

Avaliação de divisórias internas utilizadas no Brasil e Portugal sob a perspectiva do usuário frente ao ruído de vizinhança

Klippel Filho, S.¹; Patrício, J.²; Tutikian, B.³

¹ PPGEC, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil, sergioklip@edu.unisinos.br

² NAICI, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, jpatricio@lnec.pt

³ PPGEC, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil, bftutikian@unisinos.br

Resumo

Uma adequada capacidade de isolamento acústico dos sistemas construtivos que compõem as edificações residenciais é necessária para a promoção de um ambiente acústico condizente com as expectativas dos usuários. Neste caso, a regulamentação de atendimento de isolamento acústico é realizada a partir de descritores de redução sonora presentes nos documentos técnicos de normalização, tanto no Brasil como em Portugal. Tais requisitos de desempenho acústico consideram os níveis de ruído que podem ser estabelecidos dentro dos ambientes devido a fontes internas apenas com reduzida energia. No caso do ruído de vizinhança, sua energia sonora pode ser significativa, compondo um caráter de incômodo considerável. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é a verificação da possibilidade de incômodo dos usuários acerca do ruído aéreo de vizinhança quando da utilização de sistemas construtivos verticais internos usualmente aplicados no Brasil e em Portugal na compartimentação de dormitórios. A partir da análise, fica evidente que o requisito mínimo de desempenho acústico não garante que os usuários não se sentirão incomodados com o ruído de vizinhança, demonstrando insuficiência de isolamento aos sons aéreos. Neste caso, apenas um sistema que obteve desempenho acústico superior (Brasil), e é adequado para Portugal, se demonstrou apropriado para uma baixa probabilidade de incômodo aos usuários.

Palavras-chave: desempenho acústico, isolamento aos sons aéreos, sistemas de vedação vertical, ruído de vizinhança.

PACS: 40.50.-x, 43.50.Jh, 43.55.Rg.

Evaluation of internal building walls used in Brazil and Portugal under the perspective of the users regarding neighbour noise

Abstract

Concerning building acoustics in residential constructions, the sound insulation rating of the constructive systems must meet the user's expectancy concerning the acoustic environment inside the partitions. Globally, sound insulation requirements have been developed and prescribed by public regulation agencies, including Brazil and Portugal, to ensure minimal performance levels, in terms of sound insulation. These performance standards consider sound energy levels that can be established inside rooms from internal building sources but with majorly low energy levels, which is not always the case concerning neighbouring noise. This way, the aim of the article is to evaluate if internal partitions usually used in Brazil and Portugal are adequate to provide a low annoyance probability for the building users considering the neighbouring noise in residential buildings. The analysis highlighted that complimenting minimal performance standards doesn't ensure an environment where the users won't feel annoyed with the neighbour noise, demonstrating sound insulation insufficiency. For the cases proposed, only a building wall that meets the superior performance level in Brazil, and can be used in Portugal, could be considered adequate for the user's acoustical satisfaction against neighbour noise.

Keywords: acoustic performance, airborne sound insulation, separating walls, neighbour noise.

1. INTRODUÇÃO

A verificação do desempenho de uma edificação possui a finalidade de assegurar e promover um ambiente adequado aos seus usuários para desenvolvimento de suas atividades. Neste sentido, o isolamento acústico dos componentes construtivos é um aspecto importante nas edificações destinadas a uso residencial, comercial, hospitalar e de ensino. Assim, o isolamento acústico promove um ambiente adequado para a execução de atividades sem que estas gerem incômodo às outras unidades ou ambientes da edificação, além de garantir a privacidade acústica durante o uso [1, 2, 3].

Do ponto de vista do usuário frente ao isolamento acústico dos elementos que compõem a edificação, a tendência de seu nível de sensibilidade é de aumentar com o passar do tempo, demandando adequação constante dos parâmetros de avaliação dos sistemas construtivos. Tal fator integra uma componente de suma importância no programa de necessidades de uma edificação para garantia de um desempenho apropriado em situações normais de uso [2, 4].

A partir disso, fica claro que a satisfação do usuário está condicionada pela presença apenas de sons desejados e em nível adequado dentro de suas unidades, além da possibilidade de geração de ruído interior sem produzir incômodo aos seus vizinhos, mantendo a confidencialidade. Desta forma, fica marcada a necessidade de um isolamento acústico adequado nas edificações, necessário para que todos os usuários possuam um ambiente acústico condizente ao desenvolvimento de suas atividades [1, 5].

Do ponto de vista da regulamentação, no Brasil, o desempenho das edificações é requisitado apenas para edificações de cunho residencial. Considerando sistemas de vedação vertical internos, o desempenho é regulamentado pela norma ABNT NBR 15575-4 [6], impondo que tais elementos possuam, dentre outros requisitos, um isolamento aos sons aéreos. O isolamento acústico é definido em termos da diferença de nível padronizada ponderada ($D_{nT,w}$), com nível mínimo, e possibilidade de obtenção

de níveis intermediários e superiores como um diferencial.

Em Portugal, a regulamentação de desempenho acústico frente à capacidade de isolamento aos sons aéreos de sistemas de vedação vertical internos é realizada pelo Decreto-Lei n.º 129/2002 [7], que prevê a aplicação deste critério para edificações habitacionais, mistas, hotéis, escolares e hospitalares, com parâmetros mínimos de $D_{nT,w}$.

Em ambos os países, a avaliação do requisito de desempenho acústico é realizada com a edificação finalizada, em sua condição de entrega ao cliente. Desta forma, Rasmussen [8] e Newell [9] indicam que deve haver correlação, em fase de projeto, acerca da capacidade de isolamento acústico dos sistemas construtivos (previsão), além de uma execução que promova o atendimento dos requisitos quando da finalização da obra (medição) e a avaliação dos usuários ao utilizarem os ambientes edificados. Estes três fatores são interdependentes e demonstram que cada um, frente ao desempenho acústico, possui influência no sucesso de uma edificação em sua utilização.

Com a finalidade de correlacionar o isolamento acústico com a inteligibilidade da fala em um ambiente adjacente, a Tabela F.8 da norma ABNT NBR 15575-4 [6] busca elucidar a discussão, com níveis sonoros em concordância com a norma ABNT NBR 10151 [10] e ABNT NBR 10152 [11]. Neste caso, considerando um sistema construtivo de compartimentação com $D_{nT,w}$ de 45 dB, ruídos de vizinhança em torno de 35 a 40 dB são audíveis, porém, não inteligíveis. Com a utilização de sistemas de compartimentação com $D_{nT,w}$ maior ou igual a 50 dB, o ruído de conversação não é audível no ambiente receptor.

Todavia, a norma ABNT NBR 15575-4 [6] não especifica o nível de pressão sonora considerado para a conversação em fala alta, nem de forma global como espectral, dificultando a avaliação de casos específicos, podendo haver insatisfação dos usuários quando do estabelecimento de ruído de vizinhança em níveis maiores dos utilizados como referência.

De acordo com Patrício [12], as fontes de ruído internas às edificações são provenientes dos equipamentos prediais, de uso coletivo, e das atividades dos usuários em suas unidades individuais. Neste cenário, Maschke e Niemann [13] indicam que, tendo em vista a natureza das fontes presentes, o potencial de incomodidade causado pelo ruído de vizinhança entre unidades é muito elevado (Figura 1). Isto se dá pois é um sinal sonoro com elevado conteúdo de informações (ao exemplo de fala, conversa e música) e é natural para os seres humanos desprenderem sua atenção para sons que carregam este tipo de informação, mesmo que o nível sonoro seja baixo. Ainda, o potencial de incômodo do ruído de vizinhança pode ser agravado pelo conhecimento do receptor acerca de seu vizinho e também pela impotência de seu controle.

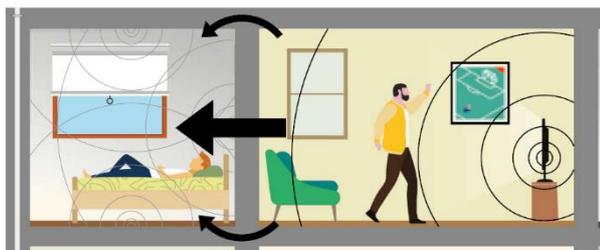


Figura 1: Ruído de vizinhança entre unidades (adaptado de ProAcústica [14]).

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é a verificação da possibilidade de incômodo dos usuários acerca do ruído de vizinhança, com diferentes níveis de energia sonora, quando da utilização de sistemas construtivos verticais internos de diferentes níveis de desempenho acústico, usualmente utilizados no Brasil e em Portugal.

2. MÉTODO

O ambiente proposto para esta pesquisa é um dormitório, pertencente a uma unidade habitacional, que possui uma parede de gemação com outra unidade, responsável por separar o dormitório receptor de outro, emissor, de mesmas características. Cada um dos ambientes hipotéticos considerados na presente análise foi definido a partir das práticas recomendadas por Neufert [15], com dimensões e disposição dos

ambientes ilustrados pela Figura 2, além da definição do tipo de junção e continuidade dos elementos que formam o ambiente.

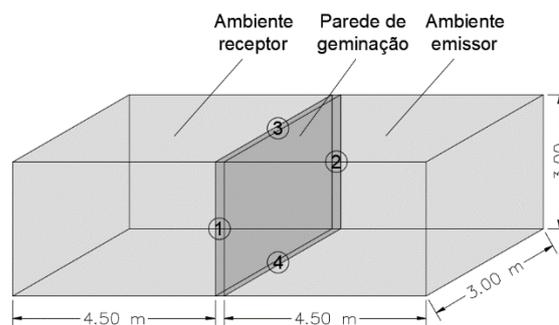


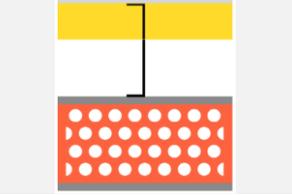
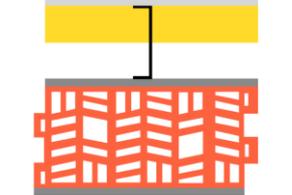
Figura 2: Configuração dos ambientes e conexões entre sistemas construtivos

Para a avaliação do desempenho acústico da parede de gemação foram definidas três composições distintas de sistemas de vedação vertical comumente utilizados no Brasil e em Portugal, com índice de redução sonora medido em laboratório por Guillen *et al.* [16] e Oliveira *et al.* [17]. Ainda, foi padronizado um sistema de laje de piso para compartimentação dos ambientes, seguindo os valores teóricos disponíveis na norma ABNT NBR ISO 12354-1 [18]. Assim, a partir dos dados presentes nos estudos supracitados, no Quadro 1 estão presentes as características dos sistemas construtivos. O Quadro 2 ilustra a composição de cada sistema e sua massa superficial, e na Figura 3 estão presentes as capacidades de isolamento aos sons aéreos.

Quadro 1: Características dos sistemas construtivos.

Nomenclatura	Descrição
PAR-1	Parede de blocos cerâmicos estruturais (14 cm) + revestimento em argamassa em ambas as faces (2 cm)
PAR-2	Parede de tijolos cerâmicos (11 cm) revestida em argamassa em ambas as faces (1 cm) + <i>steelframe</i> com caixa de ar (8 cm) e lã mineral (5 cm) + placa de gesso acartonado (1,25 cm)
PAR-3	Parede de blocos cerâmicos (14 cm) revestida em argamassa em ambas as faces (1 cm) + <i>steelframe</i> com caixa de ar (5 cm) e lã mineral (5 cm) + placa de gesso acartonado (1,25 cm)
Laje maciça C.A.	Laje maciça de concreto armado (12 cm)

Quadro 2: Composição dos sistemas construtivos.

Nomenclatura	Composição	Massa sup. (kg/m ²)
PAR-1		234
PAR-2		221
PAR-3		199
Laje maciça C.A.		264

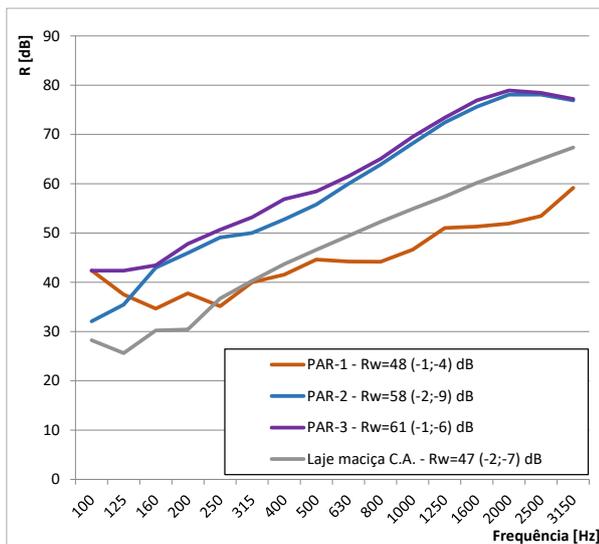


Figura 3: Índice de redução sonora dos sistemas construtivos.

A estimativa de isolamento acústico dos sistemas construtivos *in situ* foi efetuada por meio da metodologia presente na norma ABNT NBR ISO 12354-1 [18], conforme recomendado pela norma ABNT NBR 15575-4 [6]. Esta previsão foi realizada a partir dos índices de redução sonora *in situ* (R_{situ}) de cada uma das tipologias, calculados a partir dos dados de laboratório (três tipologias de parede) e teóricos (lajes de piso) presentes na Figura 3.

Ainda, foi considerado que as paredes adjacentes à divisória sob análise são do mesmo sistema construtivo que a divisória geminada, para cada tipologia de parede. Para todas as tipologias de parede, foram consideradas lajes maciças de concreto armado de 120 mm para formação dos pavimentos superiores e inferiores à parede sob análise.

A análise foi feita entre as bandas de frequência de 100 Hz a 3.150 Hz, considerando a relação de massas entre os elementos construtivos formada pela massa superficial homogeneizada a partir da ponderação de massa de cada componente. As junções foram consideradas em T, para as arestas 1 e 2, e em cruz para as arestas 3 e 4 da Figura 2, rígidas entre todos os elementos, para determinação do índice de redução de vibração (K_{ij}) associado à transmissão estrutural indireta entre o sistema de parede sob análise e sua envolvente.

O cálculo da diferença de nível padronizada (D_{nT}), considerando as contribuições indiretas, foi realizado por meio de

$$D_{nT} = -10 \log \left[10^{\frac{-R_{Dd}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{Ff}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{Df}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_{Fd}}{10}} \right] + 10 \log \left[\frac{(0,16V)}{(0,5S)} \right], \quad (1)$$

em que D_{nT} é a diferença de nível padronizada; R_{Dd} é o índice de redução sonora de flanco para o caminho de transmissão Dd; R_{Ff} é o índice de redução sonora de flanco para o caminho de transmissão Ff; R_{Df} é o índice de redução sonora de flanco para o caminho de transmissão Df; R_{Fd} é o índice de redução sonora de flanco para o caminho de transmissão Fd; V é o volume da sala de recepção; e S é a área do elemento de separação. A diferença de nível padronizada ponderada ($D_{nT,w}$) foi calculada a partir das premissas da norma ISO 717-1 [19].

Para verificação da percepção do usuário, no ambiente receptor, frente à capacidade de isolamento acústico de cada sistema de parede, foram adotados quatro espectros de fala masculina, tendo em vista a maior energia sonora pre-

sente em sua fala, em comparação à fala feminina para um mesmo esforço. Tais espectros foram selecionados a partir do extensivo estudo de Pearsons, Bennett e Fidell [20], descrito por Olsen [21], medidos em câmara anecoica com locução de um texto padrão. A Figura 4 ilustra os espectros propostos, sendo que estes foram utilizados como fonte emissora, presente no cômodo emissor, para realização das análises.

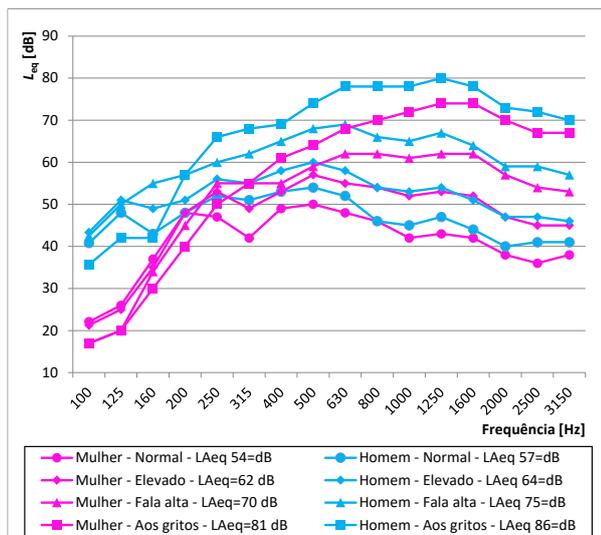


Figura 4: Espectros de conversação de homens e mulheres (adaptado de Olsen [21]).

A partir da capacidade prevista de isolamento aos sons aéreos (D_{nT}) e dos espectros de ruído estabelecidos no ambiente emissor, a análise da atenuação sonora de cada divisória foi realizada, para cada banda de frequência, por meio de

$$L_{eq,rec} = L_{eq,emi} - D_{nT} + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right), \quad (2)$$

em que $L_{eq,rec}$ é o nível médio de pressão sonora no ambiente receptor, em dB; $L_{eq,emi}$ é o nível médio de pressão sonora no ambiente emissor, em dB; D_{nT} é a diferença de nível padronizada, em dB; T é o tempo de reverberação do ambiente receptor, considerado igual a 0,5 s; e T_0 é o tempo de reverberação de referência, igual a 0,5 s. Tal avaliação foi baseada em níveis de pressão sonora representativos dos ambientes emissor e receptor, obtidos a partir da média espacial do nível sonoro nos cômodos.

De posse dos níveis de pressão sonora no ambiente receptor, em cada banda de frequência, foi calculado seu nível médio de pressão sonora ponderado em A (L_{Aeq}), por meio da curva de ponderação A da norma IEC 61672-1 [22].

Para ambientes utilizados como dormitório, a prescrição da norma ABNT NBR 10152 [11], em consonância com Patrício [12], implica um limite para o nível de pressão sonora ponderado em A (L_{Aeq}) de 35 dB e uma Curva NC-30 (critérios de ruído NC) como limite. Assim, devido à natureza do ruído de vizinhança (incômodo é amplificado pelo teor de informações presente em conversações), para avaliação da perspectiva do usuário frente ao ruído estabelecido dentro do ambiente receptor (dormitório), foram propostos os limites presentes no Quadro 3.

Quadro 3: Níveis de L_{Aeq} e Curva NC para diferentes ocorrências de incômodo em dormitórios.

Avaliação	L_{Aeq} (dB)	Curva NC
Provável ocorrência de incômodo	35	NC-30
Possível ocorrência de incômodo	30	NC-25
Baixa probabilidade de incômodo	25	NC-20

Baseado nos limites de avaliação do estudo de Maschke e Niemann [13], os limites para consideração da ocorrência de incômodo, presentes no Quadro 3, foram definidos partindo do limite máximo da ABNT NBR 10152 [11] e recomendação de Patrício [12], sendo propostos mais dois limites, com diferenças de 5 dB, promovendo uma diferença de nível perceptível.

Por fim, de modo a avaliar a capacidade prevista de desempenho acústico de cada sistema construtivo, foram utilizados os intervalos de avaliação do Brasil, presentes na norma ABNT NBR 15575-4 [6], e de Portugal, por meio do Decreto-Lei n.º 129/2002 [7], conforme ilustra o Quadro 4.

Quadro 4: Níveis de desempenho para isolamento acústico de paredes que dividem dormitórios.

País	$D_{nT,w}$ (dB)	Nível de desempenho
Brasil	45 a 49	Mínimo
	50 a 54	Intermediário
	≥ 55	Superior
Portugal	≥ 50	-

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma a subsidiar a análise, primeiramente, no Quadro 5 estão presentes os resultados de diferença de nível padronizada ponderada, considerando as contribuições indiretas, de cada sistema construtivo, e sua avaliação de nível de desempenho.

Quadro 5: Nível de desempenho para os sistemas construtivos.

Nomenclatura	$D_{nT,w}$ (dB)	Nível de desempenho	
		Brasil	Portugal
PAR-1	46	Mínimo	Não atende
PAR-2	53	Intermediário	Atende
PAR-3	55	Superior	Atende

Considerando os resultados obtidos, é possível verificar que os sistemas construtivos obtiveram, em ordem de complexidade, desempenho acústico mínimo, intermediário e superior frente aos requisitos do Brasil. No caso dos limites de Portugal, apenas o sistema PAR-1 não obteve capacidade de isolamento acústico suficiente, não sendo admitido frente à legislação portuguesa.

Em relação ao sistema construtivo PAR-1, na Figura 5 estão presentes os níveis de pressão sonora no ambiente emissor e receptor, calculados a partir da diferença de nível padronizada para o sistema.

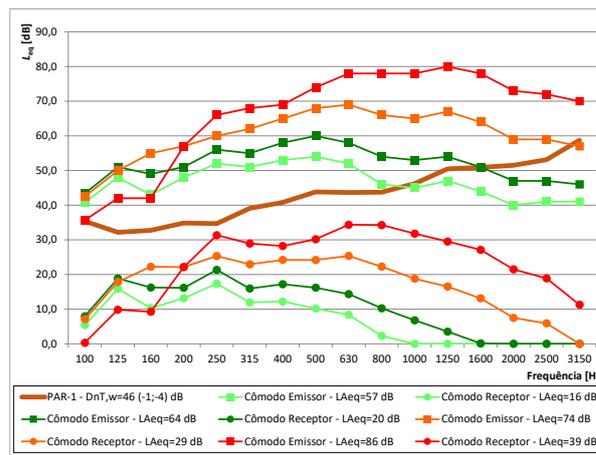


Figura 5: Divisória PAR-1: níveis de pressão sonora estabelecidos no ambiente receptor.

O espectro dos níveis de pressão sonora no ambiente emissor, nas quatro intensidades propostas, possui maior concentração de energia sonora nas bandas de média frequência e a curva de isolamento acústico do sistema PAR-1 possui maior eficiência nas bandas de média-alta frequência. Desta forma, considerando o espectro emissor de maior energia, a capacidade de atenuação do ruído, por parte do sistema construtivo, foi bastante reduzida na faixa de 250 Hz a 2.000 Hz.

Neste caso, para os ruídos de conversação com L_{Aeq} igual a 57 e 64 dB, a probabilidade de incômodo dos usuários do ambiente receptor é baixa, classificados pela curva NC-15, mas frente à incidência do espectro de ruído com L_{Aeq} igual a 75 dB já existe a possibilidade da ocorrência de incômodo (curva NC-25). Tal situação é agravada quando o sistema construtivo necessita atenuar o ruído de vizinhança de maior energia, frente ao qual é provável a ocorrência de incômodo (curva NC-40), estando em desacordo com o limite para uma baixa probabilidade de incômodo.

Assim, mesmo que o sistema atenda ao requisito brasileiro, frente ao desempenho acústico, esta tipologia não possui capacidade de isolamento acústico suficiente para garantir uma baixa possibilidade de incômodo aos usuários em função dos níveis de conversação propostos, além de não estar de acordo com o requisito português.

Em relação ao sistema de parede PAR-2, a Figura 6 ilustra os níveis de ruído no ambiente receptor, estabelecidos a partir do isolamento acústico promovido pelo sistema construtivo frente ao ruído emitido no cômodo emissor.

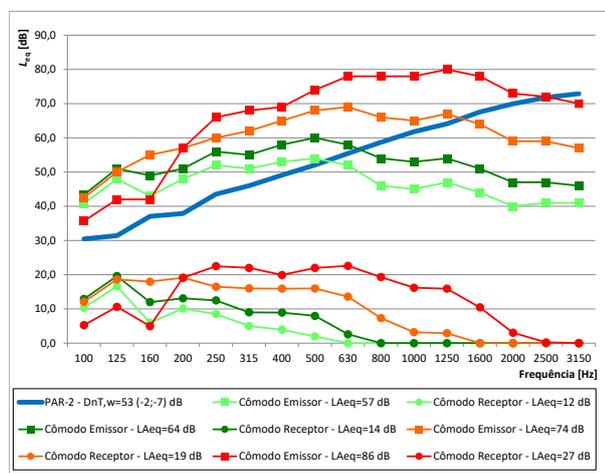


Figura 6: Divisória PAR-2: níveis de pressão sonora estabelecidos no ambiente receptor.

Por meio do espectro de D_{nT} para o sistema PAR-2, é possível verificar que o sistema construtivo possui deficiência, em relação aos espectros de ruído, de isolamento acústico nas bandas de 200 Hz a 800 Hz, resultando em uma menor atenuação dos níveis de ruído nesta faixa.

A capacidade de isolamento acústico do sistema é suficiente para promover uma baixa probabilidade de incômodo quando o sistema construtivo é excitado pelos ruídos de conversação com L_{Aeq} de até 75 dB, possuindo um nível de isolamento acústico adequado. Neste caso, quando do estabelecimento do espectro de conversação de maior energia sonora no ambiente emissor (L_{Aeq} de 86 dB), o isolamento acústico promovido pelo sistema construtivo promove a possibilidade de ocorrência de incômodo aos usuários (curva-NC25).

Assim, o presente sistema construtivo atende aos requisitos brasileiros (desempenho acústico intermediário) e portugueses, e quando do estabelecimento de conversas com L_{Aeq} próximos a 75 dB, é esperada uma baixa probabilidade de insatisfação por parte dos usuários do ambiente vizinho. Com ruídos de vizinhança

com L_{Aeq} em torno de 86 dB existe a possibilidade de ocorrência de incômodo aos usuários, indicando atenção em sua prescrição.

Por fim, considerando o sistema de parede PAR-3, a avaliação do nível de pressão sonora presente no ambiente receptor, resultante da atenuação promovida pela divisória a partir do ruído de conversação emitido no cômodo emissor, está presente na Figura 7.

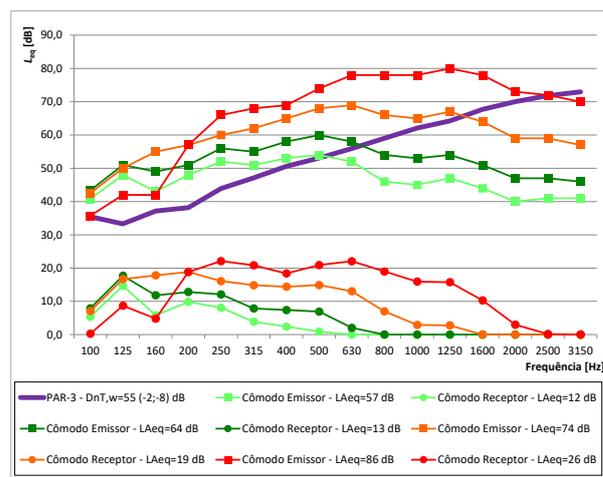


Figura 7: Divisória PAR-3: níveis de pressão sonora estabelecidos no ambiente receptor.

Considerando o sistema PAR-3, sua capacidade de redução dos sons aéreos é considerável nas bandas de média frequência, que é a faixa mais demandada pelos espectros de ruído propostos. Sendo assim, mesmo para o espectro de ruído de conversação mais elevado, o sistema possui capacidade de atenuação da energia de forma eficiente, com níveis sonoros em torno de 20 dB nas bandas de média frequência.

Neste caso, frente à percepção dos usuários do ambiente receptor, mesmo o nível de ruído advindo da situação mais desfavorável é classificado pela curva NC-20, classificado no limite mais restritivo, no qual é baixa a probabilidade de incômodo aos usuários. Isto indica que o sistema construtivo é adequado para todos os espectros de conversação definidos como fonte emissora. Assim, é esperado que o presente sistema, classificado com desempenho acústico superior frente à norma brasileira, e adequado à norma portuguesa, seja satisfatório aos usuá-

rios da unidade receptora, quando do estabelecimento dos níveis de conversação propostos na unidade de seu vizinho imediato.

Por fim, de modo a realizar uma análise geral da percepção do usuário no ambiente receptor, a Figura 8 ilustra os valores do nível médio de pressão sonora no cômodo receptor, para cada nível de ruído emissor, em função da atenuação promovida por cada uma das tipologias de divisória.

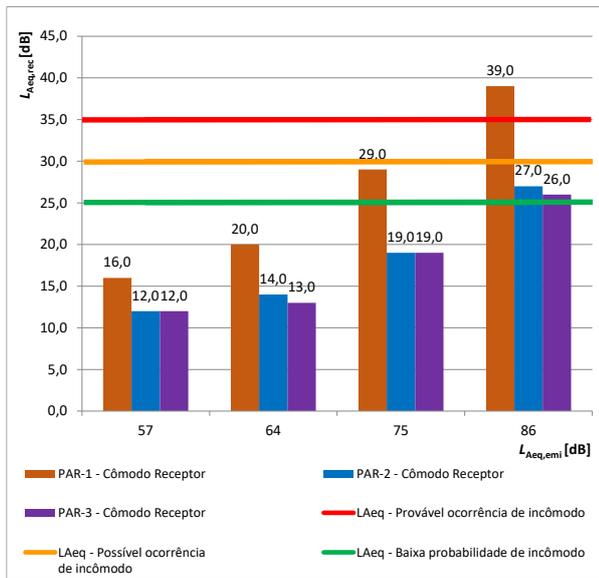


Figura 8: Níveis de pressão sonora equivalentes no ambiente receptor para cada condição de ruído em função do sistema de vedação vertical.

Considerando os resultados de nível médio de pressão sonora ponderado em A, existe baixa probabilidade de incômodo aos usuários de todos os sistemas construtivos quando são estabelecidos os níveis de conversação propostos com L_{Aeq} de 57 e 64 dB, porém, este cenário não se mantém com níveis mais elevados. Considerando um nível de ruído de vizinhança emissor com L_{Aeq} de 75 dB existe a possibilidade de ocorrência de incômodo aos usuários da edificação com a divisória PAR-1. Considerando este nível, com o uso dos outros dois sistemas existe uma baixa probabilidade de incômodo.

Considerando o cenário de maior energia de ruído de vizinhança, com utilização do sistema construtivo PAR-2 é provável a ocorrência de

incômodo aos usuários da unidade. Para os sistemas PAR-2 e PAR-3, nesta condição de ruído emissor, sua capacidade de isolamento acústico é insuficiente, gerando uma possível ocorrência de incômodo quando do uso da unidade receptora submetida a tal energia sonora no ambiente adjacente.

Desta forma, em oposição à análise por bandas de frequências, que apontou para uma baixa probabilidade de incômodo aos usuários quando do uso do sistema construtivo PAR-3, quando da análise do L_{Aeq} tal situação não foi confirmada. Neste caso, mesmo atendendo ao requisito português e atingindo desempenho acústico superior frente à norma brasileira, o sistema construtivo não possui capacidade de isolamento acústico global adequada para garantir uma baixa probabilidade de incômodo aos usuários de um dormitório adjacente ao estabelecimento de um ruído de vizinhança com L_{Aeq} de 86 dB.

Assim, fica evidente a necessidade de avaliação conjunta do comportamento do isolamento sonoro dos sistemas construtivos por banda de frequências e de forma global (L_{Aeq}) para a verificação de todos os dados disponíveis neste panorama para melhor retratar a satisfação do usuário em situações de elevado ruído de vizinhança.

Por fim, apesar de até o sistema construtivo com nível superior de desempenho acústico (Brasil), e aceito em Portugal, não promover isolamento aos sons aéreos suficiente para que não haja uma baixa probabilidade de incômodo ao usuário (avaliação global), é necessário indicar que as delimitações propostas nesta pesquisa limitam a avaliação para este cenário, sendo possível a obtenção de resultados distintos com uso de outra configuração de ambiente e sistemas construtivos.

Isto indica que, apesar dos resultados aqui descritos, tal avaliação de ruído de vizinhança não pode ser generalizada e cada caso deve ser analisado com atenção às suas particularidades, com uso de dados de isolamento acústico coerentes ao que se pretende utilizar, expectativa

do usuário da edificação proposta, nível de desempenho acústico necessário e previsão do espectro de ruído que poderá ser estabelecido nos ambientes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento das análises propostas por esta pesquisa é possível verificar que, apesar da necessidade de atendimento dos requisitos de desempenho acústico, a especificação de sistemas construtivos baseada apenas em seu nível de desempenho não promove a garantia de satisfação dos usuários em situações reais de uso.

Desta forma, apesar das ferramentas de previsão auxiliarem no atendimento dos requisitos impostos pela norma técnica (Brasil) e legislação (Portugal), a consideração do espectro e níveis de ruído aos quais os sistemas construtivos serão expostos se mostra como um parâmetro de projeto de suma importância para que o bem-estar e a privacidade acústica dos usuários sejam alcançados no desenvolvimento de suas atividades.

A análise dos níveis de pressão sonora por banda de frequência e médios ponderados em A no ambiente receptor se mostraram como parâmetros indispensáveis para especificação dos sistemas construtivos e sua avaliação deve ser realizada de forma conjunta, uma vez que avaliações distintas podem ser obtidas entre os dois métodos, devendo ser utilizado o mais restritivo.

Neste caso, para o sistema construtivo PAR-3, a análise espectral apontou para uma baixa probabilidade de incômodo, enquanto que a análise dos níveis médios de pressão sonora ponderados em A indica que existe a possibilidade de incômodo quando da incidência do ruído de conversação de maior energia sonora.

Em termos da análise dos níveis médios de pressão sonora ponderados em A no ambiente receptor, mesmo os sistemas construtivos que obtiveram desempenho acústico intermediário e superior frente aos requisitos brasileiros, e

atendem ao regimento português, para a condição proposta, apresentaram a possibilidade de ocorrência de incômodo aos usuários da unidade receptora de ruído de vizinhança.

Desta forma, para os espectros de conversação propostos, a recomendação de sistemas construtivos baseada apenas no atendimento dos requisitos de desempenho acústico da norma brasileira e da legislação portuguesa provavelmente não garante a efetiva satisfação dos usuários quando do uso da edificação. Assim, é recomendada a consideração dos possíveis níveis sonoros que podem ser estabelecidos nos ambientes habitacionais para garantia de uma reduzida probabilidade de incômodo aos usuários das unidades vizinhas.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

1. HOPKINS, C. *Sound insulation*. 1. ed. Oxford: Elsevier, 2007.
2. RINDEL, J. H. *Sound insulation in buildings*. 1. ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group LLC, 2018.
3. ALLEN, E.; IANO, J. *Fundamentals of building construction: materials and methods*. 7. ed. New Jersey: John Wiley and Sons Inc., 2019.
4. POHL, J. *Building science: concepts and application*. 1. ed. Chichester: John Wiley Ltd, 2011.
5. RINDEL, J. H.; RASMUSSEN, B. *Buildings for the future: the concept of acoustical comfort and how to achieve satisfactory acoustical conditions with new buildings*. *COMET-SAVIOR Course*, Grenoble: CSTB, 18 p., 1995.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais:*

Desempenho: Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2021.

7. PORTUGAL. *Decreto-Lei n° 129*, de 11 de maio de 2002. Dispõe sobre o regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios. Lisboa: Presidência da República, 2002. Disponível em: https://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=3106&tabela=leis&so_miolo=. Acesso em: 08 jun. 2024.

8. RASMUSSEN, B. Sound insulation between dwellings – requirements in building regulations in Europe. *Applied Acoustics*, v. 71, n. 6, p. 373-385, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2009.08.011>. Acesso em: 08 jun. 2024.

9. NEWELL, P. *Recording studio design*. 4. ed. Oxford: Elsevier Ltd., 2017.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR 10151*: Acústica: Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas: Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR 10152*: Acústica: Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.

12. PATRÍCIO, J. *Acústica nos edifícios*. 7. ed. Porto: Quântica Editora, 2018.

13. MASCHKE, C.; NIEMANN, H. Health effects of annoyance induced by neighbour noise. *Noise Control Engineering Journal*, 2007. v. 55, n. 3, p. 348–356. Disponível em: <https://doi.org/10.3397/1.2741308>. Acesso em: 08 jun. 2024.

14. PROACÚSTICA. *Manual ProAcústica Sobre a Norma de Desempenho*: ABNT NBR 15575:2021 – acústica. 4. ed. São Paulo: ProAcústica, 2022. Disponível em: <https://www.proacustica.org.br/manuais-proacustica/manual-proacustica-sobre-a-norma-de-desempenho-4edicao/>. Acesso em: 08 jun. 2024.

15. NEUFERT, E. *A arte de projetar em arquitetura*. 42. ed. Porto Alegre: Bookman, 2022.

16. GUILLEN, I.; URIS, A.; ESTELLES, H.; LLINARES, J.; LLOPIS, A. On the sound insulation of masonry wall façades. *Building and Environment*, v. 43, n. 4, p. 523-529, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.010>. Acesso em: 08 jun. 2024.

17. OLIVEIRA; M. F. de; KLIPPEL FILHO, S.; PACHECO, F.; PATRÍCIO, J. V.; TUTIKIAN, B. F. Influence of ceramic block geometry and mortar coating on the sound reduction of walls. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 195-207, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000200521>. Acesso em: 08 jun. 2024.

18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR ISO 12354*: Acústica de edificações: Estimativa do desempenho acústico nas edificações por meio do desempenho de elementos: Parte 1: Isolamento a ruído aéreo entre ambientes. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

19. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 717*: Acoustics: Rating of sound insulation in buildings and of building elements: Part 1: Airborne sound insulation. Geneva: ISO, 2020.

20. PEARSONS, K. S.; BENNETT, R. L.; FIDELL, S. Speech levels in various noise environments. *Report n° EPA-600/1-77-025*, Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 1977.

21. OLSEN, W. O. Average speech levels and spectra in various speaking/listening conditions. *American Journal of Audiology*, 1998, v. 7, n. 2, p. 21-25. Disponível em: [https://doi.org/10.1044/1059-0889\(1998\)012](https://doi.org/10.1044/1059-0889(1998)012). Acesso em: 08 jun. 2024.

22. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). *IEC 61672*: Electroacoustics: Sound level meters: Part 1: Specifications. Geneva: IEC, 2013.