

FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA
XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Avaliação acústica de ambientes de uso coletivo e técnico em edificações habitacionais multifamiliares

Sales, G. O.¹; Pires, J.L.G.²; Coelho, F.C.³; Silva, L.J.M⁴; Lacerda, M.S⁵

^(1, 2, 3, 5) Síntese Acústica Arquitetônica, Brasília, DF, Brasil, {guilherme, jhenyfer, fabiana, marina}@sintesearquitectura.com.br
⁴ arq.larissajunqueira@gmail.com

Resumo

Em edifícios habitacionais, além das unidades autônomas, é frequente termos ambientes de uso coletivo geradores de ruído. A ABNT NBR 15.575:2021 traz parâmetros para sistemas de pisos, paredes e coberturas quando áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer ou esportivas fazem divisa com unidades habitacionais. Entretanto, seus parâmetros levam em conta apenas o atendimento do desempenho do sistema avaliado. Desta forma, outros parâmetros podem ter papel complementar numa avaliação mais ampla, com o intuito de garantir melhor qualidade acústica. Neste sentido, o trabalho busca discutir um procedimento para elaboração de projeto de acústica de ambientes de uso comum e técnico de edificações residenciais, consideradas emissoras de ruído para unidades habitacionais e para a vizinhança, aplicando parâmetros da ABNT NBR 10.151:2019 (Avaliação do ruído em áreas habitadas) e ABNT NBR 10.152:2017 (Níveis de ruído para conforto acústico). Para tanto, foram examinadas situações nas quais cada parâmetro deve ser aplicado, em seguida foi discutida a possibilidade de determinação do nível sonoro dos dois tipos de fonte: atividade de lazer e equipamentos prediais e por fim apresentado um método normativo de cálculo para a determinação de cada parâmetro. Os procedimentos foram organizados em diagramas que sintetizam as análises, os métodos e os parâmetros aplicáveis a cada elemento (piso, paredes, fachadas e teto), delimitando o ambiente gerador de ruído.

Palavras-chave: habitações multifamiliares, desempenho acústico, áreas coletivas, áreas técnicas, ruído.

PACS: 43.50.Jh, 43.40.-r, 43.55.-n, 43.55.Dt

Acoustical assessment of environments for collective and technical use in multi-dwellings

Abstract

In residential buildings, in addition to the autonomous units, we often have collective use environments that generate noise. ABNT NBR 15.575:2021 provides parameters for floor, wall, and roof systems when common areas for people, leisure, or sports activities border housing units. However, its parameters consider only the performance of the evaluated system. Thus, other parameters can play a complementary role in a broader evaluation, in order to ensure better acoustic quality. In this sense, the work seeks to discuss a procedure for the elaboration of acoustics design of common and technical environments of residential buildings, considered noise emitters for housing units and the neighborhood, applying parameters of ABNT NBR 10.151:2019 (Evaluation of noise in inhabited areas) and ABNT NBR 10.152:2017 (Noise levels for acoustic comfort). To this end, situations in which each parameter should be applied were examined, then the possibility of determining the sound level of the two types of sources was discussed: leisure activity and building equipment, and finally a normative method of calculation for the determination of each parameter was presented. The procedures were organized in diagrams that synthesize the analyses, the methods, and the parameters applicable to each element (floor, walls, facades and ceiling), delimiting the noise generating environment.

Keywords: multi-dwellings, acoustical performance, collective areas, technical areas, noise



1. INTRODUÇÃO

Ao avaliar uma edificação habitacional multifamiliar, inúmeros são os aspectos que devem ser observados, sendo um deles o ruído gerado por ambientes de usos coletivos e técnicos. Essa avaliação conta com normas técnicas que norteiam e trazem níveis de referência, a fim de garantir ao usuário um bom uso desses espaços, bem como a mitigação do ruído produzido por suas atividades para a vizinhança imediata.

Quando nos aprofundamos nas diretrizes dadas ao desenvolvimento dos estudos acústicos dos espaços comuns e técnicos das edificações residenciais, percebe-se que, para alguns deles, há lacunas quanto a pontos mais específicos de avaliação, sobretudo sob o contexto do conforto acústico. Neste sentido, é necessário perceber a relevância no bem-estar das pessoas que utilizam constantemente os espaços construídos e como é possível impactar essa vivência ao serem expostas a conversas e ruídos advindos de outros ambientes, fazendo com que esses usuários tenham percepções informais e critérios próprios de conforto, gerando expectativas a esses locais e às interações com suas unidades autônomas (ONO et al. 2015) [1].

Um aspecto importante a ser considerado é a interação de ruídos dos espaços específicos de usos coletivo e técnico com as unidades habitacionais adjacentes, seja por transmissão aérea ou por meio de vibração das estruturas interligadas direta ou indiretamente, através de seus flancos. Tendo em vista essas interações, apresenta-se a relevância de se complementar o projeto de acústica de edificação habitacional multifamiliar além dos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 15.575:2021 [2,3-5].

Apesar de conforto ser um estado subjetivo e imensurável, que depende de interações de diversos fatores como o som residual, a percepção sonora do ruído e os fatores de desempenho da edificação, se atentar para critérios de avaliação acústica, para além do desempenho de sistemas construtivos, possibilitará maior qualidade ao espaço construído.

É importante observar que ao se destinar uso a um espaço, se faz necessário garantir que as atividades a serem desenvolvidas nele possam ocorrer de forma plena e sem interferir em sua vizinhança, como preconiza a ABNT NBR 10.151:2019 [3]. A exemplo, um salão de festas deve abrigar uma festa e possuir isolamento acústico tal que mantenha os níveis sonoros externos compatíveis com o tipo de área onde está localizado.

As fontes de ruído podem ter diferentes origens e se propagar de formas distintas, como exemplificadas nas figuras 1 e 2, em formato croqui.

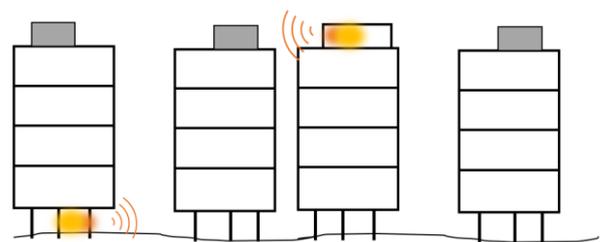


Figura 01: Posições de ambientes possíveis fontes para empreendimentos residenciais e vizinhança imediata. (desenvolvido pelos autores)

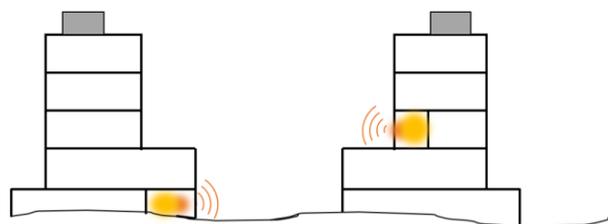


Figura 02: Posições de ambientes possíveis fontes para empreendimentos residenciais e vizinhança imediata. (desenvolvido pelos autores)

Após a identificação da fonte de ruído e a forma com que esse som será propagado (por meio aéreo e/ou por vibração de sólidos), o projetista será capaz de propor uma solução que atenda, não somente às normas vigentes, como também a valores de referência para ambientes que abrigam atividades específicas.

Propõe-se neste trabalho discutir um procedimento para desenvolvimento de projeto de acústica para ambientes fontes de ruído nos



empreendimentos residenciais, para além dos parâmetros de desempenho acústico estabelecidos na ABNT NBR 15.575:2021 [2,3-5], com vistas a atender também aos critérios estabelecidos na ABNT NBR 10.151:2019 [6] e ABNT NBR 10.152:2017 [4].

Assim, foram examinadas situações nas quais cada parâmetro deve ser aplicado, em seguida foi discutida a possibilidade de determinação do nível sonoro dos dois tipos de fonte: atividade de lazer e equipamentos prediais e por fim apresentado um método normativo de cálculo para a determinação de cada parâmetro.

Os procedimentos foram organizados em diagramas que sintetizam as análises, os métodos e os parâmetros aplicáveis a cada elemento (pisos, paredes, fachadas e teto), delimitando o ambiente gerador de ruído.

2. FUNDAMENTOS

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15575:2021 apresenta critérios de avaliação dos sistemas de parede e piso, referentes a isolamento de ruído entre unidades habitacionais e as áreas comuns de permanência de pessoas, como salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias [2-4]. Por não se tratar de um local de permanência, os ambientes de uso técnico não são enquadrados nestes critérios, o que torna necessário o uso de outros parâmetros avaliativos.

2.1 ABNT NBR 15.575:2021

A avaliação dada pela norma ABNT NBR 15.575-3:2021 para sistemas de piso entre ambientes de uso comum e unidades autônomas pode ser realizada a partir de dois parâmetros: o primeiro, referente ao nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ($L_{nT,w}$) e o segundo, a diferença de nível padronizado ponderado ($D_{nT,w}$). Para o ruído produzido por impacto, tem-se que o critério do nível de desempenho mínimo deve ser igual ou inferior a 55 dB, como consta na tabela 6 da emenda 1 da norma supracitada. Já o critério relacionado

ao ruído aéreo, para o nível de desempenho mínimo, deve ser igual ou superior a 45 dB, conforme tabela 7 da mesma norma [3].

Para os sistemas de vedações verticais internas (SVVI), são apresentados critérios para o parâmetro $D_{nT,w}$, a depender do nível de desempenho acústico. Para divisas entre áreas comuns e unidades habitacionais, o critério deve ser igual ou maior que 45 dB, para desempenho mínimo [4].

Os critérios aqui apresentados abrangem os ambientes de permanência e circulação de pessoas, de forma que, para avaliação de ambientes técnicos como casa de bombas, abrigo de grupo gerador, entre outros equipamentos prediais, se aplicaria o anexo E.5 da ABNT NBR 15.575-1:2021 [2], caracterizando uma avaliação informativa por meio da aplicação dos parâmetros $L_{Aeq,nT}$ (Nível de pressão sonora equivalente padronizada) e $L_{ASmáx,nT}$ (Nível máximo de pressão sonora padronizada).

2.2 ABNT NBR 10.152:2017

A ABNT NBR 10.152:2017 apresenta procedimentos e parâmetros de análise de níveis de pressão sonora em ambientes internos à própria edificação [7]. Na tabela 3 desta norma, está especificado, conforme finalidade de uso, os ambientes e os valores de referência RL_{Aeq} , (Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A representativo do ambiente), RL_{ASmax} (Nível máximo de pressão sonora contínuo ponderada em A representativo do ambiente) e RL_{nc} (índice representativo por ambiente interno dado pelo menor valor do nível NC¹). A mesma norma ainda apresenta método para medição e verificação das pressões sonoras emitidas em ambientes internos à edificação. Entretanto, não detalha uma metodologia para elaboração do projeto acústico.

A presente pesquisa enfoca apenas no parâmetro de RL_{Aeq} , devido à dificuldade de se obter dados de entrada de projeto para definição dos demais parâmetros. Para fins deste estudo,

¹ *Noise curve*, determinada pela comparação dos níveis de pressão sonora em bandas de 1/1 oitava do ambiente com

os limites de valores de bandas de 1/1 oitava de cada curva de referência



foram considerados apenas ambientes com finalidade de uso residencial. Apesar de poder existir, em edifícios habitacionais, garagens, salas de reunião ou *home office*, entende-se que estes ambientes estão enquadrados em edificações com outro tipo de vocação, tais como centros comerciais e escritórios.

2.3 ABNT NBR 10.151:2019

Para avaliação de ambientes coletivos e técnicos e seus impactos aos ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, tem-se a ABNT NBR 10151:2019, relacionando a finalidade de uso e ocupação do solo [6].

Ao avaliar uma fonte de ruído, como um salão de festa de um empreendimento multifamiliar, temos que, em sua plena atividade ruidosa, os receptores de ruído poderão ser caracterizados não só como os vizinhos adjacentes a essa edificação, como também as unidades habitacionais do próprio edifício. Por essa razão, as distâncias consideradas em simulação devem considerar o receptor mais próximo, não sendo necessariamente uma edificação vizinha.

Seja usando o método simplificado ou detalhado, os limites de níveis de pressão sonora (RL_{Aeq}) em ambientes de área mista predominantemente residencial estão restritos, no período diurno, a 55 dB e a 50 dB, no período noturno [6], tendo ainda outros limites referentes a diferentes áreas habitadas.

Desse modo, tendo como base a avaliação de ambientes de uso coletivo e de uso técnico, são propostos dois tipos de procedimentos para cálculo e projeto neste contexto, abordando as normas, parâmetros e critérios aplicáveis a cada tipologia.

3. DESENVOLVIMENTO

O ambiente de uso coletivo e técnico dentro de uma edificação habitacional de uso multifamiliar terá uma destinação de uso específico e, com isso, uma forma de gerar e propagar ruído para receptores, podendo estes estarem ou não na mesma edificação. O tipo de ruído gerado pelo ambiente emissor ditará a forma com que soluções acústicas serão

propostas para seu tratamento, a fim de mitigar ao máximo os impactos negativos dessa interação acústica.

Observa-se que além dos parâmetros de avaliação diferentes para os dois grupos de ambiente, a emissão e transmissão sonora também são diferentes nos dois grupos, por isso serão analisados separadamente.

3.1 Avaliação de ambientes de uso coletivo

O grupo denominado “ambiente de uso coletivo” é muito diverso, como é possível observar nos exemplos citados na tabela 6 da ABNT NBR 15.575-3:2021: “*home theater*, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas, lavanderias coletivas” [3]. Alguns desses ambientes requerem projeto específico de acústica, como é o caso de *home theaters*, que necessitam de um estudo detalhado do tempo de reverberação por frequência, ou das academias, que emitem ruídos de impacto específicos, conforme descrito na nota do item 12.3.1 desta mesma norma. No entanto, estas especificidades não serão foco das análises traçadas no presente estudo.

Propõe-se que o primeiro passo do projeto seja elencar os elementos que irão interagir acusticamente com outros espaços, tais como lajes, vedações verticais externas e internas, esquadrias que compõem as vedações, *shafts* etc., de maneira que, após essa análise, seja possível a verificação de quais parâmetros serão aplicados em cada situação. Como exemplo, uma laje de teto de um salão de festas pode ser o sistema de piso de uma unidade habitacional ou de um outro ambiente de uso coletivo como um *home office*.

Na primeira situação há a necessidade de determinar um $D_{nT,w}$ mínimo. Na segunda situação, não há nenhum parâmetro normativo estabelecido, apesar de parecer claro que a atividade do salão de festa irá interferir na atividade do *home office*. Ainda nesse exemplo, o teto do salão de festa pode ser parte de um sistema de cobertura e nesse caso, seria necessário determinar um valor de L_{Aeq} máximo conforme os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 10151:2019 [6].



Para calcular o nível sonoro que chegará aos espaços adjacentes à fonte, deverá ser primeiramente admitido um nível de pressão sonora da fonte (L_m) representativo do ambiente fonte de ruído. Este valor varia consideravelmente de acordo com a destinação do ambiente e com a lotação prevista no projeto de arquitetura [8].

Rindel (2012, apud PAIM, 2018) [8] apresenta método de cálculo do nível sonoro previsto para ambiente fechado com atividade de conversação. O método utiliza o *layout* do ambiente para determinar sua lotação e prever a quantidade de pessoas conversando simultaneamente com base no tamanho médio dos grupos de pessoas que estão interagindo entre si. O nível sonoro pode ser calculado conforme fórmula a seguir:

$$L_n = 93 - 20 \cdot \log\left(\frac{A \cdot g}{N}\right), \quad (dBA) \quad (2)$$

onde L_n corresponde ao nível previsto para o ambiente, sendo A a absorção equivalente da sala, g o tamanho do grupo de usuários e N a ocupação máxima do ambiente.

Apesar deste modelo não considerar a contribuição de emissão de música ambiente para o nível sonoro final, prevista em algumas situações, trata-se de um método previewal relevante para vários ambientes de uso comum.

Neste sentido, conhecido um valor global da fonte, pode-se aplicar o método simplificado do cálculo da ISO 12354-4:2017, método de cálculo de previsão do nível sonoro externo a fachada de um ambiente/edificação com base no ruído interno do mesmo [9]. O método considera a transmissão do ruído pelo ar, dos elementos construtivos mais relevantes do sistema e suas aberturas para determinar o L_{Aeq} externo conforme parâmetros da NBR 10151:2019.

Para determinar um $D_{nT,w}$, utiliza-se o método de cálculo da ISO 12354-1:2017. Este método faz uso principalmente da transmissão direta ou indireta de flancos, considerando como dado de entrada os valores de Índice de Redução Sonora Ponderado (R_w) e a massa dos materiais que compõem o elemento separador e os flancos, além do volume do ambiente receptor [10]. Tal

método se aplica tanto para avaliação dos Sistemas de Piso quanto para os Sistemas de Vedações Verticais Internas - SVVI.

O cálculo de $L_{nT,w}$ utiliza o método da ISO 12354-2:2017, no qual estima-se o isolamento sonoro de impacto entre ambientes, caracterizando a transmissão, direta ou indireta por meio dos flancos, derivados da propagação do ruído por elementos estruturais, tendo influência direta da massa dos elementos estruturais e dos sistemas construtivos dos flancos, e volume do ambiente receptor [11].

Sendo assim, com os métodos matemáticos da ISO 12354:2017 partes 1, 2 e 4 é possível modelar e projetar todos os parâmetros normativos de avaliação aplicáveis para esse grupo de ambientes.

3.2 Avaliação de ambientes técnicos

Conforme dito anteriormente, para ambientes técnicos não há na ABNT NBR 15.575:2021 requisitos obrigatórios. Nesta norma, são apresentados somente requisitos informativos. No entanto, na NBR 10152:2017 é delimitado um valor de referência para o nível de pressão sonora equivalente para dormitórios e sala de estar de residências [7]. Para estes ambientes, também se aplicam os valores de referência dos níveis de pressão sonora equivalentes para ambientes externos constantes na ABNT NBR 10.151:2019 [6].

Ambientes técnicos promovem, além da transmissão de ruído aéreo, ruídos causados por vibração. Portanto, também é necessária uma análise criteriosa quanto as ligações rígidas das fontes com os elementos construtivos como lajes, pilares, vigas e elementos de vedação. Também deverão ser analisadas as ligações entre os equipamentos das tubulações e dutos a ele conectados.

Sendo assim, considera-se que o primeiro passo para desenvolvimento de projeto acústico destes ambientes também seria identificar os elementos construtivos que possuem relação com demais ambientes, a fim de definir quais parâmetros e valores de referência deverão ser considerados.



Os limites de RL_{Aeq} poderão ser garantidos por meio de definição máxima do ruído que a fonte poderá emitir, ou tratamento do ambiente emissor de ruído, seja por meio de desconexão em caso de vibração de estrutura, ou ainda reduzindo a reverberação do espaço, diminuindo com isso o nível sonoro interno acrescido pelas reflexões sonoras.

O levantamento dos materiais empregados no projeto arquitetônico dos espaços coletivos/técnicos, ainda sem as avaliações acústicas, tem o objetivo de simular o quanto efetivamente se tem de pressão sonora sendo produzida. Com essa previsão, pode-se calcular soluções de materiais que diminuam as reflexões sonoras internas do ambiente e consequentemente o nível de pressão sonora interna.

Tal redução impacta no desempenho do elemento separador, exigindo menor atenuação dos elementos que compõem a divisa. Essa tática, adotada por projetistas experientes, pode trazer vantagens estratégicas na elaboração do projeto reduzindo a necessidade de performance de isolamento sonoro de elementos como portas, esquadrias e atenuadores sonoros, considerando que esses são elementos de maior fragilidade na passagem do som e de custo mais elevado quanto maior o seu índice de redução sonora (R_w) (MAEKAWA, 2011) [12]. Para tanto é necessário conhecer o espectro de emissão sonora da fonte.

Hipoteticamente, seria menos complexo determinar o nível de potência sonora da fonte desses ambientes, uma vez que se trata de equipamentos, cujos níveis de pressão sonora poderiam ser medidos em câmaras anecoicas, para determinação do seu nível de potência sonora. No entanto, esta informação não é amplamente disponível pelos fabricantes de equipamentos, que muitas vezes desconhecem os parâmetros e métodos normativos de caracterização acústica dos seus produtos.

Conhecendo as características da fonte, pode-se aplicar o método da DIN EN 12354-5:2009 [13] para determinar o valor de L_{Aeq} nos ambientes dormitórios e sala de estar. Para os ambientes externos, deve-se utilizar o método de cálculo da ISO 12354-4:2017 [9] já mencionado, a fim de obter o valor de referência de L_{Aeq} determinada na ABNT NBR 10.151:2009 [6].

4. DIAGRAMA DE PROCEDIMENTO DE PROJETO

Os procedimentos de projeto desenvolvidos foram estruturados em um diagrama que apresenta, a partir da análise da interação do elemento da edificação com outros ambientes, o método de cálculo e o parâmetro a ser calculado em conformidade com a norma pertinente.

A figura 3 apresenta diagrama referente aos ambientes de uso comum e a figura 4, aos ambientes técnicos. Na apresentação dos diagramas, optou-se por definir cores diferentes para cada elemento da edificação a ser examinado, facilitando a visualização das diferentes análises que devem ocorrer no projeto de cada ambiente.

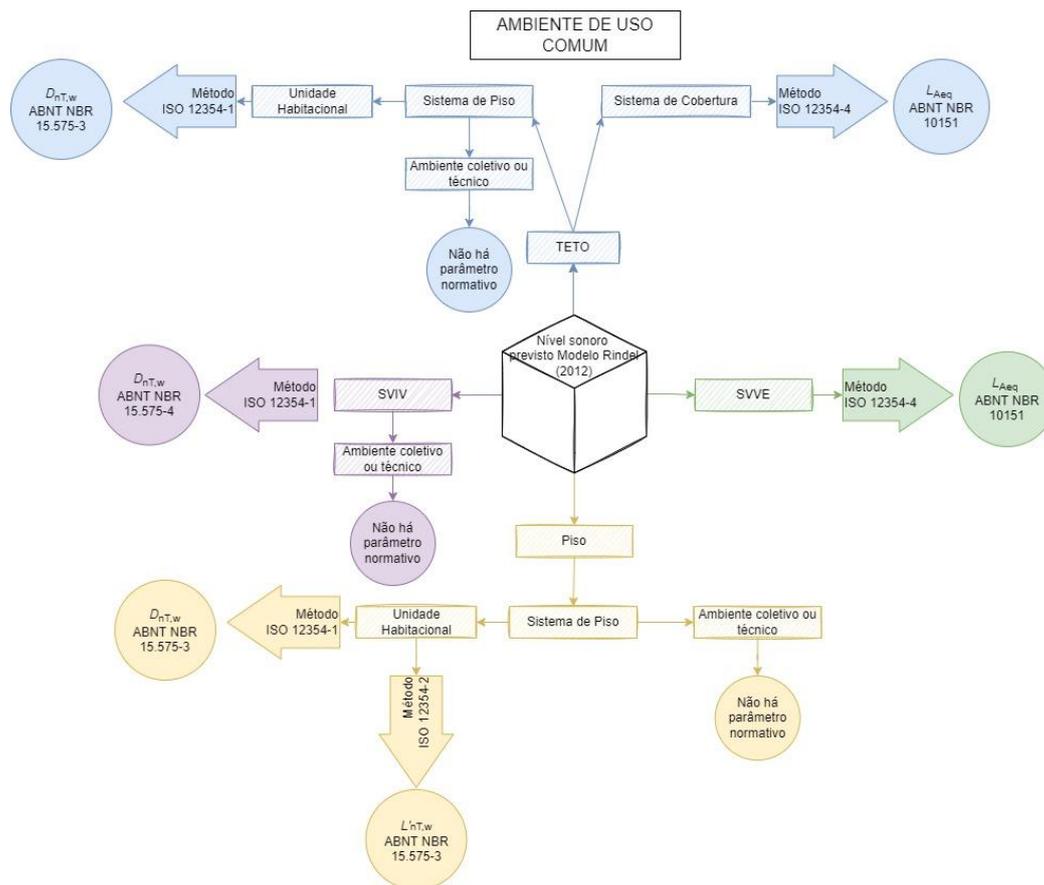


Figura 03: Diagrama de procedimento de projeto acústico para ambiente de uso comum (desenvolvido pelos autores).

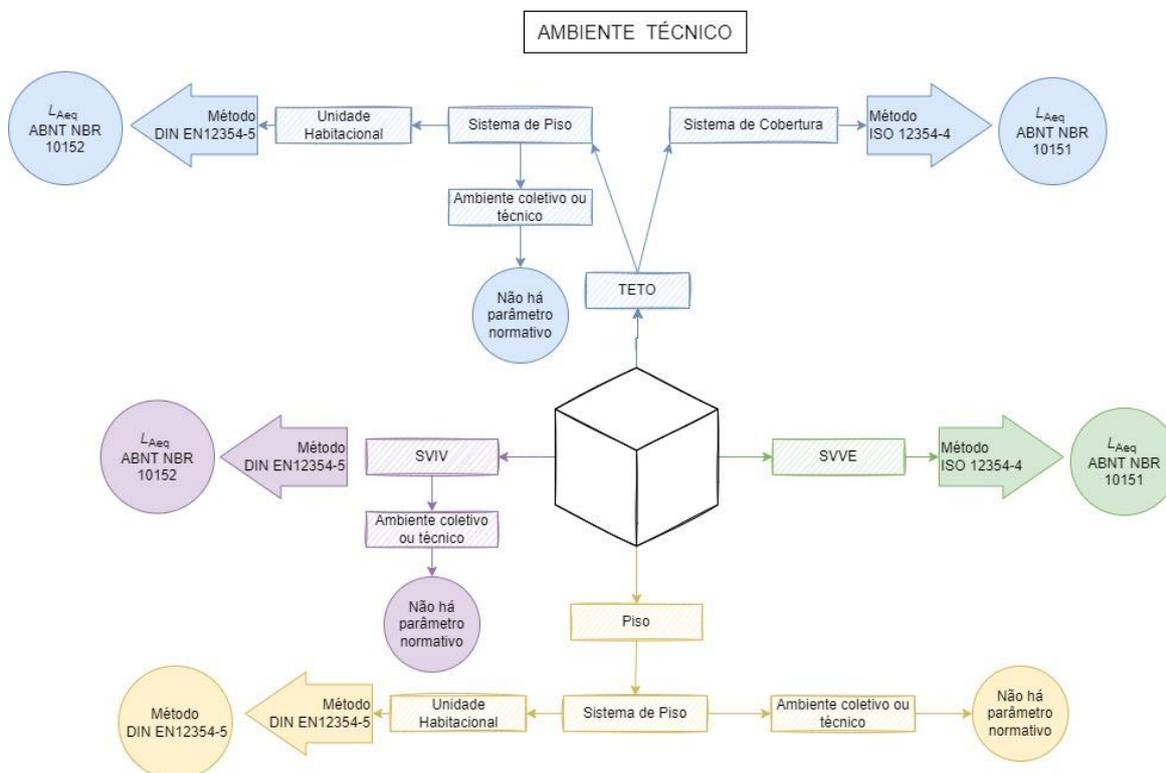


Figura 04: Diagrama de procedimento de projeto acústico para ambiente técnico (desenvolvido pelos autores).



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de projetos acústicos para edificações habitacionais brasileiras é focado nos parâmetros da ABNT NBR 15575:2021. No entanto, se faz necessário observar que existem outros parâmetros normativos aplicáveis a esse tipo de edificação, principalmente quando são analisados ambientes geradores de ruídos, tais como áreas de uso coletivo ou ambientes técnicos.

Este estudo teve como objetivo discutir um procedimento para elaboração de projeto de acústica de ambientes de uso comum e técnico de edificações residenciais que englobasse a observância dos parâmetros estabelecidos na ABNT NBR 15575:2021, ABNT NBR 10151:2019 e ABNT NBR 10152:2017.

Em estudos futuros pretende-se aprofundar, para diferentes tipos de ambiente de uso comum, a aplicação do modelo desenvolvido por Rindel para previsão de nível sonoro gerado por conversação de pessoas e um ambiente fechado, a fim de examinar a aplicabilidade deste modelo previsional nas diversas situações.

Propõe-se ainda detalhar os diagramas apresentados, com as especificações dos dados de entrada necessários para os diferentes métodos de cálculo utilizados, com o intuito de apresentar um compêndio das análises, métodos e informações necessárias para o desenvolvimento de um projeto de acústica destinado a esses tipos de ambientes.

REFERÊNCIAS

[1] ONO, R.; ORNSTEIN, S. W.; OLIVEIRA, F. L.; GALVÃO, W. J. F. Avaliação pós-ocupação: pré-teste de instrumentos para verificação do desempenho de empreendimentos habitacionais em sistemas construtivos inovadores: Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 10, n. 1, p., jan./jun. 2015 Disponível em: <http://dx.doi.org.br/10.11606/gtp.v10i1.88979>

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1:2020 Edifícios Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-3:2020 Edifícios Habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2021.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4:2020 Edifícios Habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2021.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-5:2020 Edifícios Habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2021.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10151:2019 Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2020.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10152:2017 Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2020.

[8] PAIM, F. Conforto Acústico em bares, restaurantes e praças de alimentação. 2018. Curso ministrado no início do XXVIII Encontro da Sobrac, Porto Alegre, 2018.

[9] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 12354-4:2017 Building acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements — Part 4: Transmission of indoor sound to the outside. 2017

[10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 12354-1:2017 Building Acoustics – Estimation of Acoustic Performance of Building from the Performance of Elements. Part 1: Airborne Sound Insulation Between Rooms. 2017

[11] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 12354-2:2017 Building acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements — Part 2: Impact sound insulation between rooms. 2017

[12] MAEKAWA, Z.; RINDEL, J. H.; LORD, P. Environmental and architectural acoustics. 2. ed. New York: Spon Press, 2011. Disponível em: <https://vdoc.pub/download/environmental-and-architectural-acoustics-hk6ppd1clss0> ISBN 0-203-93135-1

[13] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. DIN EN 12354-5:2009 EN Building acoustics - Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements - Part 5: Sounds levels due to the service equipment. Brussels, 2009.