

ESTUDO COMPARATIVO SOBRE O ISOLAMENTO ACÚSTICO ENTRE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO E ESQUADRIAS DE PVC

ALINE FERNANDA DOS SANTOS PENA¹
PAULA JANAINA SOUZA FARTO²

RESUMO: A busca por materiais com maior desempenho na construção civil tem proporcionado um produto final diferenciado, tanto na parte da estética como na parte de funcionalidade. Diante disso, neste trabalho realizou-se um estudo comparativo sobre o isolamento acústico com esquadria em alumínio e PVC para uso nos dormitórios residenciais. Os resultados obtidos mostram que a isolação sonora de sistema de fachada é superior na situação de esquadria com persiana fechada, exceto nas baixas frequências. Dessa forma, mostraremos os processos de produção e normas técnicas de cada um dos dois materiais em estudo. Por fim, foi realizado um comparativo de custos entre as esquadrias de alumínio e PVC.

Palavras-chave: Desempenho acústico. Esquadria de Alumínio. Esquadrias de PVC. Construção civil.

COMPARATIVE STUDY ON ACOUSTIC INSULATION BETWEEN ALUMINUM FRAMES AND PVC FRAMES COMPOSED BY GLASS SHEETS

ABSTRACT: The search for materials with higher performance in civil construction has provided a differentiated final product, both in terms of aesthetics and in terms of functionality. Therefore, this work carried out a comparative study on the acoustic insulation with aluminum and PVC frames for use in residential dorms. The results obtained show that the sound insulation of the façade system is superior in the situation of mitering with closed blinds, except for low frequencies. Thus, we will show the production processes and technical standards of each of the two materials under study. Finally, a cost comparison was made between aluminum and PVC frames.

Keywords: Acoustic performance. Acoustic comfort. Aluminum frame. PVC frame. Residential bedroom.

¹ Acadêmica de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: alinefernandas@icloud.com;

² Professora, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: paulajanaina_engcivil@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o isolamento acústico possui a capacidade de bloquear um som ou até mesmo um ruído e uma das formas de realizar o isolamento é através da utilização de esquadrias, que podem ser inseridas em um lugar ou até mesmo em diversos ambientes simultaneamente. Sendo assim, esta isola o barulho externo e deixa os barulhos na parte externa do ambiente isolado, o que gera conforto e melhoria da qualidade de vida. Para obter melhores resultados e complementar a funcionalidade do isolamento, e “devido à alta incidência da luz solar sobre as fachadas, é comum o uso de persianas junto às esquadrias”, o que também contribui para o melhoramento do isolamento acústico (SCHVARSTZHaupt et al., 2014).

Sendo os ruídos uma fonte de onda sonora, estes podem ser comunicados para o lado de dentro do edifício por duas formas, a saber: através do comprimento de uma onda, isto é, de sons de alta frequência, os quais podem ser ouvidos pelas pessoas como sons agudos que, com o comprimento de onda reduzido, pelo qual são propagados nos fechamentos por meio de frestas, orifícios e outras aberturas em que o ar pode passar. E, por meio dos sons com comprimento de onda maior, ou seja, os chamados sons de baixa frequência, o ser humano tem a percepção da sonoridade grave, a qual mostra o fenômeno da difração quando propagado, contornando obstáculos que incidem sobre os fechamentos externos, “o que ocasiona a transmissão para o interior dos edifícios através de vibrações”, em conformidade com as palavras de (HASSAN, 2009).

Para evitar tais propagações, são feitos os fechamentos externos podendo ser de vários elementos, contudo, a presença de esquadrias nas fachadas pode permitir a distinção entre o desempenho acústico nas obras de alvenaria, a qual tem uma probabilidade maior de desempenhar uma acústica considerada eficiente. Por essa razão, os autores afirmam que o desempenho acústico da esquadria precisa ser similar ao da construção de alvenaria, pois assim, não haverá perda na satisfação do isolamento sonoro global do fechamento. Entretanto, o quanto uma esquadria pode mudar o desempenho acústico de um fechamento varia de acordo com os índices de redução sonora do fechamento e da esquadria de modo isolado, das áreas ocupadas por cada elemento e da maneira com que o caixilho é colocado (MOONEY, 2012).

Atualmente, o isolamento acústico está relacionado ao conforto e bem-estar para a saúde, pois as pessoas são expostas a vários tipos de ruídos, por isso esta forma faz com que os ruídos de fora não alterem o isolamento do lado de dentro, e vice-versa. Sabe-se que, aos longos do tempo, a construção civil cresceu muito e com isso muita tecnologia surge também. (SCHVARSTZHaupt et al. 2014).

Diante disso este trabalho visa realizar um comparativo de conforto acústico entre esquadrias feitas com alumínio e de PVC, ambas com folhas de vidro, afim de verificar qual tipo de esquadria apresenta o melhor isolamento acústico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.2 Esquadrias

Esquadria é o nome utilizado para designar portas, janelas, venezianas, portões, dentre outros elementos utilizados na construção civil para dar aberturas. É de extrema importância a

utilização de esquadrias na construção, sendo elas um dos itens mais relevantes e caros do processo de construção, dependendo do material e do luxo da estrutura, o custo total da obra pode variar de 9 a 20%. Apesar de, às vezes, deixar a obra mais cara, é bastante vantajoso ter uma estrutura segura e de ótima aparência (CBIC/SENAI, 2017).

Existem vários tipos de esquadrias e as mais comuns são: corrediças, de abrir, guilhotina e basculantes, por exemplo. E, como já foi dito, quanto ao material de esquadria, ela pode ser de alumínio, madeira, PVC, ferro ou vidro.

Uma das grandes vantagens de se usar esquadrias é que se pode abusar de seu design, deixando uma obra mais elegante e sofisticada, além de conferir funções diferentes para a segurança da construção.

O mercado brasileiro está cada vez mais usando esquadrias por conta da descoberta de novos materiais. Ademais, as esquadrias possuem qualidade, produtividade e desempenho e, inclusive, possibilidade de serem pré-fabricadas. Sendo assim, a esquadria garante redução no tempo da construção, além de eliminar o desperdício de material, fazendo assim com que haja um melhor custo-benefício no final da edificação (CBIC/SENAI, 2017).

2.2.1 Algumas das principais características das esquadrias

Alguns benefícios das esquadrias, conforme O Guia de Esquadrias e Edificações (2017), são:

- **Acesso:** controla o movimento de pessoas e veículos, tornando-se um elemento de segurança na edificação, sendo assim, dificulta a entrada de estranhos;
- **Ventilação:** faz, assim, a melhor passagem de ar externo pela edificação, permitindo uma renovação do ar do ambiente interno;
- **Isolamento:** cria esquadrias que permitem o isolamento acústico, juntamente com isolamento térmico, evitando, além disso, os raios solares, fazendo assim, a minimização dos barulhos e ruídos externos, bem como a regulação da luminosidade;
- **Iluminação:** deixa a luz natural entrar, tornando um local bem mais aconchegante e mais salubre, além da melhora e da redução dos custos com a iluminação natural.

2.3 Normas Regulamentadoras (NBRs)

Algumas das NBR, que tratam das esquadrias de alumínio e vidro são apresentadas no quadro 1:

Quadro 1: Principais normas regulamentadoras utilizadas na fabricação de vidros e esquadrias.

Nome	Determinação
ABNT NBR ISO 209:2010	Alumínio e suas ligas – Composição química
ABNT NBR NM 293:2004	Terminologia de vidros planos e dos componentes acessórios a sua aplicação
ABNT NBR 6123:1988 Versão Corrigida 2:2013	Forças devidas ao vento em edificações
ABNT NBR 6323:2016	Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – Especificação
ABNT NBR 6599:2013	Alumínio e suas ligas — Processos e produtos — Terminologia
ABNT NBR 7199:2016	Vidros na construção civil — Projeto, execução e aplicações

ABNT NBR 7414:2015	Galvanização de produtos de aço e ferro fundido por imersão a quente – Terminologia
ABNT NBR 7823:2015	Alumínio e suas ligas – Chapas – Propriedades mecânicas
ABNT NBR 8094:1983	Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina – Método de ensaio
ABNT NBR 8116:2006	Alumínio e suas ligas – Produtos extrudados – Tolerâncias dimensionais
ABNT NBR 8117:2011	Alumínio e suas ligas – Arames, barras, perfis e tubos extrudados – Requisitos
ABNT NBR 14697:2001	Vidro laminado
ABNT NBR 14698:2001	Vidro temperado
ABNT NBR 15873:2010	Coordenação modular para edificações

Fonte: ABNT, 2017.

Em relação ao isolamento acústico, a ABNT NBR 15.575, ABNT NBR 10.152 e ABNT NBR 10.151 esclarecem parâmetros e limites do isolamento em unidades residenciais. Abaixo serão apresentados mais detalhes.

A NBR 15.575 não apresenta limites e valores fixados, mas destaca que o desempenho acústico nas residências é um critério importante de habitabilidade, pois ruídos externos como o barulho de automóveis e música com volume alto podem comprometer a qualidade de vida.

É na NBR 10.152 que ficam esclarecidos os limites e condições mínimas de aceitação de ruídos em um determinado ambiente pela unidade de medida decibel. Complementando essa norma, a NBR 10.151 especifica os equipamentos e procedimentos de medição, bem como os tipos de ruídos existentes.

2.4 Esquadria de alumínio

O alumínio possui propriedades que são relevantes para o mercado. Entre elas se encontram a durabilidade e a resistência, as quais o torna uma das grandes vantagens na construção, e, por esse motivo, ele é o material mais procurado nos dias de hoje no mercado. Uma esquadria composta por alumínio, quando é bem zelada possui uma vida útil muito superior a qualquer outro tipo de material, se for feita a comparação com o ferro ou a madeira, por exemplo (REIS, 2011).

As vantagens de se utilizar esquadrias de alumínio são: ter boa capacidade de resistir à corrosão do tempo e da maresia; alta capacidade de vedar a água e o ar; material leve; material durável, pois não enferruja; grande variedade de acabamentos e; preço acessível.

Suas desvantagens são: isolamento térmico ruim, se não usar o sistema Thermal Break; só consegue isolar os ruídos se for feito o preenchimento por meio de lã mineral ou outros materiais e consegue garantir a estanqueidade total apenas em linhas testadas em conformidade com NBR 10.821.

O alumínio também permite a fabricação de vários tipos de esquadrias, com diversos tipos de design, além de poder ser pintado de variadas cores, por meio de pintura eletrostática ou anodização, processo eletrolítico realizado por meio da passagem de correntes elétricas na solução condutora. O alumínio tem uma manutenção considerada simples, bem como pode regular a ventilação e exaustão do local em que foi instalado.

Além disso, Reis (2011, p. 105) também destaca diversas características que respaldam a permanência do alumínio para fabricar esquadrias, tanto nacional como internacionalmente, tais como:

leveza, durabilidade, comportamento estrutural, resistência à corrosão, possibilidades de transformação do material, estética apreciada, variedade dos acabamentos de superfície, disponibilidade do metal, tecnologia moderna, material reciclável, competitividade da indústria do alumínio, isolamento termoacústico, vedação à água e ar, manutenção (fator de competitividade e economia) ventilação e controle de exaustão, possibilidade de automação.

Reis (2011) enfatiza a importância do consultor de especificações, pois ele é responsável pela garantia de que a esquadria em questão esteja regida pelas normativas, por exemplo, as NBRs. Assim como este também se responsabiliza pela racionalização do material, isto é, pela busca por uma qualidade melhor no produto final.

O alumínio, que advém da empresa que adota o procedimento de racionalização, possui certificado de desempenho técnico-construtivo, o qual tem a finalidade de garantir qualidade à esquadria que faz parte da obra, bem como o estímulo dos adversários do ramo a buscarem melhorias em seus produtos.

Então, cabe ao engenheiro ou outro profissional do ramo conhecer com profundidade o material que vai ser usado para garantir que o cliente ficará satisfeito e que terá suas necessidades atendidas. Entre esses fatos pode-se destacar “resistência às cargas de vento, estanqueidade a (*sic*) água, permeabilidade ao ar e operações de manuseio” (REIS, 2011, p. 107).

Com isso, Reis (2011) explica que não ter a informação adequada e atualizada sobre o material que compõe esse tipo de esquadria é um problema, já que o engenheiro pode escolher um material que não tenha tanta qualidade, o que impacta o desempenho da esquadria, quanto à acústica do ambiente, por exemplo.

O site da ABAL – Associação Brasileira do Alumínio também informa que este material pode compor diferentes tipos de esquadrias e outras partes da construção civil. O que se destaca dentre as informações é o fato de que o alumínio é apontado como um material ideal para construções sustentáveis, segmento de mercado em grande expansão.

Nesse sentido, pode-se perceber o porquê de o alumínio estar presente com tanta frequência no ramo da construção civil.

Na próxima seção, será apresentado o outro tipo de esquadria que compõe este trabalho.

2.5 Esquadrias de PVC

Mendonça et al (2019) explica que o custo-benefício da esquadria de PVC é um fator interessante para escolher o material na composição das obras, se comparado com o valor do alumínio. Além disso, o PVC é muito semelhante a outros materiais e, no quesito resistência, o material é revestido por uma ligadura interna de aço galvanizado que garante o aumento da qualidade do produto. Outro fator interessante para o uso desse material é a facilidade de instalação.

De acordo com Silva (2014), a esquadria de PVC é utilizada em conjunto com o revestimento de argamassa, garantindo maior qualidade no isolamento acústico, bem como na estanqueidade de água. A colocação precisa ser feita de forma delicada, para que o morador não tenha problemas de manutenção futuramente. Isto é, o desempenho acústico de uma esquadria de PVC está diretamente relacionado ao bom uso do revestimento de argamassa.

É importante esclarecer que, assim como as demais esquadrias, as de PVC precisam passar por ensaios de laboratório que garantam um desempenho positivo. Isso é feito com base na Norma NBR 10.821-2, a qual diz que:

Os requisitos de classificação das esquadrias instaladas na posição vertical, em edifícios de caráter residencial ou comercial, são no mínimo os estabelecidos para as

cinco classes, em relação ao número de pavimentos e à altura da edificação [...], sendo sempre considerado o último pavimento da edificação onde as esquadrias estiverem instaladas, mantendo-se este valor para todos os pavimentos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 6).

Como foi possível perceber até aqui, o PVC tem muitas vantagens. Por isso, na sequência sua composição será explicitada.

O PVC é uma sigla usada para definir *Poly Vinyl Chloride*, isto é, Policloreto de Vinila. Essa substância se origina da união entre o sal e o petróleo, que juntos formam cloro e etileno. E a partir da reação desses dois últimos compostos, chega-se ao Monômero de Cloreto de Vinila e ao Di Cloro Etano, os quais passam por outra reação e dão origem a resina Policloreto de Vinila. Então, ao adicionar outras substâncias a essa resina, forma-se o PVC (SILVA, 2014).

É importante ressaltar, segundo Silva (2014), que a quantidade de cada substância presente em cada reação química vai culminar em um PVC de estrutura mais rígida ou flexível. Contudo, com o muito controle de tecnologia na indústria, isso não é um problema.

O fato de ser um produto altamente industrializado é acrescido de outros benefícios, como o baixo risco de pegar fogo e a reciclagem dos materiais. Apesar de todas essas vantagens não faz muito tempo que o PVC ganhou espaço no Brasil, pois:

No Brasil, as primeiras tentativas de produção e comercialização de perfis de janelas em PVC datam de meados da década de 70. Os produtos da época, entretanto, apresentavam características de qualidade consideravelmente diferentes das atuais. O país ainda importava PVC e o produto era insuficiente para o potencial de mercado existente. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 87).

Então, o PVC vem conquistando espaço no mercado da construção civil de modo mais recente, já que a tecnologia não para de evoluir e o material passa cada vez por processos mais estruturados que garantem ainda mais qualidade para o consumidor final (SILVA, 2014).

2.6 Isolamento Acústico

Segundo a NBR 10.821-4:2017, cada tipo esquadria permite a passagem de som de forma distinta. Para descobrir qual a taxa de isolamento, existem cálculos, realizados em laboratório, os quais perpassam por testes de isolamento acústico. Isso deve ser feito com base no nível de desempenho acústico que o contratante deseje e irá ser baseado nos ruídos que circundam a construção e os que estão no ambiente em que a esquadria será instalada.

Destaca-se, em conformidade com o Guia de Esquadrias e Edificações (2017) que a esquadria não faz todo o isolamento sozinha, ela atua em conjunto com o resto do sistema em que ela está inserida. Também é importante que o engenheiro se certifique de que não há frestas, pelas quais os ruídos podem adentrar o ambiente, bem como se assegurar de que a esquadria foi instalada de maneira adequada, garantindo a qualidade do isolamento acústico.

Cabe destacar que os quartos de uma construção necessitam de um isolamento sonoro maior, por isso a NBR 15.575-4:2013 possui uma parte do material dedicada somente para os dormitórios. A vedação do ambiente segue o SVVE – Sistema de Vedação Vertical Externa – o qual atesta que em ambientes distantes de locais ruidosos, é preciso ter um isolamento ≥ 20 ; em ambientes localizados em áreas que possuem ruídos que não se enquadram nem na primeira situação, nem na próxima que será apresentada, é preciso ter um isolamento ≥ 25 ; e em ambientes que são imensamente ruidosos, por exemplo, pelo trânsito, é necessário que o isolamento seja ≥ 30 .

Segundo o Guia de Esquadrias e Edificações (2017), a condição de instalação da esquadria, bem como a própria condição dela, a depender dos materiais dos quais ela é produzida também interfere no isolamento. Então, por exemplo, a espessura das folhas de vidro, as características de caixilhos, as dimensões e o tratamento das frestas nas partes móveis dos caixilhos podem ser elementos que modificam o isolamento da esquadria. Para ter um bom desempenho, compete ao engenheiro realizar a vedação entre a esquadria e a parede da construção.

Após a realização desse procedimento, a medição deve ser feita com os critérios especificados anteriormente e, segundo a NBR 10.152, o valor em decibéis adequado deve variar entre 35-45 para que as pessoas tenham um isolamento acústico eficaz nos dormitórios residenciais. Além disso, existe outra medida importante para mensurar o isolamento, a curva de avaliação de ruído, representada por (NC), o valor dela deve estar situado entre 30 e 40 NC.

É fundamental dizer que, na norma 10.151, é especificado que há diferença entre os níveis de ruídos sonoros permitidos no período diurno e noturno. Para tanto, é recomendável que se realizem medições nos dois períodos. Há também especificações para os finais de semanas e feriados, além da variação por localidade, tais como segue abaixo:

Os limites de horário para o período diurno e noturno da tabela 1 podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno não deve ser antes das 9 h. (ABNT NBR 10.151, 2000, p. 3).

Além das medições realizadas no ambiente interno, também é preciso fazer o procedimento na área externa. Para ambientes residenciais os valores aproximados devem ser 55 e 50 para período diurno e noturno respectivamente.

Dito tudo isso, verifica-se que estabelecer qual o tipo de esquadria é mais adequado para os dormitórios é essencial para a obra e para o conforto dos moradores. Na sequência é explicitada a discussão desta pesquisa.

3. DISCUSSÕES

Comparativo das características das esquadrias: Quando o fabricante garante que seus produtos estão de acordo com as normas técnicas, podemos dizer que tanto a esquadria de alumínio quanto a de PVC oferecem excelentes desempenho.

Durabilidade: Quanto à durabilidade, ambos os materiais oferecem grande resistência ao tempo, acompanhando toda a vida útil da edificação. Para isso, é apenas necessário que seja realizado manutenções periódicas onde é visto a necessidade de troca de algum acessório desgastado e a realização de limpezas na esquadria para que mantenha o seu bom funcionamento por toda a vida útil.

Isolamento acústico: Quanto ao desempenho termo-acústico ambos os materiais tem a possibilidade da instalação de vidros duplos que garantem qualidade mesmo em locais com incidência de altos decibéis. Segundo a Revista Techne (2009), quando utilizado apenas um vidro simples de 2,8 mm tem uma redução de 25 dB e quando utilizado vidros duplos de 2,5 mm o índice de absorção chega a 46 dB. Contudo, apenas há eficácia no sistema se for realizada a correta instalação, evitando frestas entre a esquadria e a parede.

Para a elaboração da discussão de caráter bibliográfico, foram selecionadas algumas pesquisas que apresentam diferentes tipos de esquadrias de alumínio e PVC. É importante destacar que todos os estudos selecionados levaram em consideração a normativa da ABNT NBR 10.821-4, a qual solicita que, em se utilizando de elementos, tais como persianas, é necessário realizar medições com o equipamento recolhido e estendido. Nesse sentido, todas as amostras selecionadas tiveram testagem nas duas situações mencionadas.

4. CONCLUSÃO

É relevante destacar o constante crescimento da população brasileira. Sendo assim, a verticalização combinada ao crescimento do número veículos, além de interferir no trânsito, aumenta o impacto dos ruídos em ambientes internos, comprometendo a qualidade de vida das pessoas. O estudo comparativo acerca das esquadrias torna-se bastante relevante, pois elas fazem diferença no custo final de uma construção, porque dependendo da matéria que compõe a peça em questão, assim como a aparência e a demora para fabricar interferem no custo.

Este estudo foi realizado um comparativo entre a fabricação de esquadrias de alumínio e PVC, onde podem ser constatados alguns itens importantes para a escolha em cada empreendimento. Cada um dos itens em estudo possui vantagens e desvantagens, cabendo ao construtor à decisão final para aquisição em seus projetos. Um dos itens mais importantes de uma obra, as esquadrias devem ter sempre bastante atenção dos construtores. São em média, 6% do orçamento total da obra, podendo chegar até mais quando o empreendimento é de alto padrão econômico.

Referente aos custos foi visto que o alumínio é mais competitivo que o PVC, sendo cerca de 10% mais barato. Vale salientar que foram orçadas apenas as linhas de esquadrias mais simples. Talvez em linhas de alto padrão econômico o PVC seja mais competitivo. 33 Portanto, nos próximos anos poderemos ver um destaque maior ao PVC, pois tem muito que mostrar como matéria-prima de esquadrias. Fazendo com que os construtores e consumidores finais se adaptem.

REFERÊNCIAS

ABAL. Aplicações do alumínio: construção civil. *In*: ABAL. **Associação Brasileira do Alumínio**. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://abal.org.br/aplicacoes/construcao-civil/>. Acesso em: 19 maio 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS. NBR 7199: atual e mais completa. *In*: ABRAVIDRO. **Portal Abravidro**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://abravidro.org.br/nbr-7199-atual-e-mais-completa-2/>. Acesso em: 18 maio 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10821-1:** Esquadrias para edificações - Parte 1: Esquadrias Externas e Internas - Terminologia. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **ABNT NBR 10821-4:** Esquadrias para edificações - Parte 4: Requisitos adicionais de desempenho. Rio de Janeiro, 2017.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Esquadrias para edificações, desempenho e aplicações: orientações para especificação, aquisição, instalação e manutenção. Brasília: CBIC/SENAI, 2017.

HASSAN, O. A. B. **Building Acoustics and Vibration:** theory and practice. London: World Scientific Publishing Company, 2009.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 310 p.

MOONEY, J. W. **Practical Architectural Acoustics Notebook.** New York: KJWW, 2012.

REIS, Magna Netto dos. **Esquadrias de alumínio:** análise dos critérios de escolha destes componentes em edifícios de apartamentos, de padrão médio-alto, na cidade de São Paulo. Orientador: Prof. Dr. João Roberto Leme Simões. 2011. 257 p. Tese (Pós- Graduação) - FAUUSP, São Paulo, 2011.

ROHDEN, Abrahão Bernardo; LIMA, Gabriela Crestani de. Desempenho acústico de esquadria de alumínio com melhorias na caixa de persiana. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Passo Fundo, v. 6, n. 2, p. 69-94, 2019.

SCHVARSTZHAUPT, Cristiane Cassol; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; NUNES, Maria Fernanda de Oliveira. 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, v. 14, ed. 4, p. 135-145, out./ dez. 2014.

SILVA, Juliana Pereira da. **Processo de instalação de esquadria de PVC:** Medidas para a prevenção dos casos de infiltração de água devido às falhas no processo de instalação. Porto Alegre: [s. n.], 2014. 92 p.

SILVA, Luan Batista da; EMILIANO, Jerdery Marcondes. **Sistema de Esquadrias:** Relação Custo e Benefício. Orientador: Rogério Todeschini. 2017. 74 p. TCC (Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

ZIA, Monalisa. Normas sobre esquadrias de alumínio, em coleção personalizada. *In:* ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT.** Internet, 2017. Disponível em: www.abnt.org.br/imprensa/releases/5492-normas-sobre-esquadrias-de-aluminio-em-colecao-personalizada. Acesso em: 18 maio 2020.