



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

2019

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

DESEMPENHO ACÚSTICO DE PAREDES DE ALVENARIA COM VERMICULITA EXPANDIDA

Lorenzo Kerber (1); Maira Ott (2); Hinoel Ehrenbring (3); Rafael Heissler (4); Maria Fernanda de Oliveira (5); Roberto Christ (6)

(1) Acadêmico de Engenharia Civil, Laboratorista, lorenzoak@unisin.br

(2) Engenheira Civil, Analista de projetos, mairajo@unisin.br

(3) M.Sc., Analista de projetos, hzamis@unisin.br,

(4) M.Sc., Analista de projetos, rheissler@unisin.br,

(5) Dra., Coordenadora PPGArqUrb e Pesquisadora itt Performance, mariaon@unisin.br,

(6) M.Sc., Professor e Pesquisador, rchrist@unisin.br,

itt Performance/UNISINOS, Av. Unisin, 950, São Leopoldo (RS), +55 51 3580-8887

RESUMO

Alvenaria é um sistema construtivo constituído de um conjunto coeso e rígido de unidades (blocos ou tijolos), unidas entre si por algum material ligante. Este sistema construtivo é amplamente utilizado na construção civil e, para não sobrecarregar a estrutura, tem-se utilizado blocos vazados ao invés de elementos maciços, os quais diminuem o custo e aumentam o isolamento térmico. Por outro lado, esses vazios reduzem a massa específica superficial do sistema e aumentam as ressonâncias internas nos blocos, prejudicando o isolamento sonoro. Para minimizar este efeito, as cavidades dos blocos podem ser preenchidas com material poroso, sendo a vermiculita expandida um material com potencial para tal fim. Desta forma, este estudo objetivou avaliar a influência da utilização de vermiculita expandida no preenchimento de septos de blocos cerâmicos de diferentes espessuras em paredes de alvenaria para o aumento do isolamento acústico desses sistemas construtivos, por meio de ensaios de perda de transmissão sonora, seguindo os parâmetros da ISO 10140:2010, buscando relacionar os resultados obtidos com a massa específica superficial destas tipologias de parede. Os resultados obtidos dos ensaios foram por bandas de terças de oitavas e por valores ponderados de índice de redução sonora (R_w), também podendo ser caracterizado como perda de transmissão sonora. Através dos ensaios realizados, verificou-se uma correlação entre a melhora do desempenho acústico e a massa específica superficial dos sistemas, onde os maiores valores de isolamento foram obtidos em amostras que receberam revestimento interno e externo de material argamassado, como as amostras 9A, 11,5B e 14A, as quais obtiveram um R_w de 50 dB. Além disso, notou-se a atenuação produzida pela vermiculita na curva de isolamento gerada, em consonância com o que é esperado de um material granular utilizado como insumo de preenchimento em cavidades de blocos cerâmicos para fins de amortecimento das ressonâncias internas dos sistemas.

Palavras-chave: vermiculita expandida; desempenho acústico; massa específica superficial; perda de transmissão sonora.

ABSTRACT

Masonry is a constructive system consisting of a cohesive and rigid set of units (blocks or bricks) joined by some bonding material. This constructive system is widely used in Civil Construction and, in order not to overload the structure, it has been using hollow blocks instead of massif blocks, which reduce the cost and increase the thermal insulation. On the other hand, these cavities decrease the system's surface mass and increase the internal resonances in the blocks, damaging the sound insulation. To minimize this effect, the cavities of the blocks may be filled with porous material, where expanded vermiculite is a material with potential for this purpose. Thus, this study aimed to evaluate the influence of the usage of expanded vermiculite in the filling of cavities of ceramic blocks with different thickness in masonry walls to increase the acoustic insulation of these constructive systems, by means of tests of sound transmission loss, following the parameters of ISO 10140: 2010, seeking a correlation between the obtained results and the superficial mass of these walls' typologies. The results obtained from the tests were by bands of octave-thirds and weighed values. Through the tests performed, it was verified a correlation between the improvement of the

acoustic performance and the systems' superficial mass, where the greater values of insulation were obtained in specimens which received internal and external revetment of cementitious material, such as the samples 9A, 11,5B and 14A, obtaining a R_w of 50 dB. Apart from that, it was noted a damping phenomenon produced by the vermiculite in the generated insulation curve, which is in consonance with what is expected of a granular material used as filling input in cavities of ceramic blocks in order to damp the systems' internal resonances.

Keywords: expanded vermiculite; acoustic performance; superficial mass; sound transmission reduction.

1. INTRODUÇÃO

O mercado da cerâmica vermelha encontra-se presente em todos os estados do Brasil, o que justifica a sua larga utilização, representando cerca de 90% das alvenarias e coberturas construídas no país, com mais de 6.900 fábricas responsáveis pela sua produção e gerando cerca de 293 mil empregos diretos e mais de 900 mil indiretos, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008). Dentro deste grupo, vem-se utilizando cada vez mais blocos cerâmicos vazados, os quais contribuem para uma significativa diminuição do peso da construção e aumento do desempenho térmico. No entanto, conforme exigências para edificações cada vez mais voltadas ao conforto do usuário, surgem limitações quando da aplicação de cerâmicas de blocos vazados, principalmente relativo ao isolamento acústico.

Enquanto há um aumento nas propriedades térmicas das paredes que fazem uso deste tipo de bloco, em comparação a paredes que utilizam blocos sólidos, as cavidades reduzem a densidade bruta dos blocos e, conseqüentemente, há um menor isolamento sonoro quando comparado com paredes constituídas de elementos sólidos (FRINGUELLINO, 1999). As cavidades desempenham um papel significativo na transmissão sonora porque as vibrações não são apenas transmitidas através das conexões estruturais entre os septos que formam uma cavidade, mas também pelo campo sonoro no interior da própria cavidade. Desta forma, cavidades em paredes e pisos podem ser parcialmente ou totalmente preenchidas com materiais porosos de modo a absorver a energia sonora (HOPKINS, 2012).

O preenchimento de blocos tem-se mostrado um artifício interessante para melhorar o desempenho acústico dos sistemas de vedação vertical. Segundo pesquisa realizada pela *National Concrete Masonry Association* (2012), constatou-se que, em paredes de alvenaria de bloco de concreto de diversas geometrias e revestimentos, com preenchimentos diversos, houve um acréscimo no índice de redução sonora da parede, resultado que pode, também, ser interpretado como o valor de perda de transmissão sonora do sistema em análise. Conforme evidenciado na pesquisa, para paredes de blocos de concreto com espessura de 102 mm (4''), com densidade específica de 1362 kg/m^3 , verificou-se um aumento de 5 dB com as cavidades preenchidas com graute e de 4 dB com as cavidades preenchidas com areia, em seus valores ponderados de índice de redução sonora, em comparação a parede referência, sem preenchimento. Estes resultados possibilitam e justificam o estudo de novos materiais possíveis de serem utilizados para o preenchimento de blocos, principalmente no que diz respeito à sua influência no desempenho acústico.

Os materiais utilizados para preenchimento dos blocos podem ser dos mais diversos. No setor da construção civil brasileira, observa-se que os materiais e componentes já utilizados são graute, areia, casca de arroz e, recentemente, também se tem buscado aplicar a vermiculita na sua forma expandida para preenchimento destas cavidades.

A vermiculita caracteriza-se como um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro. Este mineral, quando comercializado sob sua forma expandida, apresenta baixos valores de massa específica aparente e de condutividade térmica. A densidade aparente da vermiculita expandida é em torno de 80 a 120 kg/m^3 (RASHAD, A. M., 2016). Isto, associado a fina granulometria, faz com que a vermiculita expandida seja um material atrativo para utilização em diversas áreas, dentre as quais destacam-se a construção civil, agricultura, as indústrias químicas e produtoras de tintas, entre outras (UGARTE *et al.*, 2008).

Destaca-se que a composição química da vermiculita não é alterada durante o processo de exfoliação (processo de aquecimento a cerca de $800 \text{ }^\circ\text{C}$ para expansão). Caracterizada como inerte, esta é mais uma das justificativas de emprego deste material na área de construção civil. A vermiculita é tida como um material poroso, e a variabilidade de sua porosidade se origina de sua morfologia em variadas interfaces, podendo ser essas entre camadas, entre partículas e entre agregados, diferenciando-se em sua estrutura. Sob um aspecto geral, verifica-se que a vermiculita contém poros de diferentes tamanhos e formas e consistência granular.

O preenchimento das cavidades dos blocos com vermiculita busca seguir o princípio de um sistema citado por Patrício (2018), o qual consiste em dois elementos rígidos, podendo ser dois materiais iguais ou diferentes, separados por uma camada de amortecimento de determinada espessura, assemelhando-se a um conjunto de duas massas ligadas por uma mola. A existência dessa camada preenchida com ar entre os dois meios rígidos resulta na propagação de ondas estacionárias em seu interior, as quais, por sua vez, criam

perdas no isolamento do sistema, prejudicando o desempenho acústico. Por isso, uma das principais preocupações centra-se na eliminação desses vazios que influenciam o aumento das ressonâncias internas, sendo uma das formas sugeridas, a colocação de material absorvente sonoro na cavidade (PATRÍCIO, 2018).

Estudos de Klippel Filho *et al.* (2019) mostraram que há maior influência do revestimento argamassado em blocos que possuem maior quantidade de vazados, ou seja, este tipo de revestimento, o qual possui densidade específica acima de 1800 kg/m^3 , agrega massa específica superficial ao sistema (90 kg/m^2) e é mais eficiente para blocos que possuem mais cavidades, representando um aumento de aproximadamente 1dB para cada 1 cm de revestimento. Schiavoni *et al.* (2016) corroboram com o explicitado acima, ao apontar, em seu estudo, que relativo ao isolamento ao ruído aéreo, o desempenho é fortemente dependente das massas dos materiais que compõem o sistema, principalmente os componentes do sistema que apresentam as maiores massas específicas superficiais, onde aponta revestimentos argamassados e concreto como exemplos característicos. Estes revestimentos, quando utilizados sobre o substrato, além de aumentar a massa específica superficial do sistema, já contribuindo para uma possível melhoria no isolamento aos sons aéreos, também propiciam o fechamento de possíveis frestas e aberturas decorrentes de falhas de execução ou de qualidade do material empregado. Essas falhas podem depreciar significativamente o desempenho acústico de um sistema, uma vez que representam um canal de transmissão direto para as ondas sonoras incidentes, em consonância com o que fora verificado nos estudos dos autores Fausti *et al.* (2010), Carrascal *et al.* (2014) e Labres *et al.* (2018).

A estimativa do isolamento sonoro considera que, num sistema simples e ideal, o incremento de isolamento sonoro a sons aéreos é de 6 dB/oitava por duplicação de massa específica superficial ou da frequência de interesse, sendo esta relação comumente referida como “Lei da Massa” (PATRÍCIO, 2018). O autor evidencia que, em condições ideais e, considerando-se um modelo inercial na forma de uma placa plana (a qual pode ser visualizada fisicamente como uma parede de alvenaria), desligada do seu contorno e indeformável no plano que a contém, é possível estabelecer relações matemáticas logarítmicas que consideram a pressão sonora incidente sobre o elemento, sua massa e a velocidade de propagação do som no ar. Assim é possível realizar uma estimativa realista da curva de redução sonora respectiva e, através da metodologia de comparação (curva de referência), calcular o índice de redução sonora. Além disso, o autor afirma que quando colocado material fonoabsorvente nas câmaras de ar, o incremento no isolamento pode chegar a 4dB.

Dessa forma, pode-se entender que, em alvenarias com blocos vazados, as cavidades presentes na sua composição constituam-se como pequenas câmaras de ar, as quais podem ser preenchidas com algum material absorvente. Nesse estudo, a vermiculita expandida assumiu este papel, de forma a atenuar a energia sonora no interior de blocos vazados, a fim de melhorar o desempenho acústico do sistema como um todo. Não é possível, no entanto, assumir a característica de câmara de ar plena para as cavidades dos blocos, uma vez que há uma interligação entre os seus septos, os quais caracterizam um meio rígido pelo qual o som pode propagar-se sem barreiras. Porém infere-se que os vazios presentes possam atuar, em menor escala, como atenuadores das ondas incidentes sobre a tipologia ensaiada, principalmente quando em conjunto com materiais de preenchimento em seu interior.

2. OBJETIVO

Neste estudo, objetiva-se avaliar o desempenho acústico de paredes de blocos cerâmicos de espessuras diversas preenchidos com vermiculita expandida. Além disso, pretende-se estabelecer relações entre as massas específicas superficiais destes sistemas construtivos e a verdadeira eficiência da aplicação de vermiculita em suas tipologias quanto ao isolamento a sons aéreos.

3. MÉTODO

São avaliadas experimentalmente dez amostras de alvenarias com blocos de espessuras 9, 11,5, 14 e 19 cm de espessura conforme a Tabela 1.

A execução das amostras e os ensaios foram desenvolvidos no Itt Performance da Unisinos. As amostras foram construídas em um sistema de pórticos (Figura 1), o que possibilitou o transporte, com o uso de ponte rolante, até as câmaras acústicas.

Tabela 1: Tipologia das paredes ensaiadas

| Simbologia | Caracterização sistema | Bloco Cerâmico | Características dos Blocos | Massa específica superficial (kg/m ³) |
|------------|---|---|--|---|
| 9A | Aplicação de 3 cm de argamassa interna e externa, com vermiculita |  | Bloco de concreto 9x19x29 cm Peso: 8,56 kg | 255,04 |
| 9B | Aplicação de 3 cm de argamassa interna e externa, com vermiculita |  | Bloco cerâmico 9x19x29 cm Peso: 5,36 kg | 209,33 |
| 11,5A | Aplicação de 3 cm de argamassa interna e externa, com vermiculita |  | Bloco cerâmico 11,5x19x29 cm Peso: 4,90 kg | 205,00 |
| 11,5B | Aplicação de 3 cm de argamassa interna e externa, com vermiculita |  | Bloco de concreto 11,5x19x29 cm Peso: 11,70 kg | 275,04 |
| 14A | Aplicação de 2,5 cm de argamassa interna e externa, com vermiculita |  | Bloco cerâmico 14x19x29 cm Peso: 6,93 kg | 224,08 |
| 14B | Aplicação de 0,5 cm de gesso, com vermiculita |  | Bloco cerâmico 14x19x39 cm Peso: 6,10 kg | 109,30 |
| 14C | Sem revestimento e com vermiculita | | | 104,30 |
| 19A | Aplicação de 2,5 cm de argamassa interna e externa, com vermiculita |  | Bloco cerâmico 19x19x39 cm Peso: 13,48 kg | 266,25 |
| 19B | Aplicação de 0,5 cm de gesso em ambos os lados, com vermiculita | | | 199,36 |
| 19C | Sem revestimento e com vermiculita | | | 191,36 |

Para a colocação da vermiculita expandida utilizou-se um aparato de madeira que possibilitou a colocação da mesma quantidade de material em todos os blocos, sendo o preenchimento realizado a cada fiada construída (Figura 1(a)). Para possibilitar a colocação do material nos blocos da última fiada da alvenaria, a vermiculita foi colocada nos blocos antes do assentamento com argamassa.



a)



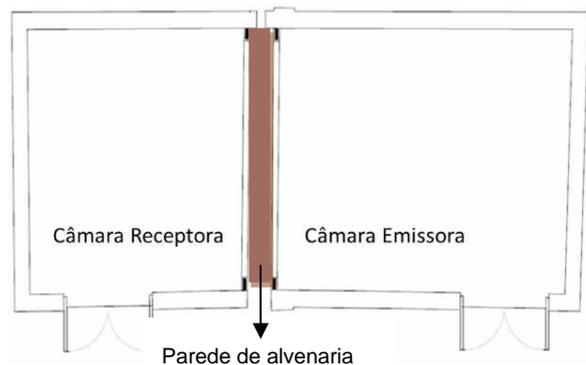
b)

Figura 1: a) Construção da amostra em sistema de pórtico; b) Preenchimento das cavidades com vermiculita

Os ensaios foram realizados em câmaras reverberantes horizontais do Instituto itt Performance / Unisinos, conforme os procedimentos da norma ISO 10140-2:2010 e o valor ponderado foi obtido conforme a ISO 717-1:2013. As câmaras utilizadas estão em concordância com as premissas da norma ISO 10140-5:2010. A Figura 2(a) ilustra uma das amostras na câmara de ensaio, enquanto que a Figura 2(b) apresenta um esquema da câmara reverberante com a amostra.



(a)



(b)

Figura 2: Câmara reverberante para ensaios acústicos, (a) amostra no interior da câmara e (b) esquema das câmaras acústicas

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta as curvas e os resultados obtidos para os diversos sistemas ensaiados neste estudo, fazendo a comparação dos tipos de revestimento e tipologias de bloco, uma vez que, todos tiveram os alvéolos preenchidos com vermiculita.

A influência do revestimento nos sistemas testados pôde ser verificada a partir do gráfico da Figura 3. A adição de 0,5 cm de revestimento de gesso não alterou os resultados ponderados das alvenarias com blocos de 14 cm, nem das alvenarias com blocos de 19 cm. Pôde-se verificar algumas diferenças nas bandas de frequências até 315 Hz, com características de alterações no comportamento ressonante do sistema, mas nas demais bandas analisadas, não são verificadas alterações significativas. Por outro lado, a adição de revestimento em argamassa no sistema 19A, resultou no aumento do isolamento nas bandas a partir de 2000 Hz, que tem como consequência o aumento do isolamento expresso também no valor ponderado, evidenciando o efeito da Lei da Massa.

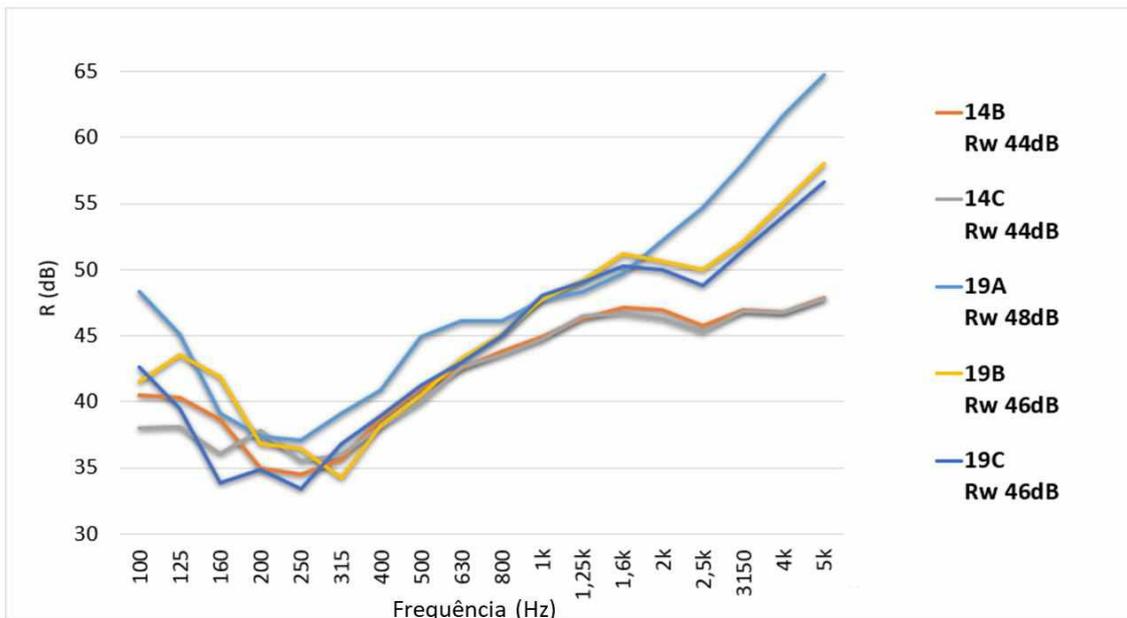


Figura 3: Índice de Redução Sonora das amostras com diferentes revestimentos

Observou-se, a partir da Figura 4, que as amostras que utilizaram blocos cerâmicos de maior espessura (14 e 19 cm, por exemplo) obtiveram um valor ponderado de índice de redução sonora semelhante em comparação às amostras de menor espessura (9 e 11,5 cm). Isto pode ser explicado pelo revestimento argamassado de 3 cm nas faces internas e externas das amostras confeccionadas com os blocos de menor espessura, o que adicionou maior massa específica superficial ao sistema e, conseqüentemente, aumentou o seu isolamento ao ruído aéreo. Sabe-se que a capacidade de isolamento do sistema depende, principalmente de sua massa específica superficial, princípio já identificado em outros trabalhos que abordam o comportamento de alvenarias de blocos vazados frente ao som aéreo (HOPKINS, 2012; PATRÍCIO, 2018; KLIPPEL FILHO *et al.*, 2019; SCHIAVONI *et al.*, 2016). Nesse sentido, pôde-se observar, na Figura 4, o isolamento sonoro crescente até a respectiva frequência de coincidência dos sistemas ensaiados.

A amostra de bloco de 14 cm que obteve resultado ponderado semelhante às paredes de menor espessura foi a que recebeu revestimento argamassado de 2,5 cm (14A), bem como a amostra de bloco 19 cm que recebeu 2,5 cm de revestimento argamassado (19A), com massas específicas superficiais de 224,08 e 266,25 kg/m², respectivamente.

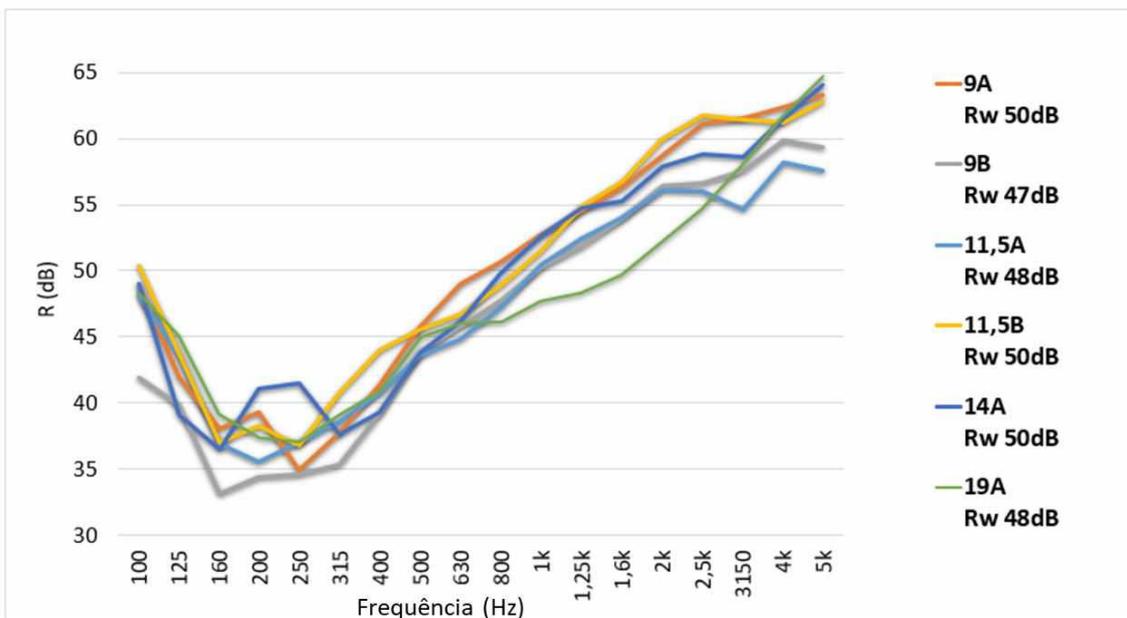


Figura 4: Índice de Redução Sonora das amostras com revestimento argamassado

O acréscimo de massa específica superficial às amostras através do revestimento argamassado provocou deslocamentos nas curvas de isolamento, onde tal mudança pôde ser identificada com maior clareza na banda de frequência de coincidência dos sistemas (compreendida entre 2500 Hz e 4000 Hz), a qual fora deslocada para maiores frequências quando comparada aos exemplares que receberam uma fina camada de revestimento ou mesmo nenhum tipo de revestimento. Destaca-se que, devido a maior relevância do aumento do isolamento sonoro através do princípio da Lei da Massa, o qual pode ser verificado nas bandas entre 400 e 1600 Hz, atingiram-se maiores valores de isolamento sonoro nas altas frequências. Seguindo esse mesmo princípio, pôde-se verificar que, no resultado da amostra de bloco de 14 cm, em que a parede teve adição de massa específica superficial devido ao revestimento cimentício (14A), houve um deslocamento da frequência de coincidência para 3150 Hz, ao passo que seu exemplar comparativo, sem revestimento (14C), apresentou a sua frequência de coincidência na faixa de 2500 Hz.

Conforme a Figura 5, as amostras 9A, 11,5B e 14A, revestidas com camada argamassada, foram as que apresentaram maior desempenho acústico, ao passo que as amostras revestidas com gesso (14B e 19B) ou sem revestimento (14C e 19C) apresentaram um desempenho menor e sem notáveis diferenças quando comparadas entre si. Para estas últimas amostras, devido à ausência de revestimento, aumenta a possibilidade da existência de pequenas frestas, localizadas entre as juntas, as quais prejudicam a estanqueidade do sistema a passagem de ruído. Fausti *et al.* (2010), Carrascal *et al.* (2014) e Labres *et al.* (2018), abordam a relevância dos revestimentos argamassados para o incremento do isolamento aos sons aéreos, tanto pela adição de massa específica superficial ao sistema revestido, quanto pela supressão de pequenas frestas ou defeitos dos componentes devido a camada que é aderida diretamente sobre o substrato.

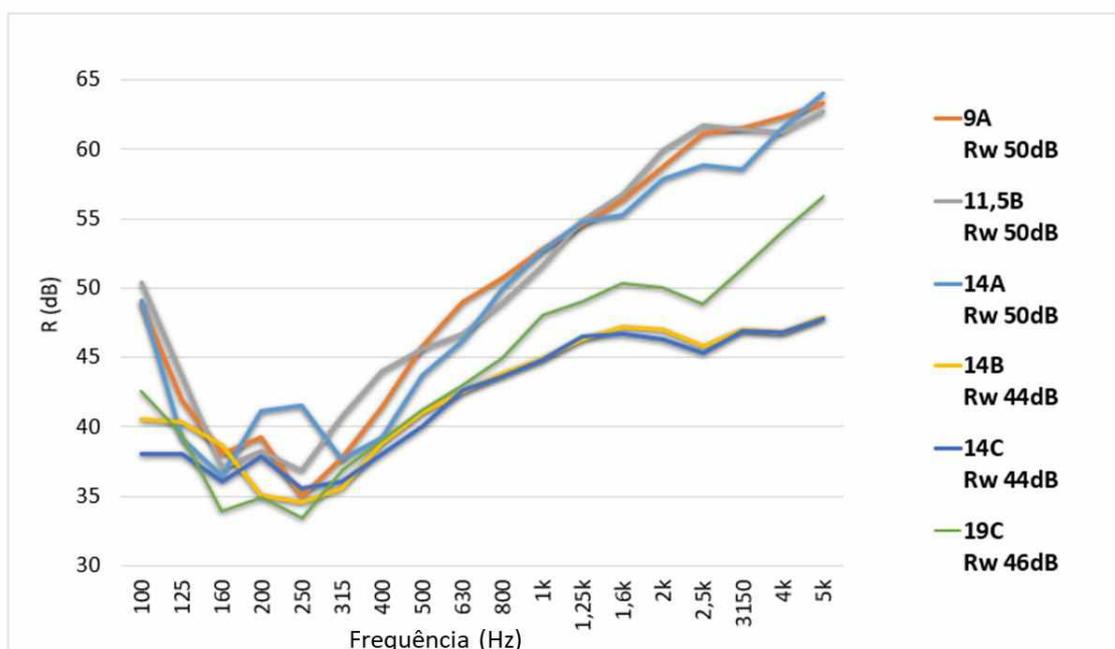


Figura 5: Comparativo do Índice de Redução Sonora das amostras com revestimento argamassado e gesso

Os maiores valores de índice de redução sonora ponderado para as amostras deste estudo foram verificados, principalmente, devido à adição de massa específica superficial ao sistema. O efeito do preenchimento das cavidades dos blocos com vermiculita também repercutiu no amortecimento das ondas sonoras, uma vez que se tornou perceptível um aumento do isolamento sonoro nas frequências compreendidas entre 400 e 2000Hz, em praticamente todas as amostras. Esse efeito está de acordo com o que fora indicado anteriormente por Patrício (2018), que apontou que materiais porosos, fibrosos e granulares são excelentes atenuadores dos efeitos de ressonância gerados no interior das cavidades de blocos vazados. Complementarmente, a presença de revestimento de maior espessura, como pode ser verificado para as amostras que receberam 2,5 e 3,0 cm de argamassa também contribuiu para o preenchimento de frestas.

A Figura 6 demonstra, de forma resumida, todos os valores ponderados de índice de redução sonora encontrados para as amostras ensaiadas, com seus exemplares preenchidos com vermiculita, considerando suas diversas espessuras e massas superficiais específicas de parede.

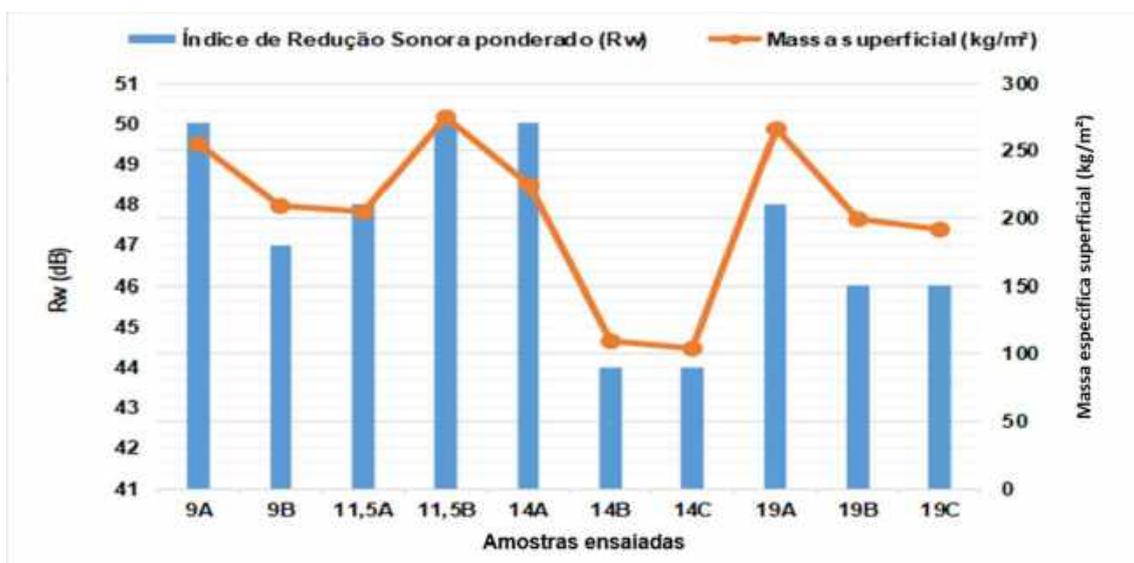


Figura 6: Síntese geral dos índices de redução sonora para as amostras ensaiadas

Os sistemas com massa específica superficial a partir de 200 kg/m² apresentaram os maiores valores ponderados de índice de redução sonora, com R_w entre 47 e 50 dB, em concordância com o que é explicitado em bibliografia no que se refere ao princípio da Lei da Massa, onde sistemas de maior massa tendem a apresentar um acréscimo no seu índice de redução sonora, quando comparado à sistemas mais leves. Desta forma, analisando a Figura 6, verifica-se que a diferença no valor ponderado de índice de redução sonora entre a amostra ensaiada com maior massa específica superficial (Amostra 11,5B, com 275,04 kg/m²) e a amostra com menor massa específica superficial (Amostra 14C, com 104,30 kg/m²) encontra-se na ordem de 6 dB. Este comportamento é característico pelo fato de o primeiro sistema apresentar uma massa específica superficial maior que o último sistema, seguindo o proposto pela Lei da massa e comentado por Klippel Filho *et al.* (2019).

5. CONCLUSÕES

Com a crescente busca por novas alternativas para melhorar o desempenho acústico de sistemas construtivos compostos por alvenarias de blocos vazados, principalmente levando-se em consideração a conjuntura atual da construção civil brasileira, este estudo objetivou a avaliação da utilização de vermiculita expandida no preenchimento das cavidades de blocos de diferentes espessuras em paredes de alvenaria, buscando o aumento do isolamento acústico ao ruído aéreo nestes sistemas, relacionando-o, também, com a massa específica superficial das tipologias ensaiadas.

Através da avaliação dos resultados obtidos com os ensaios realizados em laboratório, constatou-se que a relação entre o aumento da massa específica superficial e o isolamento ao ruído aéreo também pode ter uma relação direta em alvenarias com preenchimento das cavidades dos blocos com vermiculita expandida. Em relação a vermiculita, enquanto material de preenchimento para mitigar as ações de ressonância interna das cavidades do bloco, tornou-se possível elencá-la como uma alternativa para elevar o desempenho acústico de sistemas de vedação vertical, conforme a necessidade de um comportamento que demande uma maior performance da parede com relação ao isolamento a sons aéreos. Além disso, a sua disponibilidade no mercado nacional e o fato de ser um material inerte, torna ainda mais interessante o emprego deste, podendo melhorar os seus sistemas com um custo relativamente baixo e sem sobrecarregar a estrutura, por se tratar de um material extremamente leve.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRASCAL, T. et al. **Common errors and good practice in design and workmanship**. Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions - COST Action TU0991. Vienna: EU RTD Framework Programme, 2014. p. 181–212.
- FAUSTI, P. et al. **Common Errors During Construction of New Buildings and Effect of Workmanship**. In: EUROPEAN SYMPOSIUM, Florence, 2010. Proceedings...Florence, 2010.
- FRINGUELLINO, M.; SMITH, S. **Sound transmission through hollow brick walls**. Building Acoustics. p. 211–224, 1999. Doi: 10.1260/1351010991501419
- HOPKINS, C. **Sound insulation**. Oxford: Elsevier Ltd., 2012.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Seção C, Divisão 23, Grupo 234, Classe 2342-7: **Fabricação de Produtos Cerâmicos Não-Refratários para Uso Estrutural na Construção, excluídas as palavras pisos e azulejos da razão social**. 2008.
- ISO - International Organization for Standardization. **ISO 717-1**: Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation, Geneva, 2013.
- _____. **ISO 10140-2**: Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements. Geneva, 2010.
- _____. **ISO 10140-5**: Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements. Geneva, 2010.
- National Concrete Masonry Association. Sound Transmission Class Ratings for Concrete Masonry Walls. TEK 13-1C Sound (2012). Sustainable Concrete products for Structures and Hardscapes. Atlas Block. Virginia.
- KLIPPEL FILHO, S. et. al. **Influência da espessura de revestimentos de argamassa no desempenho acústico de alvenarias de blocos cerâmicos**. Ambiente construído, v. 19, nº2, Porto Alegre, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212019000200313>.
- LABRES, H. et. al. **Acoustic performance of brick masonry walls: Construction defects and influence of installations**. Building Acoustics, v.25, nº4, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/1351010X18798092>.
- PATRÍCIO, J. V. **Acústica nos edifícios**. 7 ed. Porto: Pubindústria, Edições Técnicas, 2018.
- RASHAD, A. M. Vermiculite as a construction material – A short guide for Civil Engineer. Construction and Building Materials, v. 125, n. 30, p. 53–62. 2016. DOI: 10.1016/j.jsv.2011.02.015
- SCHIAVONI, S. et al. **Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis**. Renewable and Sustainable Energy Reviews v. 62, p. 988–1011, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.045>.
- UGARTE, J. F.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. **Capítulo 38: Vermiculita**. CETEM – Centro de Tecnologia Mineral – XV Jornada de Iniciação Científica, p. 865-887. Rio de Janeiro, 2008.