

ISOLAMENTO ACÚSTICO PARA PROPAGAÇÃO DE RUÍDOS AÉREOS UTILIZANDO VÁCUO

ACOUSTIC INSULATION FOR AIR NOISE PROPAGATION USING VACUUM

EDSON PIRES VIMIEIRO JUNIOR¹, OSVALDO VALARINI JUNIOR^{2*}

1. Acadêmico do curso de Engenharia Civil pela Instituição de Ensino Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico e Profissional - FEITEP, Maringá - PR; 2. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá. Professor da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico e Profissional - FEITEP, Maringá-PR.

* Avenida Paranaíba, 1164, Parque Industrial Bandeirantes, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87070-130. prof.osvaldo@feitep.edu.br

Recebido em 01/09/2018. Aceito para publicação em 17/09/2018

RESUMO

As novas edificações vêm, ao longo dos anos, sendo adaptadas para atender as exigências de desempenho acústico, necessárias para o conforto e bem-estar de seus habitantes, permitindo o desenvolvimento normal das atividades do dia a dia. Algumas edificações, entretanto, não estão mais, ou nunca estiveram, adequadas para esse propósito e acabam gerando momentos de desconforto em seus usuários. Dessa forma, neste artigo será proposto uma alternativa simplificada de buscar o isolamento acústico para ruídos de transmissão aérea, através do emprego de vácuo, auxiliado por materiais de fácil acesso para a população, tais como vidro e acrílico. A partir da análise dos resultados foi possível comprovar a usabilidade do vácuo para esse propósito, obtendo o melhor desempenho quando empregado juntamente do acrílico, apresentando uma redução de quase 80% do nível de pressão sonora (NPS) incidido sobre ele, enquanto o vidro exibiu uma atenuação de pouco mais de 65% do mesmo valor.

PALAVRAS-CHAVE: Conforto acústico, vácuo, ruídos de transmissão aérea, isolamento acústico.

ABSTRACT

The new buildings have been, over the years, adapted to comply the acoustic performance requirements necessary for comfort and well-being of its inhabitants, allowing the normal development of the day-to-day activities. Some buildings, however, are no longer, or have never been, appropriate for this purpose and end up generating moments of discomfort in their users. Thus, in this article a simplified alternative will be proposed to pursue the airborne noise acoustic insulation, through the use of vacuum, assisted with materials easily accessible to the population, such as glass and acrylic. From the analysis of the results, it was possible to prove the usability of vacuum for this purpose, obtaining the best performance when used together with acrylic, presenting a reduction of almost 80% of

the Sound pressure level (SPL) applied to it, while the glass exhibited a noise control of just over 65% of the same value.

KEYWORDS: Acoustic comfort, vacuum, air noise propagation, acoustic insulation.

1. INTRODUÇÃO

A busca por conforto e bem-estar gerou no ser humano o impulso de construir e modificar a natureza ao seu redor. A constante evolução das tecnologias e dos costumes da sociedade, entretanto, não trouxe apenas melhorias, como culminou em alguns problemas, dentre esses, destacam-se os ruídos justapostos em excesso, caracterizados como poluição sonora¹. Para Zajarkie-Wicch (2010)¹, essa poluição, que atinge principalmente as grandes cidades, tem sido considerada o maior distúrbio ambiental do cotidiano. Gerges (1992)¹ complementa, apontando para os efeitos da exposição a ruídos altos em demasia. Estes, segundo o autor, podem acarretar problemas físicos, tais como, ansiedade, fadiga, nervosismo, tensões musculares e de coração, e também comportamentais, como queda de rendimento e irritabilidade.

O ruído é classificado como um som indesejável², logo, uma maneira elementar de mitigar a poluição sonora é combater o som em si. Primeiramente, esse é definido por Marco (1982)³ como sendo uma perturbação propagada através dos meios físicos, podendo ser detectada pelo ouvido humano. Ainda, de acordo com o autor, essa perturbação, que é uma onda mecânica, tem sua origem na vibração de um corpo, sendo transmitida para os demais que o rodeiam. Assim, justifica os sons percebidos no cotidiano, pois o ar que circunda todas as fontes e receptores de ruídos possuem partículas, tais como nitrogênio, oxigênio, argônio, além do vapor de água e outros gases variantes, explica Grimm (1999)⁴. Esses, possibilitam a propagação sonora, porquanto são meios

materiais. Dessa forma, a solução ideal para impedir tal acontecimento é buscar um ambiente sem nenhuma partícula e a condição mais próxima desse conceito é o vácuo que, por definição, é um espaço sem matéria ou um gás muito rarefeito, não tendo, ou com pouca pressão atmosférica⁵. Apesar do senso comum, o vácuo total, isto é, um ambiente completamente vazio não existe, nem natural, nem criado artificialmente, já que criar um recipiente dessa forma, necessitaria um equipamento tal qual uma bomba de vácuo, com eficiência perfeita, o que novamente, vale ressaltar que não existe. Portanto, um estado de ar rarefeito desponta como a melhor opção de combate à poluição sonora e ao som, pois a baixa quantidade de partículas de um gás em um meio resultaria em uma diminuição de sua densidade. Dessa forma, finaliza Tiplier (1982)⁶, reduziria a capacidade de propagação nesse local, atendendo uma parte da definição de vácuo e ainda sendo possível de se obter.

A capacidade de impedir a propagação do som é conhecida como isolamento acústico, sendo um processo que evita a entrada e a saída de ruídos, não somente os de propagação aérea, como os de impacto⁴. O isolamento faz-se necessário, afinal, como indica Marco (1982)⁵, a tendência natural das superfícies rígidas fechadas é vibrar de acordo com a frequência das ondas sonoras incidentes sobre as mesmas, irradiando parte da energia recebida para o outro lado. Esta é a explicação para a propagação dos ruídos aéreos em objetos visíveis ou não a olho nu, tais como as partículas constituintes do ar.

O presente estudo objetiva assim, investigar o desenvolvimento do isolamento acústico com base no vácuo, fundamentando-se na verificação da capacidade do mesmo em atender uma necessidade de bem-estar inerente ao ser humano, a de conforto. Buscando, de maneira simplificada, entender como este pode possibilitar o desenvolvimento correto das diferentes situações do cotidiano, no tocante aos problemas oriundos dos ruídos de transmissão aérea.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para que seja possível a experimentação prática proposta, os processos foram divididos em duas etapas: em princípio, concentrando-se na montagem dos materiais a serem utilizados e, posteriormente, realizando as medições na etapa subsequente.

Os materiais empregados na montagem são: Vidro comum de 6 mm; acrílico 10 mm; cola flexível; válvula de bloqueio com obturador esférico de meia polegada e plástico para embalagem.

Para a etapa de medição foram utilizados os seguintes itens: Bomba de vácuo, equipada com mangueira para sucção, com capacidade final de 695 mmHg; caixa EPS (isopor); sonômetro em um smartphone; caixa de som *DS1042 - DOSS* utilizada como fonte sonora e um cronômetro digital.

Como o objeto desse estudo é o vácuo, primeiramente foi necessário elaborar um sistema que possibilitasse sua utilização. Para tanto, confeccionou-se duas placas, não maciças, em formato retangular, sendo uma de vidro e a outra de acrílico, devidamente seladas, para impedir a passagem de ar. Considerando que a resistência à compressão do acrílico é inferior à do vidro, este possui uma espessura maior, com a finalidade de impedir que sofra algum processo de ruptura durante as etapas de rebaixamento da pressão na experimentação prática. Assim, foi realizado um furo de meia polegada em uma face de cada placa, devidamente envoltas em plástico, para auxiliar na vedação.

No local escolhido, a priori, realizou-se a aferição do ruído de fundo. A maneira consentida de quantificar o som é a medição do Nível de Pressão Sonora (NPS), tendo como unidade o decibel. Ressalta-se, porém, que esse valor, além das demais medições, deve ser representado em decibel ponderado em A (dB (A))⁷. Gerges (1992)³ explica que dessa forma, a medição apresentará um resultado subjetivo, pois, é utilizado a “Curva de ponderação A”, que simula o modo como o ouvido humano percebe o som de acordo com a frequência do mesmo. Para tanto, utilizou-se um aplicativo de sonômetro instalado em um smartphone, já calibrado e configurado nas exigências da norma de referência NBR 10151:03⁹. O aparelho é conformado em circuito de resposta lenta (*slow*), tendo o resultado do NPS medido expresso por um único valor, conhecido como Nível Equivalente Contínuo (Leq), feito automaticamente pelo aplicativo, em uma medição com duração de 60 segundos.

Em um ambiente em campo aberto, a caixa de EPS foi posicionada no solo, como estrutura de apoio para dispor a placa de vidro. Foi posto o Sonômetro sob essa, dentro da caixa, como representa a figura 1. Posicionando a fonte sonora cerca de 1,2 metros acima do solo, são emitidos ruídos constantes com a mesma intensidade, porém, variando sucessivamente as frequências para 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz, fazendo uma medição, com duração de 30 segundos, para cada. Após as primeiras verificações, é posto a válvula com obturador esférico de meia polegada na mangueira de sucção da bomba de vácuo, no intuito de regular a passagem de ar e de impedir o retorno do mesmo. Conectando-a na abertura da placa de vidro, é retirado o ar da mesma, progressivamente, em três etapas, reduzindo sua pressão interna para aproximadamente 730, 715 e 702 mmHg, sucessivamente. Para controlar esse valor, foi calculado o volume de ar contido dentro da placa, confrontando-o com a capacidade de sucção por segundo da bomba. Para cada valor de pressão interna, uma medição foi feita em cada uma das frequências especificadas anteriormente, todas com a mesma duração.

Por fim, todos os passos anteriores são repetidos,

dessa vez, porém, utilizando a placa de acrílico.

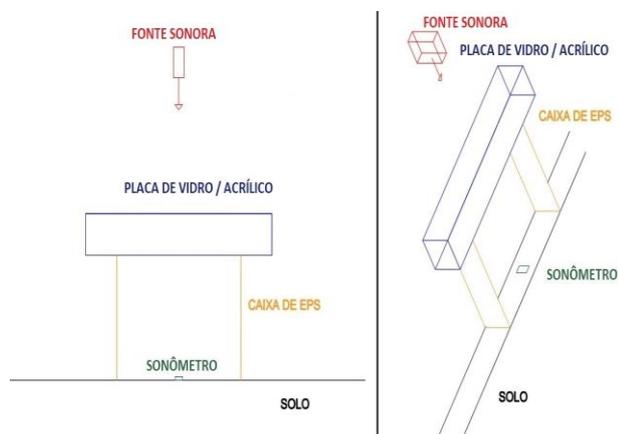


Figura 1. Representação frontal e espacial da experimentação prática. Fonte: Autor (2018).

3. RESULTADOS

Os testes foram realizados sem interferências audíveis causadas por fenômenos da natureza, em consonância com o item 5.1 da NBR 10151/03⁹. O ruído de fundo medido foi de 27 dB (A), assumido constante.

Ambas as placas foram dimensionadas nas medidas de 30 x 35 x 10 cm. Os valores obtidos durante as primeiras medições são listados na tabela que se segue.

Tabela 1: Níveis de pressão sonora dos materiais por frequência.

Material	Leq - dB (A)			
	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Vidro	34,8	38	41,2	42
Acrílico	38,8	42	42,2	41

Fonte: Autor (2018).

Após as medidas iniciais, os valores encontrados no prosseguimento da experimentação, por intensidade de vácuo, são dispostos nas tabelas listadas abaixo.

Tabela 2. Resultados encontrados para o vidro, por intensidades de vácuo, em cada frequência.

Pressão (mmHg)	Leq - dB (A)			
	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
730	31,8	38	40,2	40
715	31,8	36	40,2	38
702	31,8	36	38,2	37

Fonte: Autor (2018).

Tabela 3: Resultados encontrados para o acrílico, por intensidades de vácuo, em cada frequência.

Pressão (mmHg)	Leq - dB (A)			
	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
730	34,8	39	42,2	40
715	34,8	38	40,2	41
702	31,8	37	37,2	38

Fonte: Autor (2018).

Desse modo, foi possível verificar a capacidade de isolamento acústico, conhecido como atenuação acústica, proporcionado pelo sistema em cada frequência.

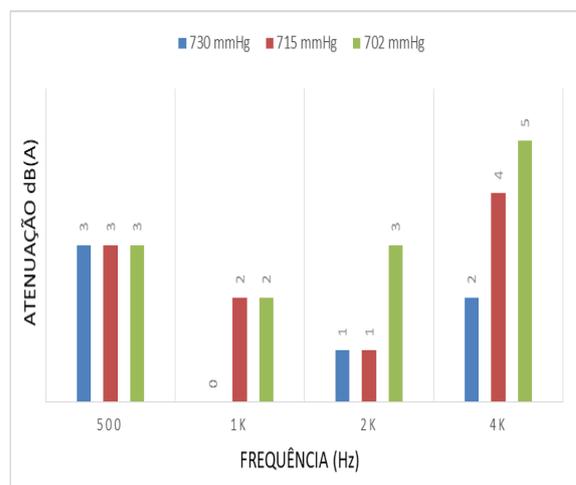


Figura 2. Atenuação acústica por intensidade de vácuo – vidro. Fonte: Autor (2018).

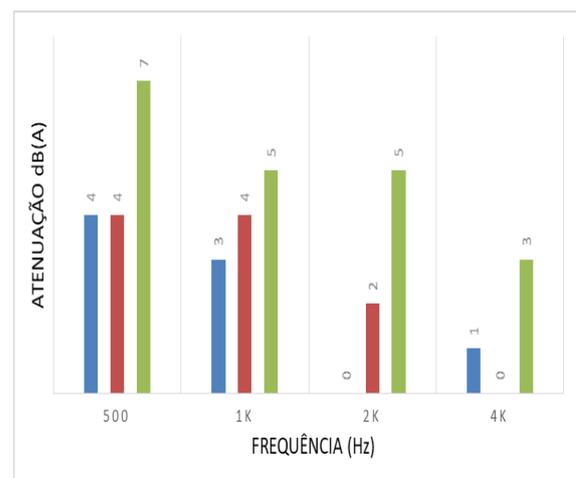


Figura 3. Atenuação acústica por intensidade de vácuo – acrílico. Fonte: Autor (2018).

4. DISCUSSÃO

O maior empecilho para a maioria das grandes soluções definitivas de problemas é o custo dos materiais e equipamentos. Dessa forma, com esse estudo, buscou-se propor uma solução utilizando materiais com custo acessível para a população em geral, sendo também para experimentações técnicas e científicas. No desenvolvimento dessa experimentação especificamente, a maior dificuldade se concentrou nos equipamentos adequados à norma de referência de medições acústicas ISO 140⁸, principalmente uma fonte emissora de ruídos omnidirecional, e as técnicas de execução, que requerem uma equipe especializada. Por isso, a solução, para evitar ou mitigar as dificuldades encontradas, foi adaptar as técnicas

cas e equipamentos, utilizando equivalentes mais simples e alcançáveis.

O principal dos efeitos relevados é a Reverberação. Esse processo acontece em um ambiente fechado, no qual uma onda sonora emitida fica retida, sendo refletida constantemente pelas superfícies existentes, conforme explica Donoso (2005)⁹. Para reduzir os efeitos da reverberação, foi realizado a medição em campo aberto. Dessa forma, porém, os resultados encontrados estarão contaminados, pois, os demais sons presentes no local serão incluídos nas medições, diferentemente das realizadas em laboratórios. Graças a essa interferência, entretanto, é obtido um valor mais próximo do real, visto que o sistema de isolamento será utilizado em campo e não em laboratório, não havendo necessidade de se conhecer os valores perfeitos e exatos, mas sim os que mais frequentemente serão encontrados.

A trajetória realizada por uma onda sonora, tal qual os demais componentes da realidade, é complexo e com detalhamentos infinitos, uma vez que essas ondas se propagam em todas as direções possíveis, através de cada abertura ou por cada material visível ou não, conforme ilustra a figura 4. Em síntese, esse estudo se concentrou em uma experimentação por comparação, buscando, simplificada, não precisar medir e explicar todos os fatores e ações presentes, reconhecendo sua constância e assumindo que serão sempre iguais ou muito próximos. Desse modo, seus valores, apesar de desconhecidos, podem ser relevados, afinal qualquer resultado medido se encontrará influenciado nas mesmas condições, permitindo observar a variação entre eles.

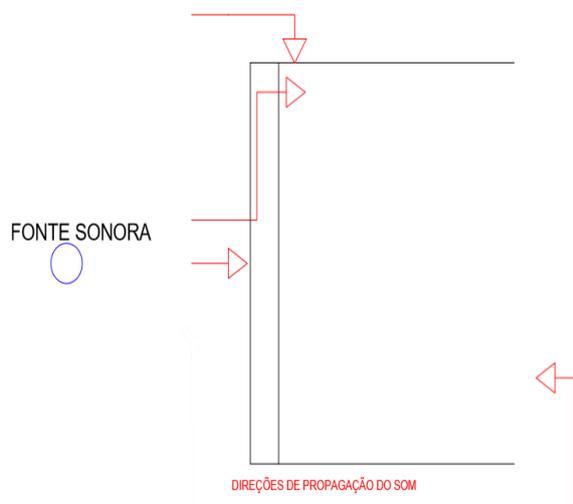


Figura 4. Alguns caminhos possíveis para uma onda sonora se deslocar. **Fonte:** Autor (2018).

Resultados numéricos

Quanto aos valores obtidos, durante a primeira medição, esses oscilaram pouco e apontaram uma eficiência natural, maior de isolamento acústico para o vidro do

que para o acrílico. Consideram-se exceção os encontrados para a frequência de 4 kHz, para os quais ocorreu uma inversão.

No seguimento da experimentação, nas etapas com a presença do vácuo, percebeu-se um aumento na eficiência de atenuação acústica em todas as frequências, ficando a maior diferença para o vidro em 4 kHz, com uma redução de 5 dB (A), já a menor, em 1 kHz, com 2 dB (A). Quanto ao acrílico, a menor redução foi encontrada em 4 kHz, em um total de 3 dB (A), enquanto na frequência de 500 Hz, o valor máximo apresentou uma variação de 7 dB (A). Esse maior valor, indica uma redução de quase 80% do NPS emitido pela fonte sonora. No caso do vidro, a atenuação máxima representou uma redução de pouco mais de 65% do valor original. Em suma, o acrílico foi o material que apresentou o melhor desempenho, sendo superior em todas as frequências, com exceção da última.

Algumas medições apresentaram resultados diferentes do antecipado, exemplo as medidas do acrílico em 4 kHz, na qual foi encontrado, para a pressão interna de 715 mmHg, uma atenuação menor do que o anterior na mesma frequência.

Ressalta-se que tal fato não deveria acontecer, haja vista que na teoria, a capacidade de isolamento aumenta conforme diminui a pressão interna. Tal fato provavelmente se passou devido a alguma falha de execução ou mecânica dos equipamentos utilizados.

De modo a proporcionar o conforto acústico, a ABNT NBR 10152:87¹⁰ fixa limites a respeito da intensidade máxima de ruídos no interior de certas áreas do dia a dia. Variando desde os 35 dB (A) em leitos e enfermarias de ambientes hospitalares, pouco abaixo das salas de aulas, que ficam delimitados em 40 dB (A), até, no maior caso, locais de trabalho em escritórios e laboratórios de mecatrônica, que podem alcançar 50 dB (A). Dessa forma, adotando o sistema de isolamento com base no vácuo, utilizando o acrílico nos moldes desse projeto, uma vez que o mesmo apresentou o melhor desempenho, os valores supracitados poderiam ser maiores. A saber, ainda atendendo as exigências para conforto, em ambientes hospitalares os níveis sonoros poderiam variar de 38 até 42 dB (A), nas salas de aulas de 43 a 47 dB (A) e nas áreas de escritório de 53 a 57 dB (A), dependendo de suas frequências.

5. CONCLUSÃO

Os resultados encontrados na experimentação desse artigo ficaram limitados e sujeitos a eficiência da bomba e a qualidade da vedação das placas, apesar disso não prejudicaram seu desempenho e, finalizadas as análises, percebeu-se a constatação positiva da ideia inicial proposta, de que é possível realizar um isolamento acústico com o vácuo.

Mais testes são necessários, objetivando verificar

com maior exatidão qual o potencial de atenuação máximo que pode ser alcançado pelo sistema de isolamento, bem como, explorar outras variações de materiais e técnicas, visando aperfeiçoar os resultados encontrados. Ainda existem questões pertinentes, tais como o comportamento da eficiência da atenuação ao longo do tempo, a resistência dos materiais a exposição às intempéries e a relação entre o vácuo e a temperatura, sendo merecedoras de continuação nas pesquisas, incentivando a elaboração de trabalhos futuros. Outra questão relacionada é a propagação sonora por contato. Esta pode e deve influenciar os resultados encontrados apresentados nesse artigo, ainda assim, tal assunto não foi abordado em nenhum momento, por se tratar de um estudo extra com grandes variações e especificidades e, assim, também impulsiona e instiga próximos trabalhos científicos.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Engenharias FEITEP pelo fomento à pesquisa e à publicação através do Programa de Iniciação Científica, bem como a disponibilização de suas dependências para desenvolvimento da pesquisa, juntamente de seu corpo docente e funcionários.

Ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, no papel de Lúcio Cardoso Filho, pela cessão do laboratório e da bomba de vácuo utilizados para a realização das experimentações desse artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] Poluição em Dicionário Michaelis. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?id=BVxXy>>. Acesso em 12 de maio 2018.
- [2] Zajarkiewicz DFB. Poluição sonora urbana: principais fontes. Aspectos jurídicos e técnicos - Pontifícia universidade católica de São Paulo (PUC-SP), 2010; 14. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/teste/arqs/cp136499.pdf>>. Acesso em 06 maio 2018.
- [3] Gerges SN. Ruído: Fundamentos e controle. Florianópolis, 1992; 51(2).
- [4] ABNT NBR 12179 Tratamento acústico em recintos fechados - Procedimento. 1992.
- [5] Marco Cd. Elementos de Acústica Arquitetônica. São paulo: Nobel, 1982; 9:67.
- [6] Grim AM. Meteorologia Básica. Universidade Federal do Paraná (UFPR), 1999. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/index.html>>. Acesso em 06 maio 2018.
- [7] Vácuo em Dicionário Michaelis. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=v%C3%A1cuo>>. Acesso em 12 maio 18.
- [8] Tipler PA. Física para cientistas e engenheiros Vol 1. Rio de Janeiro: LTC, 1982; 521.
- [9] ABNT NBR 10151 Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. 2003.
- [10] ISO 140 Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. 2004.
- [11] Donoso JP. Som e acústica - Terceira parte: acústica - Instituto de Física de São Carlos (IFSC), 2005 (Apostila). Disponível em: <http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/14_som_acustica_3.pdf>. Acesso em 06 maio 2018.
- [12] ABNT NBR 10152 Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos