3 Índice de redução sonora ponderado (R_w)

O índice de redução sonora ponderado, também conhecido como R_w , é uma medida que avalia a capacidade de um material ou elemento construtivo reduzir a transmissão de som de um ambiente para outro. Ele é amplamente utilizado para quantificar o isolamento acústico de materiais de construção, como esquadrias, paredes, pisos e tetos, em relação à atenuação de ruídos [16, 17].

O valor de R_w é expresso em decibéis (dB) e determinado por meio de ensaios de laboratório descritos nas normas ISO 10140-2, ISO 717-1 e ASTM E90, referências internacionais amplamente utilizadas para determinar a classificação do isolamento sonoro de materiais e elementos construtivos. Esses ensaios medem a diferença entre a intensidade sonora incidente e a intensidade sonora transmitida através do material ou elemento em análise [16, 17].

3.4 Desempenho acústico

O desempenho acústico refere-se à capacidade de um elemento construtivo, espaço ou sistema reduzir a transmissão de som entre diferentes ambientes, proporcionando um ambiente interior mais tranquilo e confortável. Essa capacidade é avaliada por meio de testes de laboratório que medem a absorção sonora, a isolamento sonora e outros aspectos relacionados ao som [7].

A norma de desempenho, NBR 15575 [6], define o desempenho como a capacidade dos sistemas e elementos construtivos de controlar os ruídos aéreos internos e externos, garantindo o conforto acústico dos moradores. Ela ainda estabelece diversos critérios de desempenho acústico para diferentes ambientes e situações, tais como:

- a) Isolamento a ruídos aéreos, que avalia a capacidade de um elemento construtivo (parede, piso, teto, etc.) em reduzir a transmissão de sons aéreos de um ambiente para outro;
- b) Isolamento a ruídos de impacto, que avalia a capacidade de um piso em reduzir a transmissão de ruídos causados por impactos, como passos e queda de objetos;
- c) Absorção sonora, que avalia a capacidade de materiais ou elementos de absorverem parte do som, contribuindo para reduzir a reverberação em ambientes internos;
- d) Isolamento a ruídos de instalações, que avalia a capacidade de sistemas de instalações (hidrossanitárias, elétricas, etc.) em reduzir a transmissão de ruídos provocados pelo funcionamento dessas instalações;
- e) Isolamento a ruídos de fachada, que avalia a capacidade de fachadas de edifícios em reduzir a transmissão de ruídos externos para o interior das unidades habitacionais.

Tais critérios visam garantir um ambiente habitacional acusticamente confortável, minimizando a interferência de ruídos indesejados que possam afetar o bem-estar dos moradores [6].

Os documentos técnicos brasileiros vigentes que regulamentam as esquadrias, propõem garantir ao usuário a utilização de produtos em circunstâncias iguais ou acima do desempenho mínimo [17]. Nesse contexto, a palavra “desempenho” está relacionada ao comportamento do produto, em condições normais, durante o seu uso [27].

Tabela 1- Níveis de desempenho das esquadrias

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

Fonte: Adaptado de ABNT [28]

3.4.1 ABNT NBR 10821

A norma NBR 10821 [25], composta por seis partes, rege em termos gerais, as esquadrias para edificações. A parte 1, intitulada “Esquadrias externas e internas- Terminologia”, define os termos utilizados na classificação das esquadrias e nomenclaturas de suas composições. No presente trabalho, são analisadas esquadrias de correr, caracterizadas pelo deslizamento horizontal de suas folhas no plano da esquadria, assim como, esquadrias integradas, formadas por sistema de persiana de enrolar em conjunto com a esquadria de correr.

Na segunda parte da NBR 10821, nomeada “Esquadrias externas- Requisitos e classificação”, são abordadas as exigências de desempenho das esquadrias, de acordo com seus respectivos materiais de fabricação, no que diz respeito à: permeabilidade do ar, estanqueidade à água, resistência às cargas uniformemente distribuídas, resistência ao manuseio, manutenção da segurança durante operações de manuseio e resistência à corrosão [17].

A parte 3 da NBR 10821, “Esquadrias externas e internas- Métodos de ensaio”, especifica ensaios para avaliar o desempenho

e classificar as esquadrias conforme as especificações da NBR 10821-2 [29].

Os desempenhos térmico e acústico, são especificados na quarta parte da norma, “Parte 4: Esquadrias externas- Requisitos adicionais de desempenho”, que apesar de eleger o desempenho acústico como adicional, salienta que a sua verificação é obrigatória. A análise é realizada baseada nos ensaios de isolamento sonora das esquadrias, especificados pela norma internacional ISO 10140 *Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements*. Estes ensaios, resultam no índice de redução sonora ponderado (R_w) da esquadria, permitindo classificar quanto ao desempenho acústico nos níveis “D” à “A”, sendo “D” o pior comportamento acústico e “A” o melhor e mais isolante acusticamente. [28].

A classificação obtida quanto ao desempenho acústico da esquadria, assim como o valor de R_w , espessura e tipologia de vidro, devem constar na etiqueta da esquadria, catálogo, projeto ou certificado do produto [28].

3.4.2 ABNT NBR 15575

A norma NBR 15575 [6], formada por cinco partes, estabelece requisitos que devem ser cumpridos por uma habitação, com base no uso dos produtos e serviços que a compõem, mantendo o desempenho pretendido predeterminado.

A quarta parte da NBR 15575 avalia os sistemas de vedações verticais externos, apresentando critérios de verificação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades habitacionais e entre cômodos de uma unidade e áreas comuns. As vedações são analisadas com base nos parâmetros: índice de redução sonora ponderado (R_w), diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nT,w}$) e diferença padronizada de nível ponderada a dois metros de distância da fachada ($D_{2m,nT,w}$) [26].

O parâmetro $D_{nT,w}$, assim como o R_w , qualifica o elemento quanto ao seu desempenho na atenuação acústica. A

diferença entre eles se dá em seu modo de obtenção, enquanto o $D_{nT,w}$ é extraído em campo, o R_w é obtido em laboratório, dessa maneira, é comum notar valores de $D_{nT,w}$ menores que de R_w para um mesmo elemento, uma vez que estes dependem das condições de contorno e execução dos sistemas [21, 22].

O indicador $D_{2m,nT,w}$, utilizado na análise das fachadas, representa a capacidade de redução de incidência sonora no interior de uma edificação, emitida por uma fonte externa, distante dois metros da fachada. Desse modo, o isolamento acústico da fachada (vedação vertical externa), é obtido na análise do conjunto de elementos que a compõem, esquadria e parede, no qual, elevados valores de $D_{2m,nT,w}$ caracterizam fachadas com significativa atenuação de ruído aéreo [21, 22].

Os requisitos de verificação do desempenho acústico apresentados pela NBR 15575-4 avaliam os dormitórios das unidades habitacionais, adotando valores mínimos de $D_{2m,nT,w}$, em função do entorno da residência [26].

Tabela 2- Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa de dormitório

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

Fonte: Adaptado de ABNT [27]

4. Análise comparativa entre as esquadrias de PVC e as de alumínio

Foram reunidos 45 resultados de ensaios acústicos para análise, com uma distribuição equilibrada entre as fontes. Dentre esses

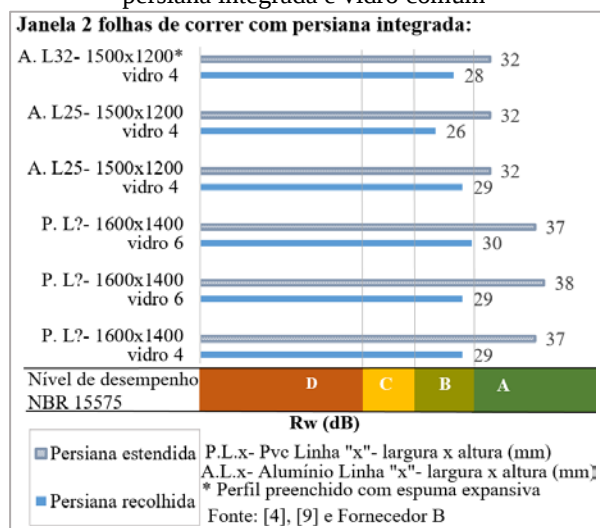
resultados, 22 deles são oriundos de artigos científicos, enquanto os outros 23 foram obtidos em catálogos técnicos dos fornecedores. Em todo o conjunto de amostras, 40% representam as esquadrias de PVC e 60% representam as esquadrias de alumínio. Procedeu-se com a organização dos dados para posterior análise detalhada, com as amostras segmentadas por tipologia e configuração de vidro.

4.1 Janelas com persiana integrada

A análise dos resultados das esquadrias com persiana integrada consistiu na comparação das opções de material, ou seja, esquadrias de PVC e alumínio, considerando as situações de persiana estendida e recolhida, bem como a especificação do vidro utilizado nas amostras ensaiadas. Em um primeiro momento foram analisadas apenas as janelas com persiana integrada com vidros comum, 4mm e 6mm.

A Figura 3 apresenta os valores de R_w (dB) para janelas de duas folhas com persiana integrada e vidro comum.

Figura 3- R_w (dB) de janelas duas folhas de correr com persiana integrada e vidro comum



Fonte: Autor

As amostras foram nomeadas de acordo com a legenda apresentada nas Figuras 3, 4, 5 e 6. A primeira letra representa 'A.' para alumínio e 'P.' para PVC, seguida da letra L e um número que corresponde a Linha da

esquadria. Em amostras que não apresentaram alguma informação, a mesma foi substituída por '?'.

Ao comparar as duas situações de persiana nas esquadrias, se observou uma tendência de melhor isolamento acústico quando a persiana estava fechada (persiana estendida). Isso se mostrou evidente ao analisar os valores de R_w , onde janelas com persiana estendida, independente do material, demonstraram vantagem em termos de redução da transmissão sonora em comparação com as persianas recolhidas. Os resultados de ambas as situações, apresentaram R_w semelhante, ao analisar de modo isolado as situações das amostras de PVC e de alumínio, com exceção de uma janela de alumínio que apresentou 26 dB de atenuação acústica para situação de persiana recolhida.

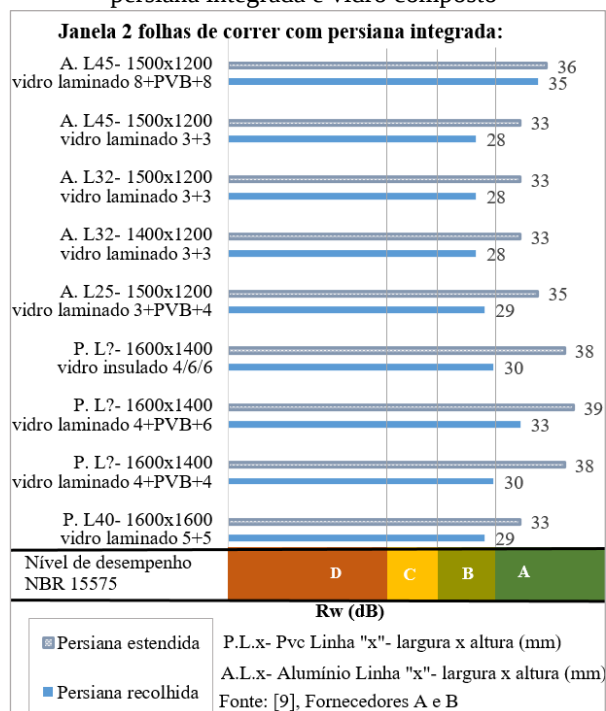
A tendência observada entre PVC e alumínio sugere que a ação de fechar a persiana tem um impacto positivo no isolamento acústico, independente do material da esquadria e da persiana. Tal resultado já era esperado, uma vez que, a persiana representa um obstáculo a mais para a passagem das ondas sonoras, formando um sistema composto do tipo massa-mola-massa. Tal sistema é formado pela persiana (massa), o espaço vazio entre a persiana e as folhas de vidro da janela (mola) e as folhas da janela (massa), compostas de vidro e perfis. Os sistemas compostos desse tipo, massa-mola-massa, costumam apresentar maiores atenuações acústicas, pois a descontinuidade dos meios de transmissão resulta na conversão da energia sonora em calor e consequentemente maior isolamento acústico [31].

Em relação as amostras de alumínio ensaiadas de janelas com persiana integrada e vidro comum, duas delas que representam a mesma bitola de perfil (linha 25mm), mesmas dimensões e especificação de vidro, resultaram em valores diferentes de R_w com persiana recolhida. Tal variação pode ser explicada por estas apresentarem diferentes sistemas, com seções de perfis e encaixes distintos, ou até

mesmo diferentes condições de instalação ou de ensaio.

Em um segundo momento foram analisadas, de forma isolada, as janelas com persiana integrada dotadas de vidros compostos, laminados e insulados. Estas, também apresentaram melhora acústica em persianas estendidas em relação às situações de persiana recolhida, como mostra na Figura 4.

Figura 4- R_w (dB) de janelas duas folhas de correr com persiana integrada e vidro composto



Fonte: Autor

Posteriormente, para enriquecer a análise, expandiu-se a investigação para considerar o impacto do tipo de vidro nas configurações das esquadrias. Dentro do leque de tipos de vidro utilizados, o vidro laminado com PVB (polivinil butiral) mereceu especial atenção. O PVB, que é frequentemente utilizado para melhorar a absorção de som em vidros laminados, atua como uma camada viscoelástica que absorve e dissipa a energia sonora que atinge o vidro e representa o papel de mola em um sistema massa-mola-massa, contribuiu para o isolamento acústico aprimorado. Tal contribuição foi percebida

principalmente nas esquadrias de alumínio em situação de persiana estendida.

Por sua vez, os vidros comuns, aqueles que não possuem camadas intercaladas ou características especiais para melhorar o isolamento acústico, apresentaram um desempenho intermediário, com valores de R_w que estão na faixa média da tabela. Comparados aos vidros laminados sem PVB, os vidros comuns ofereceram um nível de isolamento acústico mais limitado.

Fazendo uma analogia com a norma de desempenho [26], ao enquadrar os valores de isolamento acústico obtidos nas janelas integradas ensaiadas, notou-se que todas amostras atenderam aos requisitos estabelecidos para proporcionar um ambiente interno com níveis adequados de conforto acústico. Observou-se também que todas as janelas com persiana estendida, independentemente do material e vidro utilizado, obtiveram nível "A" de desempenho, apresentando R_w igual ou superior a 30 dB.

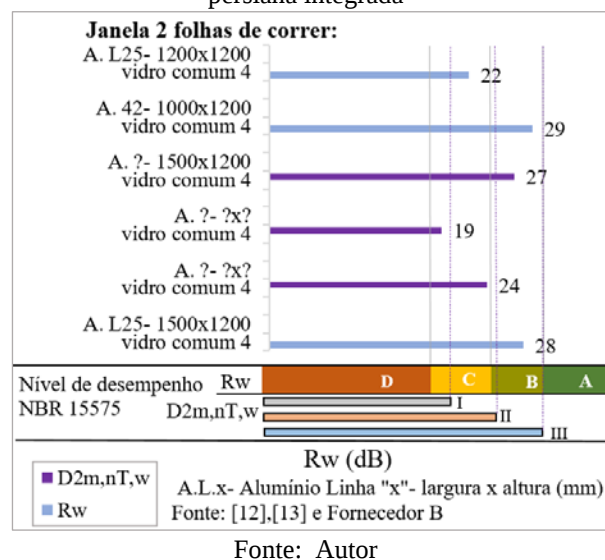
Da mesma forma, a maior parte das esquadrias ensaiadas com a persiana recolhida enquadraram-se no nível de desempenho "B", apresentando R_w dentro da faixa de 24 a 29 dB. Aquelas dotadas de vidros laminados do tipo 4+PVB+4 (vidro 4mm+PVC+vidro 4mm) ou espessuras superiores e vidros insulados do tipo 4/6/6 (vidro 4mm/ câmara de ar 6mm/ vidro 4mm), obtiveram nível de desempenho "A" para ambas situações de persiana.

4.2 Janelas sem persiana integrada

O estudo dos resultados das janelas sem persiana integrada foi conduzido da mesma maneira, inicialmente isolando as situações de vidros comum, que apresentaram apenas amostras de janelas de alumínio.

A Figura 5 apresenta os valores de R_w (dB) para as janelas de duas folhas com vidros comuns 4 mm.

Figura 5- R_w (dB) de janelas duas folhas de correr sem persiana integrada



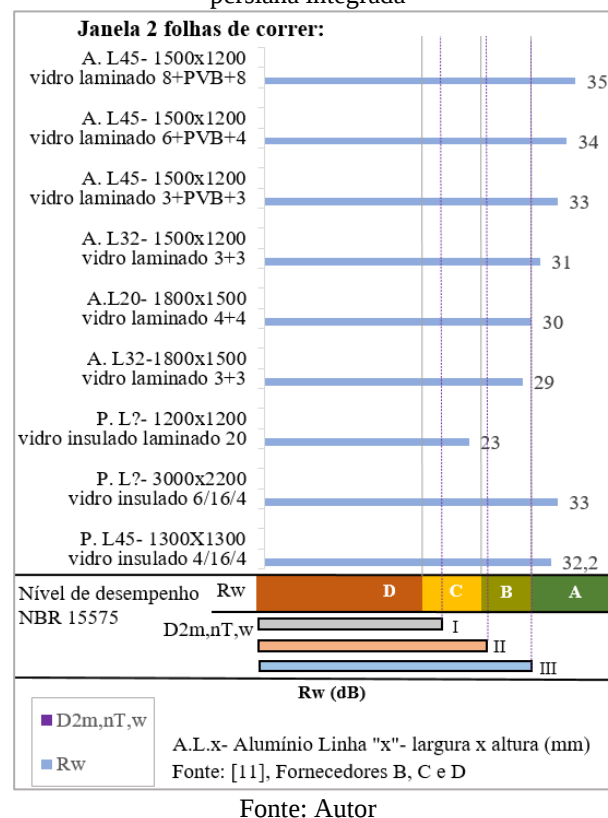
Ainda na Figura 3, além dos resultados de R_w , também são apresentados resultados de $D2m,nT,w$ obtidos em documentos científicos que analisaram o conjunto de vedação externa composto de esquadria e parede. Para este índice, são considerados outros enquadramentos na NBR 15575, denominados Classe I, II e III [26].

Três amostras de vedação externa foram ensaiadas, uma delas não atingiu o valor mínimo de 20 dB, portanto não está apta a ser utilizada em dormitórios em nenhuma circunstância. Outra amostra que apresentou atenuação de 24 dB, pode ser utilização em situações de Classe II. Dessa maneira, apenas uma amostra que apresentou resultado de 27 dB, pode ser utilizada em dormitórios enquadrados em qualquer uma das três classes.

Os resultados dos ensaios das janelas duas folhas com vidros comuns que apresentaram o índice R_w , se enquadraram nos níveis B e C da norma de desempenho [26].

Posteriormente foram analisadas as janelas duas folhas sem persiana integrada compostas de vidros laminados e insulados, com os resultados ilustrados na Figura 6.

Figura 6- R_w (dB) de janelas duas folhas de correr sem persiana integrada



De modo geral, estas apresentaram resultados melhores daquelas de vidro comum, com a maior parte das amostras enquadradas no nível de desempenho "A" da norma, com exceção de uma janela de PVC, que não apresentou maiores detalhes da configuração de vidro utilizado.

A esquadria de alumínio da linha 45mm e vidro composto por duas lâminas de vidro 8mm separadas por uma camada de polivinil butiral (8+PVB+8) resultou na maior atenuação acústica, registrando índice de atenuação sonora de 35 dB. A segunda esquadria com melhor desempenho também é de alumínio, linha 45mm e vidro 6+PVB+4. Por outro lado, o terceiro melhor resultado foi apresentado por uma esquadria de PVC, linha não informada, vidro insulado 6/16/4 e dimensão relativamente maior as demais amostras (3000mmx2200mm) caracterizando uma porta janela.

É importante salientar que, apesar de ambas as esquadrias de alumínio apresentaram

os dois melhores resultados de atenuação acústica, a falta de um ensaio de uma esquadria de PVC com o mesmo tipo de vidro e dimensões, impede a conclusão acerca do desempenho superior da esquadria de alumínio. Ademais, as esquadrias de PVC com vidro insulado apresentaram consistentes resultados de R_w , validando o bom desempenho do sistema esquadria de PVC com vidro insulado. Adicionalmente, foi observado que o aumento das dimensões da esquadria de PVC não comprometeu seu desempenho acústico, o que sugere a viabilidade de isolamento sonoro em vãos maiores.

4.3 Analogia com outras pesquisas

Os resultados da análise desta pesquisa foram confrontados com análises anteriores realizadas por diferentes pesquisadores que abordaram semelhantes temas de investigação.

Nas conclusões do estudo [32], os autores relataram certa discrepância em relação ao impacto do tipo de material e composição das esquadrias no seu desempenho acústico, afirmando que o PVC possui menor índice de condução, absorção e propagação de som em comparação com o alumínio, conferindo-lhe uma superioridade na eficiência acústica. Em concordância a esta pesquisa, observou-se uma tendência das esquadrias de PVC, na tipologia de persiana integrada, apresentarem maior resultado de desempenho acústico.

Para a tipologia de janela duas folhas de correr sem persiana, é pertinente assinalar que uma ampliação no número de amostras de ambas as categorias de esquadrias se faz necessária a fim de corroborar de forma mais significativa a superioridade de um dos materiais em questão.

A partir da análise dos resultados obtidos no estudo [13], no qual se concentrou na avaliação das características acústicas e térmicas de diversas configurações de esquadrias de alumínio e vidros, destaca-se que esquadrias com perfis mais substanciais apresentam valores superiores de R_w , indicador de isolamento acústico.

No mesmo contexto, os autores da pesquisa [13] também constataram que as tipologias das esquadrias exercem uma influência significativa na atenuação acústica, conferindo uma melhoria de desempenho da ordem de 5% para as esquadrias oscilobatentes, quando confrontadas com as janelas de correr de 2 folhas, sob condições equivalentes de configuração de vidro, dimensões e perfis. Tal teoria, em partes, pôde ser confirmada na análise dos resultados, na qual foram observados os maiores resultados de ensaios obtidos pelas esquadrias de giro.

Em relação às configurações de vidro, o estudo [13] sustenta que a elevação da massa do material vidro se correlaciona positivamente com um incremento no grau de redução sonora, uma tendência que também encontra respaldo nos resultados das amostras apresentados nas figuras 3, 4, 5 e 6 do presente estudo. Adicionalmente, um aspecto notável que ambas as pesquisas convergem, diz respeito a obtenção de um desempenho acústico superior. Esquadrias dotadas de configurações de vidro aprimoradas, por meio da adoção de sistemas de vidro insulado que combinam vidros laminados com camadas de material acústico de polivinil butiral (PVB) apresentaram maior capacidade de atenuação acústica.

5. Considerações finais

A partir da análise dos resultados apresentados na pesquisa, pode-se afirmar que a escolha entre as esquadrias de PVC e de alumínio, com o intuito obter o melhor isolamento acústico, não depende apenas do seu material de fabricação. Foi observado que outros fatores impactam diretamente na atenuação acústica da esquadria, incluindo a tipologia da esquadria, situação de uso, linha de perfil, sistema de montagem perfil, configuração de vidro e forma de instalação.

Em princípio, observou-se que o fechamento das persianas nas janelas com persiana integrada, independente do seu material, promove melhor redução sonora, quando comparada à situação de persiana

recolhida. Na situação estendida, a persiana se apresenta como um obstáculo adicional para a passagem das ondas sonoras, caracterizando um sistema massa-mola-massa, que resulta na conversão destas ondas em calor.

A análise ainda evidenciou que a escolha da composição do vidro da esquadria representa importante influência na sua atenuação acústica. Os vidros compostos, dos tipos laminados, com película PVB ou não, e insulados com composições diversas, apresentaram melhores resultados quando comparados com os vidros comuns. Salientando que as esquadrias dotadas de vidro laminado com PVB apresentaram os melhores resultados, quando comparadas no segmento de sua tipologia.

No que diz respeito a norma de desempenho NBR 15575 [26], todas as amostras de janelas com persiana integrada apresentaram nível “A” para as situações de persiana estendida e, níveis “A” e “B” quando as persianas ensaiadas estavam recolhidas, independente dos tipos de vidro e material. Em contrapartida, as amostras de janelas sem persiana, compostas de vidro comum, se enquadraram em níveis inferiores da norma de desempenho, nomeados por “B” e “C”.

Outro aspecto de destaque, em análise exclusiva das esquadrias de alumínio, diz respeito às diferentes linhas de perfis de alumínio. Foi possível observar uma tendência de aumento de eficiência nas linhas de perfil superiores em comparação às linhas inferiores. Além disso, foi observado que amostras com a mesma espessura de perfil e tipologia de vidro, mas de tamanhos diferentes, apresentaram resultados variados. Isso leva a concluir que o sistema de montagem dos perfis, formato de seção de perfil e vedação, também exerce influência nos resultados.

O fator dimensão de esquadria, não se mostrou influente na análise de resultados, uma vez que a uma amostra de esquadria de PVC caracterizada por ser uma porta janela apresentou bom resultado de R_w quando comparada com uma janela de dimensões significativamente inferiores.

Os resultados deste estudo se mostraram alinhados com outras investigações, ressaltando a tendência das esquadrias de PVC, especialmente aquelas com persiana integrada, oferecerem maior conforto acústico em algumas situações. Ao comparar os dois materiais, torna-se evidente que cada um deles possui seu próprio conjunto de vantagens em termos de desempenho acústico. As amostras de PVC, de maneira geral, demonstraram menor propagação de som, o que pode ser atribuído à configuração de vidros mais espessos e eficientes acusticamente.

Diante do que foi investigado, concluiu-se que tanto as esquadrias de PVC quanto as de alumínio podem oferecer resultados satisfatórios de atenuação acústica, dependendo, de modo influente, do vidro e da tipologia especificada em projeto. Para a avaliação e possível conclusão sobre a superioridade de algum dos materiais, se faz necessário uma amostragem maior, com iguais características de material e ambiente de ensaio.

6. Referências

- [1] BOHRER, R. *Poluição sonora: um problema mundial de saúde pública*. 2022. Disponível em: <https://www.invivo.fiocruz.br/saude/poluiacao-sonora/>. Acesso em: 03 out. 2023.
- [2] JONSSON, A.; ROOS, A. *Evaluation of control strategies for different smart window combinations using computer simulations*, *Solar Energy*, vol. 84, nº 1, p. 1–9, 2010.
- [3] PROACÚSTICA – Associação Brasileira para a qualidade Acústica por meio do comitê Acústica nas edificações. *Manual ProAcústica sobre a norma de desempenho ABNT NBR 15575:2021 - Acústica*. São Paulo, 2022.
- [4] ROHDEN, A. B.; LIMA, G. C. D. *Desempenho acústico de esquadria de alumínio com melhorias na caixa de persiana*, *REC*, Rio de Janeiro, vol. 6, n. 2, p. 69, dez. 2019.

- [5] MASSETTO, L. T. et al. *Análise do mercado de esquadrias no Brasil baseada em aspectos de desempenho*. Fortaleza, 2008.
- [6] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro, 2021.
- [7] CBIC - Câmara Brasileira da indústria da Construção. *Esquadrias para edificações desempenho e aplicações*. Brasília, 2017.
- [8] VIDRO IMPRESSO. *Conheça a evolução do setor de Esquadrias desenvolvido em paralelo ao mercado do vidro*. 2018. Disponível em: <https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/conheca-a-evolucao-do-setor-de-esquadrias-desenvolvido-em-paralelo-ao-mercado-do-vidro->. Acesso em: 03 out. 2023.
- [9] SCHVARSTZHAUPT C. C et al. *Análise comparativa do desempenho acústico de sistemas de fachada com esquadrias de PVC com persiana e diferentes tipos de vidros em ensaios de laboratório*. Ambiente construído, Porto Alegre, vol. 14, n. 4, p. 135–145, dez. 2014.
- [10] FRANCO, B. D. L. *Avaliação do conforto acústico no setor de maternidade de um hospital de Juiz de Fora, MG*. Juiz de Fora, 2018.
- [11] SILVA, A. L. S.; ROHDEN, A. B. *Custo para o atendimento do desempenho acústico em sistemas de vedações horizontais e verticais conforme NBR 15575*. Revista Interscientia, v. 7, n. 2, p. 4-26, 30 dez. 2019.
- [12] SOUZA, P. H. R. de et al. *Influência das Esquadrias e da Geometria do Ambiente no Desempenho Acústico de Vedações Verticais em Edifícios*. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 4, n. 1, p. 61-69, 1 jan. 2019.
- [13] BENTO C. et al. *Análise do desempenho térmico e acústico de elementos e esquadrias com diferentes configurações*. Conhecimento em Construção, vol. 8, 2021.
- [14] AFAEL. Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio. *Esquadrias de Alumínio*. Disponível em: <https://afeal.com.br/rev/institucional/esquadrias-de-aluminio>. Acesso em: 03 out. 2023.
- [15] REIS, M. N. dos. *Processo de produção e uso do alumínio na construção civil: contribuição à especificação técnica das esquadrias de alumínio*. FAUUSP, São Paulo, 2006.
- [16] BSI - British Standards Institute. *EN 1670:2007 Building hardware - Corrosion resistance - Requirements and test methods*. 2007.
- [17] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10821-2: Esquadrias para edificações - Parte 2 Esquadrias externas - Requisitos e classificação*. Rio de Janeiro, 2017.
- [18] NUNES, M. V. de F. et al. *Estudo sobre a redução de resíduos e otimização do processo de produção de esquadrias de alumínio*, vol. 4, no 2, p. 215–231, 2018.
- [19] INSTITUTO BRASILEIRO DO PVC. *Arquitetura e Construção*. Disponível em: <https://pvc.org.br/arquitetura-e-construcao/>. Acesso em: 03 out. 2023.
- [20] NUNES, L. R. et al. *Tecnologia do PVC*. São Paulo: Proeditores/Brasken, v. 2, 2002.
- [21] FERNANDES, V. D. C. *Janelas de PVC rígido: características da qualidade*. São Paulo: USP, 1991.
- [22] BSI. British Standards Institute. *EM 12608-1:2016 Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) profiles for the fabrication of Windows and doors- Classification, requirements and test methods- Part 1: Non-coated PVC-U profiles with light coloured surfaces*. 2016.

- [23] BSI. British Standards Institute. *BS 7412:2007 Specification for windows and doorsets made from unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) extruded hollow profiles*. 2007.
- [24] VERTRAUEN. *Perfis em PVC Para esquadrias*. Portão.
- [25] PROACÚSTICA. Associação Brasileira para a Qualidade Acústica através do Comitê Acústica de Edificações. *Manual Proacústica de acústica básica*. São Paulo, 2019.
- [26] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15575-4: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas- SVVIE*. Rio de Janeiro, 2021.
- [27] ROMAN, H.; BONIN, L. C. *Normalização e Certificação na Construção Habitacional*. Coleção Habitare. Porto Alegre, v. 3, 2003.
- [28] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10821-4: Esquadrias para edificações - Parte 4: Esquadrias externas - Requisitos adicionais de desempenho*. Rio de Janeiro, 2017.
- [29] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10821-4: Esquadrias para edificações - Parte 3: Esquadrias externas e internas – Métodos de ensaio*. Rio de Janeiro, 2017.
- [30] CA2. *Conceitos de conforto acústico*. Disponível em: <https://ca-2.com/conceitos-de-conforto-acustico/>. Acesso em: 03 out. 2023.
- [31] PORTAL ACUSTICA. *Isolamento acústico. Lei da Massa*. 2019. Disponível em: <https://portalacustica.info/isolamento-acustico-lei-da-massa/>. Acesso em: 03 out. 2023.
- [32] SUBTIL, M. et al. *Análise comparativa do desempenho acústico de esquadrias de alumínio e PVC*, em *Ciência e Engenharia de Materiais: conceitos, fundamentos e aplicação*. 1ª ed, Editora Científica Digital, 2021.

7. Anexos e Apêndices

Tabela 3- Resultados dos ensaios de isolamento acústico analisados

Material	Linha (mm)	Tipologia-dimensão (largura x altura)	Vidro (mm)	Situação	Rw/DnT,w (dB)	D2m,n T,w (dB)	Fonte	Tipo de ensaio
PVC	40	Janela de correr 2 folhas com persiana integrada (1600x1600 mm)	laminado 5+5	persiana recolhida	29	-	Fornecedor A	laboratório
				persiana estendida	33	-		
PVC	não informado	Janela de correr 2 folhas com persiana integrada (1200X1750 mm)	não informado	não informado	37	-	Fornecedor C	laboratório
PVC	não informado	Janela de correr 2 folhas com persiana integrada (1600X1400 mm)	comum 4	persiana recolhida	29	-	[9]	laboratório
				persiana estendida	37	-		
PVC	não informado	Janela de correr 2 folhas com persiana integrada (1600X1400 mm)	comum 6	persiana recolhida	29	-	[9]	laboratório
				persiana estendida	38	-		
PVC	não informado	Janela de correr 2 folhas com persiana integrada (1600X1400 mm)	laminado 4+PVB+4	persiana recolhida	30	-	[9]	laboratório
				persiana estendida	38	-		
PVC	não informado	Janela de correr 2 folhas com persiana integrada (1600X1400 mm)	laminado 4+PVB+6	persiana recolhida	33	-	[9]	laboratório
				persiana estendida	39	-		
PVC	não informado	Janela de correr 2 folhas com persiana integrada (1600X1400 mm)	insulado 4/6/6	persiana recolhida	30	-	[9]	laboratório
				persiana estendida	38	-		
PVC	não informado	Janela de correr 2 folhas com persiana	comum 6	persiana recolhida	30	-	[9]	laboratório

		integrada (1600X1400 mm)		persiana estendida	37	-		
PVC	não informado	Janela de giro 1 folha com persiana (1200X1470 mm)	não informado	não informado	34	-	Fornecedor C	laboratório
PVC	45	Janela de correr 2 folhas (1300x1300 mm)	insulado 4/16/4	-	32,2	-	Fornecedor C	laboratório
PVC	não informado	Janela de giro (1230x1480 mm)	insulado 4/16/4	-	34	-	Fornecedor E	laboratório
PVC	não informado	Janela de giro (1230x1480 mm)	insulado 9/16/6	-	43	-	Fornecedor E	laboratório
PVC	não informado	Janela de giro (1230x1480 mm)	insulado 6+6/20/4+ 4	-	47	-	Fornecedor E	laboratório
PVC	não informado	Porta 2 folhas de correr (3000x2200 mm)	insulado 6/16/4	-	33	-	Fornecedor D	laboratório
PVC	não informado	Janela de correr 2 folhas (1200x1200 mm)	insulado laminado 20	-	23	-	[11]	campo
PVC	não informado	Janela maxim ar (dimensão não informada)	insulado laminado 24	-	28	-	[11]	campo
PVC	não informado	Janela oscilo- batente 2 folhas (dimensão não informada)	insulado laminado 28	-	37	-	[11]	campo
PVC	não informado	Janela oscilo- batente 2 folhas (dimensão não informada)	insulado 3+3/23 (com persiana) /3+3	não informado	27,97	-	[10]	campo
Alumínio	32	janela de correr 2 folhas com peitoril e persiana integrada (2550 x 1800 mm) com peitoril	comum 4mm (folhas), laminado 3+3 (peitoril fixo)	persiana estendida	31	-	Fornecedor B	laboratório
Alumínio	32	Janela de correr 02 folhas (1800x1500 mm)	laminado 3+3	-	29	-	Fornecedor B	laboratório
Alumínio	20	Janela de correr 02 folhas (1800x1500 mm)	laminado 4+4	-	30	-	Fornecedor B	laboratório

Alumínio	25	Janela de correr 02 folhas (1500x1200 mm)	comum 4	-	28	-	Fornecedor B	laboratório
Alumínio	25	Janela 2 folhas de correr persiana integrada (1500x1200 mm)	comum 4	persiana recolhida	29	-	Fornecedor B	laboratório
				persiana estendida	32	-		
Alumínio	25	Janela 2 folhas de correr persiana integrada (1500x1200 mm)	laminado 3+PVB+4	persiana recolhida	29	-	Fornecedor B	laboratório
				persiana estendida	35	-		
Alumínio	25	Janela 2 folhas de correr persiana integrada (1500x1200 mm)	comum 4	persiana recolhida	26	-	Fornecedor B	laboratório
				persiana estendida	32	-		
Alumínio	32	Janela 2 folhas de correr persiana integrada (1400x1200 mm)	laminado 3+3	persiana recolhida	28	-	Fornecedor B	laboratório
			laminado 3+3	persiana estendida	33	-		
Alumínio	32	Janela 2 folhas de correr persiana integrada (1500x1200 mm)	laminado 3+3	persiana recolhida	28	-	Fornecedor B	laboratório
Alumínio	32		laminado 3+3	persiana estendida	33	-	Fornecedor B	laboratório
Alumínio	32	Janela de correr 02 folhas (1500x1200 mm)	laminado 3+3	-	31	-	Fornecedor B	laboratório
Alumínio	45	Janela 2 folhas de correr persiana integrada (1500x1200 mm)	laminado 3+3	persiana recolhida	28	-	Fornecedor B	laboratório
				persiana estendida	33	-		
Alumínio	45	Janela 2 folhas de correr persiana integrada (1500x1200 mm)	laminado 8+PVB+8	persiana recolhida	35	-	Fornecedor B	laboratório
				persiana estendida	36	-		

Alumínio	45	Janela de correr 02 folhas (1500x1200 mm)	laminado 3+PVB+3	-	33	-	Fornecedor B	laboratório
Alumínio	45	Janela de correr 02 folhas (1500x1200 mm)	laminado 6+PVB+4	-	34	-	Fornecedor B	laboratório
Alumínio	45	Janela de correr 02 folhas (1500x1200 mm)	laminado 8+PVB+8	-	35	-	Fornecedor B	laboratório
Alumínio	não informado	Janela de correr 02 folhas (dimensão não informada)	comum 4	-	-	24	[12]	campo
Alumínio	não informado	Janela de correr 02 folhas (dimensão não informada)	comum 4	-	-	19	[12]	campo
Alumínio	32	Janela 2 folhas de correr persiana integrada (1500x1200 mm) - perfil preenchido com espuma expansiva	comum 4	persiana recolhida	28	-	[4]	laboratório
				persiana estendida	32	-		
Alumínio	42	Janela oscilobatente 1 folha (1000x1200)	comum 4	-	30	-	[13]	campo
Alumínio	42	Janela oscilobatente 1 folha (1000x1200)	laminado refletivo cinza 4+PVB+4	-	34	-	[13]	campo
Alumínio	42	Janela oscilobatente 1 folha (1000x1200)	insulado laminado 4/12/3+pvb+3	-	38	-	[13]	campo
Alumínio	42	Janela de correr 02 folhas (1000x1200 mm)	comum 4	-	29		[13]	campo
Alumínio	42	Janela de correr 02 folhas (1000x1200 mm)	laminado refletivo cinza 4+PVB+4	-	31		[13]	campo
Alumínio	42	Janela de correr 02 folhas (1000x1200 mm)	insulado laminado 4/12/3+pvb+3	-	36		[13]	campo
Alumínio	25	Janela de correr 02 folhas (1200x1200 mm)	comum 4	-	22		[13]	campo
Alumínio	25	Janela de correr 02 folhas (1200x1200 mm)	laminado refletivo cinza 4+PVB+4	-	24		[13]	campo

Fonte: Autor