

Elvis Gouveia ,
Fernando Diaz  &
Sadi Datsch 

**HBK – Hottinger
Brüel & Kjær**
Rua Luís Correia de Melo,
92 – 25º Andar
São Paulo, SP, Brasil
{elvis.gouveia,
fernando.diaz,
sadi.datsch}
@hbkworld.com

**William D’Andrea
Fonseca** 
Universidade Federal de
Santa Maria
Av. Roraima n.º 1000,
Cidade Universitária
Santa Maria, RS, Brasil
{will.fonseca}
@eac.ufsm.br

HBK 
HOTTINGER BRÜEL & KJÆR



HBK 2255 com Building Acoustics Partner

O sonômetro HBK 2255 permite realizar toda a medição com controle remoto Wi-Fi

Resumo: O dia a dia de medições de desempenho acústico segundo a ABNT NBR 15575:2021 exige equipamentos leves, robustos e com soluções integradas que facilitem o serviço e reduzam as possibilidades de ocorrência de erros. Considerando tais necessidades, a HBK desenvolveu uma linha de produtos com foco no dia a dia dos canteiros de obras. O sonômetro HBK 2255 integrado ao *Building Acoustics Partner* auxilia na tomada de decisão durante as medições com passos pré-definidos para a medição e visualização dos dados em tempo real. O HBK 2255 pode ser controlado remotamente via Wi-Fi ou Bluetooth, eliminando a necessidade de cabos, e, utilizando o amplificador HBK 2755, toda a medição pode ser controlada remotamente via aplicativo. Os dados das medições de campo podem ser transferidos ao escritório via armazenamento na nuvem, o que, juntamente com o *Building Acoustics Partner*, permite a geração de relatórios rápidos, agilizando o trabalho e aumentando a produtividade do início ao fim.

HBK 2255 with Building Acoustics Partner

Abstract: The day-to-day acoustic performance measurements according to the standard ABNT NBR 15575:2021 require light and robust equipment with integrated solutions that facilitate service and reduce the possibility of errors. Considering such needs, HBK has developed a product line focused on the daily life of construction sites. The HBK 2255 sound level meter integrated into the Building Acoustics Partner assists decision-making during measurement with predefined steps for measuring and real-time data visualization. The HBK 2255 can be controlled remotely via Wi-Fi or Bluetooth, eliminating the need for cables. Using the HBK 2755 amplifier, the entire measurement can be controlled remotely via the App. Data from field measurements can be transferred to the office via cloud storage. Together with the Building Acoustics Partner, it enables quick reporting, accelerating work and increasing productivity from start to finish.

1. Introdução à acústica de salas e edificações

A acústica de edificações trata da transmissão do ruído entre diferentes salas, com maior foco no desempenho acústico de vedações e seu nível de isolamento sonoro, Figura 1. Pode-se dividir a transmissão dos ruídos presentes em uma habitação em dois principais caminhos: aéreo (*airborne sound*) e estrutural (*structure-borne sound*).



Figura 1: O sonômetro HBK 2255 oferece recursos para facilitar o dia a dia de medições acústicas na construção civil.

O *ruído de impacto* é aquele gerado pelo contato direto de um corpo com a superfície da edificação, ou seja, a excitação ocorre diretamente na estrutura ou vedação, veja a Figura 2 (a). O desempenho acústico ao ruído de impacto é avaliado por meio do “Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado” ($L'_{nT, w}$), medido apenas no cômodo receptor com excitação conhecida e padronizada.

O desempenho acústico ao ruído aéreo pode ser subdividido conforme a estrutura em avaliação. Para estruturas internas (veja a Figura 2 (b)), utiliza-se a “Diferença padronizada de nível ponderada” ($D_{nT, w}$). Para isso, é gerado ruído sem contato direto com a edificação, ou seja, uma fonte sonora libera energia para o ar no cômodo emissor que se transfere para o cômodo receptor através das vedações internas da edificação. O terceiro caso é a “Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada” ($D_{2m, nT, w}$), utilizada para avaliar o desempenho acústico de vedações externas (vide Figura 2 (c)). Em ambos os casos, é necessário medir o nível de pressão sonora no cômodo emissor e no cômodo receptor para a obtenção da diferença de nível. No caso de avaliação de fachadas, o cômodo emissor é a parte externa da edificação.

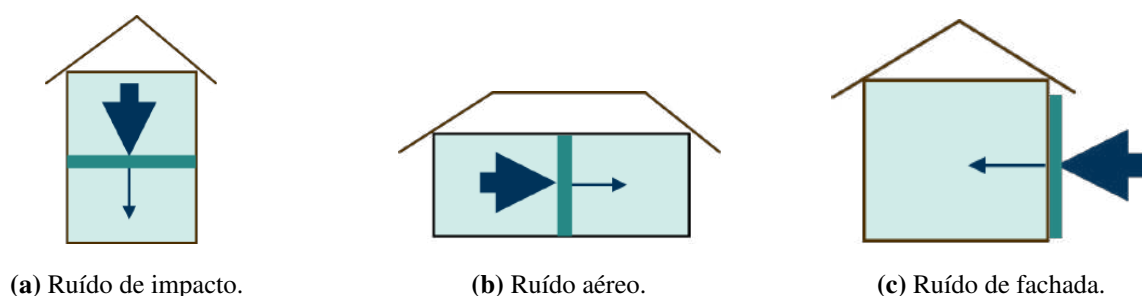


Figura 2: Tipos de ruídos encontrados em edificações.

Para a obtenção dos três parâmetros de avaliação de desempenho acústico das estruturas (da edificação) supramencionados, é necessário realizar a medição do tempo de reverberação (TR) no cômodo de recepção de modo a padronizar os resultados devido à presença (ou não) de elementos absorvedores no recinto (por exemplo, mobília, cortinas e acabamentos). O desempenho acústico de paredes internas, externas ou lajes é um dado em voga no atual cenário mundial de acústica em edificações, uma vez que a preservação da intimidade e o conforto acústico podem elevar o valor agregado de um imóvel. Esse assunto ganhou destaque no mercado nacional devido à publicação da norma ABNT NBR 15575:2021 [1], que define categorias de desempenho acústico para edificações habitacionais. Assim, o desempenho acústico da habitação pode ser classificado nos critérios “mínimo”, “intermediário” e “superior”, tanto para vedações externas quanto internas e para ruídos aéreos e de impacto.

2. Medindo o nível de pressão sonora

A pressão sonora é uma grandeza acústica escalar que ocorre em um meio físico a partir de uma excitação nesse meio. O *nível de pressão sonora* (NPS) é a relação logarítmica entre a pressão sonora no ambiente e uma pressão sonora de referência (20 μPa), dado em escala dB. Sua medição é bastante sensível devido à vasta gama de fenômenos capazes de influenciá-lo. Interferências externas podem inviabilizar e descredibilizar uma medição quando há, por exemplo, a ocorrência de ventos fortes, chuva e ruído residual elevado. Inconformidades técnicas também influenciam os resultados de medições de NPS, tais quais a proximidade a superfícies, o uso de microfones incorretos ou até mesmo a proximidade entre operador e sensor.

Medições sob a influência de fortes ventos ou chuva podem descaracterizar completamente o sinal medido e fatores como temperatura e umidade influenciam diretamente na velocidade de propagação

da onda sonora no meio, bem como na absorção sonora. Superfícies próximas podem gerar fenômenos acústicos como reflexão, difração e até mesmo sombras acústicas, a depender da razão entre tamanho da superfície e do comprimento de onda em análise. Para evitar tais acontecimentos, recomenda-se posicionar o microfone a uma distância mínima de um metro (1,0 m) das superfícies mais próximas e a 1,5 m do solo. Nos casos em que se faz necessária a média espacial do NPS, recomenda-se, ainda, um espaçamento mínimo de 0,7 m entre os pontos de medição [2].

Em diversas situações em acústica de edificações é necessária a excitação da sala sob análise por meio de uma fonte sonora. Nesses casos, é obrigatório o uso de uma fonte omnidirecional a fim de excitar a sala de um modo aproximadamente uniforme e que não privilegie uma determinada região do espaço [2]. A fonte omnidirecional B&K Type 4292-L usa um *cluster* de 12 alto-falantes montados na fase pentagonal de um icosidodecaedro, sendo assim capaz de irradiar som uniformemente com uma distribuição esférica, como pode ser observado na Figura 3. Todos os doze alto-falantes são conectados em uma rede paralela para garantir a operação em fase e uma impedância adequada ao amplificador de potência. Todo o conjunto pesa não mais do que 8 kg e, juntamente com o amplificador HBK Type 2755, é capaz de gerar 122 dB de nível de potência sonora. Essa elevada potência sonora é muito útil para medições em salas grandes e de elevado ruído residual.

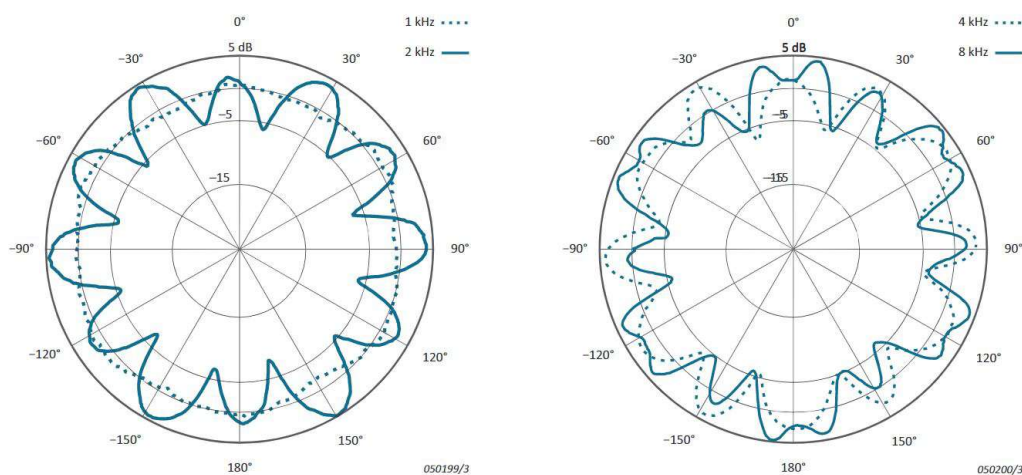


Figura 3: Distribuição polar da energia sonora irradiada pela fonte sonora B&K Type 4292-L

3. Medindo o tempo de reverberação de uma sala

O TR de uma recinto é dado em segundos e representa o tempo necessário para que a densidade de energia sonora no interior de uma sala decaia a um milionésimo (10^{-6}) do seu valor inicial após a interrupção de uma excitação sonora estacionária no ambiente. Esse valor é o equivalente ao decaimento de 60 dB (ref. 20 μ Pa), dando origem ao popular nome deste parâmetro objetivo, T_{60} . Além do T_{60} existem ainda os tempos T_{30} e T_{20} , por exemplo, que são estimativas para o T_{60} a partir da extrapolação do decaimento experimental na faixa dinâmica de 30 dB e 20 dB, respectivamente. Os valores com decaimentos inferiores a 60 dB são utilizados em casos nos quais são encontradas dificuldades para atender à faixa dinâmica desejada [3].

Observe as Figuras 4 (a) e 4 (b) e veja que, devido à diferença entre o nível máximo (aqui adotado como 0 dB) gerado pela fonte e o ruído de fundo (em linha pontilhada em roxo), não é possível medir um decaimento de 60 dB e, por isso, é utilizado um decaimento¹ de apenas 20 dB ou 30 dB. Um ajuste

¹Em suma, o TR denominando T_{20} calculado a partir do t_{20} representa o tempo equivalente necessário para o decaimento de 60 dB estimado a partir do decaimento de 20 dB. A mesma lógica se aplica ao T_{30} .

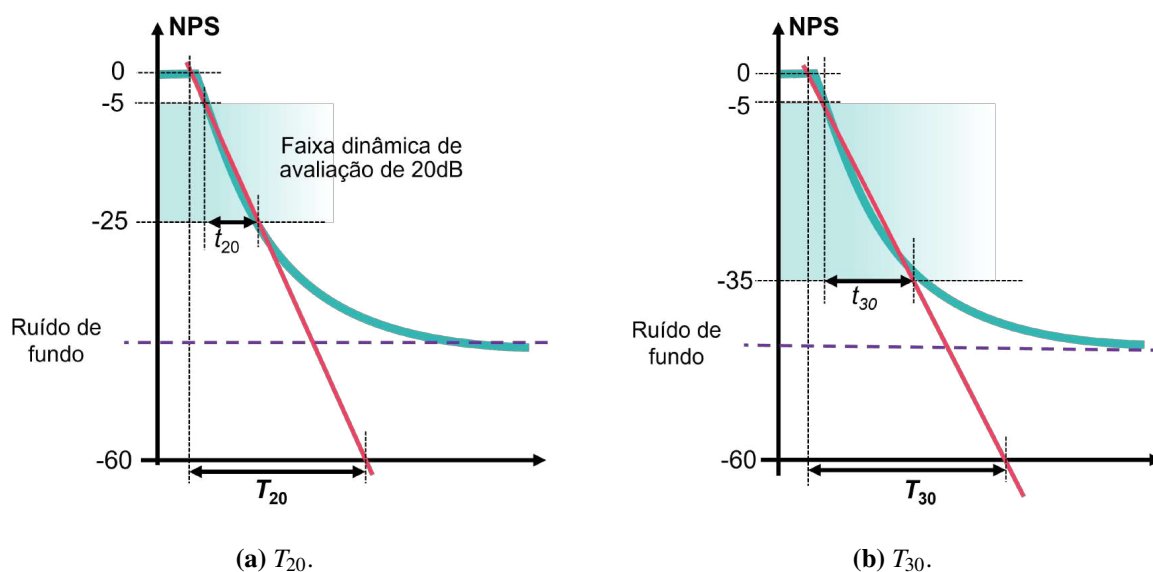


Figura 4: TR obtidos a partir de decaimentos inferiores a 60 dB.

de reta (em vermelho) é empregado para o intervalo entre -5 dB e -25 dB para o T_{20} ou -5 dB e -35 dB para o T_{30} e extrapolado além da curva de decaimento para se obter o TR equivalente para -60 dB.

A obtenção do TR pode ser realizada de diferentes formas, neste encarte abordaremos o método do ruído interrompido e o método do sinal impulsivo. No método do ruído interrompido é necessário excitar a sala por meio de um sinal estacionário (normalmente ruído branco ou rosa) a um nível que atenda à faixa dinâmica de interesse e, em seguida, interromper a fonte sonora abruptamente. Após a interrupção é, então, medido o tempo necessário para o decaimento ao nível desejado, seja ele 20 dB, 30 dB ou 60 dB. O segundo método, por sua vez, utiliza um sinal impulsivo, como um tiro de festim, por exemplo, para excitar a sala. Nesse método, basta gerar o impulso e avaliar se ele alcança a faixa dinâmica de interesse — nota: esse é o que contém a maior incerteza, devido à dificuldade de alcançar repetibilidade e de alcançar faixas dinâmicas adequadas em baixas e altas frequências. O novo sonômetro HBM 2255 possui gatilhos eletrônicos para detectar tanto sinais impulsivos quanto ruídos interrompidos, permitindo que a medição seja iniciada no momento certo e reduzindo a possibilidade de erros de gravação. O HBM 2255 possui também ferramentas de processamentos de dados para calcular o TR imediatamente após o término das medições.

4. Medindo o desempenho acústico de vedações

Em acústica de edificações, especificamente, as instruções para a correta realização das medições são determinadas pelas normas ABNT NBR ISO 16283-1:2021 [2], ABNT NBR ISO 16283-2:2021 [4] e ABNT NBR ISO 16283-3:2018 [5], para ruído aéreo, de impacto e de fachada, respectivamente. Em suma, pode-se dizer que as diretrizes básicas a serem respeitadas para a medição correta dizem respeito aos fatores climáticos (como ventos, chuva, temperatura e umidade) e ao espaçamento entre microfone e superfícies próximas.

4.1 Isolamento a ruído aéreo

Para aferir o desempenho acústico de vedações internas para fontes de ruído aéreo é necessário medir a diferença padronizada de nível (D_{nT}), obtida a partir da diferença de NPS medidos nos cômodos separados pela vedação. Para isso, primeiramente uma fonte sonora é utilizada para excitar a sala

emissora, na qual mede-se um valor de NPS (L_1). Em seguida, a fonte é ligada novamente na sala emissora, porém o NPS (L_2) é, agora, avaliado na sala receptora. A diferença padronizada de nível que caracteriza o desempenho acústico da vedação pode ser obtida utilizando a relação

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right), \quad (1)$$

na qual T é o tempo de reverberação na sala receptora e T_0 é o tempo de reverberação de referência de 0,5 s [2].

Ao se medir ruído aéreo, alguns cuidados devem ser tomados, como o correto posicionamento dos microfones nos diversos pontos de medição, respeitando uma distância mínima de 1,0 m das superfícies próximas, 0,7 m entre as posições de microfones e 1,5 m do piso. O uso de uma fonte com resposta considerada plana ao longo da faixa de frequências de interesse e omnidirecional também é importante para esse tipo de medição. A fonte omnidirecional HBK Type 4292-L atende os requisitos mencionados pelas normas ABNT NBR ISO 16283-1:2018 [2] e ABNT NBR ISO 3382-1:2017 [3], sendo projetada para ser leve e robusta. Mais detalhes podem ser vistos na sua [folha de dados](#). O sistema se completa com o novo amplificador HBK Type 2755. Finalmente, o kit de excitação com fonte, amplificador e tripé pesa menos de 15 kg — veja a demonstração na Figura 5.



Figura 5: Exemplo de medição, o sonômetro HBK 2255 e amplificador HBK 2755 podem ser operados (sem fio) via *smartphone*.

4.2 Isolamento de fachada a ruído aéreo

Para avaliar o desempenho acústico de vedações externas é analisado o isolamento de fachada a ruído aéreo que, assim como para vedações internas, é baseado em uma diferença de nível de pressão sonora. O nível de pressão sonora externo ($L_{1, 2m}$) é medido a uma distância de 2 m da fachada e a fonte deve

ser posicionada conforme elaborado na norma ABNT NBR ISO 16283-3:2021 [5]. O NPS L_2 é medido no interior da edificação a uma distância mínima de 1 m das vedações. Pode-se então utilizar a relação

$$D_{2m, nT} = (L_{1, 2m} - L_2) + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right), \quad (2)$$

para se obter o isolamento de fachada a ruído aéreo [5].

O isolamento de fachada sujeito ao ruído aéreo deve ser medido com as aberturas (como portas e janelas) do cômodo em análise fechadas a fim de evitar a incidência de ruídos oriundos de outros cômodos. Tal requisito, em diversos casos, dificulta o processo de medição devido à necessidade de interconectar com o uso de cabos os diversos equipamentos utilizados, de modo a formar a cadeia de medição apropriada. Por esse motivo, os novos produtos da HBK, Type 2255 e Type 2755 — veja o kit na Figura 6 —, possuem conexão sem fio via Wi-Fi para interligar e controlar remotamente os equipamentos. O gerador de sinais com sinais pré-carregados presentes no amplificador permite que sejam utilizados apenas dois cabos em toda a cadeia: o de energia para o amplificador e o de conexão entre amplificador e fonte sonora. Integrada ao *Building Acoustics Partner*, toda a medição pode ser controlada via *smartphone*, e a análise primária dos resultados pode ser realizada imediatamente após as medições, seja pelo indicador de qualidade de medição presente no HBK 2255, ou pelos resultados iniciais apresentados no aplicativo móvel.



Figura 6: Fonte omnidirecional B&K Type 4292-L, sonômetro HBK 2255 e amplificador HBK 2755 — estes dois últimos podem ser controlados via Wi-Fi (sem cabos).

4.3 Isolamento a ruído de impacto

Em casos em que se faz necessária a avaliação do isolamento ao ruído de impacto, é utilizada uma fonte de impactos padronizados (*tapping machine*), que deve atender a um padrão de força, frequência e distribuição espacial, como a B&K Type 3207 atende. A fonte é posicionada na sala emissora e o ruído de impacto é medido apenas na sala receptora, devido ao fato da transmissão do ruído de impacto

ser majoritariamente estrutural, o que torna a propagação acústica através do ar na sala de emissão negligenciável. Uma vez que a fonte gera impactos padronizados, pode-se avaliar apenas o NPS na sala receptora e tomá-lo como dado de comparação, pois a única alteração na cadeia de medição seria a laje sob teste e análise.

De acordo com a ABNT NBR 15575-1:2021 [1], as lajes em geral devem atender a um $L'_{nT,w}$ de 80 dB para o desempenho mínimo requisitado no Brasil para sistemas de piso separando unidades habitacionais. Isso significa que com a máquina de impactos ligada, o $L'_{nT,w}$ máximo medido no pavimento receptor deve ser inferior a 80 dB. Cabe ressaltar que esse dado não trata apenas do NPS medido no pavimento inferior, mas que sofre influência direta do tempo de reverberação do cômodo inferior, como apresentado na equação

$$L_{nT,w} = L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right). \quad (3)$$

Esse tipo de ensaio é amplamente utilizado para a análise do desempenho acústico de lajes dos mais diversos tipos. Por se tratar de um tipo de medição realizada entre diferentes andares de um edifício, o acionamento da fonte e do gravador pode se tornar trabalhoso, o que também ocorre com o processamento dos dados coletados. Visando facilitar o dia a dia de medições, a HBK desenvolveu o *Building Acoustics Partner*, um *software* que permite o controle remoto do sonômetro tanto via Bluetooth quanto via Wi-Fi. Além de permitir o controle remoto do sonômetro, o *software* realiza o pós-processamento dos dados colhidos, permitindo analisar os resultados e gerar relatórios de desempenho de diferentes vedações e de TR de acordo com as normas vigentes.

5. Conhecendo o sonômetro HBK 2255 com Building Acoustics Partner

O sonômetro HBK 2255 foi desenvolvido com foco em medições de acústica de edificações. Com tecnologia avançada, de canal único, o HBK 2255 e seus acessórios foram projetados para serem leves, robustos e adequados para resistir a água, poeira e detritos presentes no cotidiano de um canteiro de obras, alcançando a certificação IP 54 (IEC 60529:1989/AMD2:2013/COR1:2019 [6]). Esse sonômetro possui uma faixa dinâmica de medição de 15,8 dB(A) a 140,9 dB(A) que permite medir os mais diversos sinais, sem a necessidade do conhecimento prévio de suas características. Além disso, atende as especificações da família de normas internacionais vigentes para sonômetros de Classe 1 (IEC 61672:2013 [7]) e para filtros de oitava e terço de oitava (IEC 61620:2014 [8]).

Para maior comodidade, o sonômetro HBK 2255 conta com conexões sem fio via Wi-Fi e Bluetooth que permitem o controle remoto das medições e facilitam a transferência de dados, observe a Figura 7. O sonômetro possui 16 GB de armazenamento interno, que permitem medições de longa duração (e gravação de arquivos de áudio), com uma bateria que dura até 13 h com o Wi-Fi ligado. Informações adicionais podem ser encontradas na [folha de dados](#) do produto.

Além disso, ao utilizar o sonômetro HBK 2255 juntamente com o amplificador HBK 2755, toda a medição pode ser controlada remotamente da palma da mão com o uso de um *smartphone*. Isso é possível graças ao ajuste de ganho via conexão Wi-Fi e pelo gerador de sinais otimizado para fontes HBK, ambos presentes nos amplificadores HBK 2755. O amplificador HBK 2755 é leve (2,2 kg), conta com uma porta USB que pode ser conectada diretamente ao computador e uma porta BNC que permite a conexão direta com microfones. Para mais informações acesse a [folha de dados](#) do HBK 2755.

Com a licença *Building Acoustics Partner* ativada, o HBK 2255 está equipado para realizar uma gama completa de medições, abrangendo desde o isolamento acústico em bandas de $1/1$ ou $1/3$ de oitava até a análise do tempo de reverberação utilizando sinais de ruído interrompidos ou impulsivos. O processo

de medição pode ser controlado remotamente ao ser conectado ao aplicativo móvel *Building Acoustics Partner*, e oferece suporte total ao fluxo de trabalho. Ao informar os passos a serem seguidos para cada tipo de medição e realizando avaliações imediatamente após o término da medição realizada, o aplicativo reduz as chances de precisar retornar à obra para refazer ensaios.



(a) Acesso remoto.



(b) Informações de análise.

Figura 7: Ilustrações de uso do HBK 2255 via *smartphone*.

O aplicativo para computador auxilia na análise das medições realizadas, gerando um relatório rápido para fácil averiguação dos dados colhidos. No aplicativo, o usuário pode definir parâmetros objetivos que melhor se adaptam a sua necessidade, como TR ou dados de desempenho acústico ($D_{nT,w}$, por exemplo), para serem apresentados no relatório, que é gerado automaticamente. Para entender o processo de medição completo, desde a configuração até o relatório, acesse os vídeos de demonstração na [página do produto](#).

Extra: O HBK 2255 também é uma solução completa para medições de ruído ambiental. Ao utilizá-lo junto ao *software Enviro Noise Partner* da HBK, os dados são facilmente organizados, avaliados e processados, fornecendo assistência do início ao fim do processo de medição. O HBK 2255 disponibiliza análises em bandas de frequência de oitava ($1/1$ e $1/3$) e estreita, registros temporais e gravação do áudio

da medição [9]. Assim, as ferramentas HBK fornecem a solução completa para a análise acústica de empreendimentos imobiliários, desde a classe de ruído local até o desempenho das vedações.

6. Considerações finais

Em conclusão, este documento apresentou metodologias detalhadas e especificações técnicas para a medição de vários parâmetros acústicos em ambientes construídos. A importância de aderir a padrões internacionais e usar equipamentos de precisão como o sonômetro HBK 2255 e seus acessórios foi enfatizada. A integração dessas ferramentas com soluções de *software* avançadas, como o Building Acoustics Partner, demonstra a evolução da medição acústica, facilitando processos eficientes, precisos e amigáveis ao usuário.

Com a evolução do campo da acústica de edificações, a necessidade de medições exatas e confiáveis torna-se cada vez mais crítica. As tecnologias e metodologias discutidas aqui fornecem a base para tais avaliações, fornecendo informações para que o desempenho acústico dos edifícios possa atender aos padrões necessários e contribua positivamente para o conforto e bem-estar humano.

Espera-se que as informações fornecidas neste encarte sirvam como um recurso valioso para profissionais da área, auxiliando na busca por ambientes acústicos melhores. À medida que avançamos, são esperados progressos contínuos em tecnologia e metodologia, prometendo ainda maior precisão, exatidão e facilidade no importante trabalho de medição e análise acústica.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à professora da USP Ranny Michalski e ao engenheiro acústico Felipe Ramos de Mello pelas contribuições para com este texto.

Referências

1. ABNT. *ABNT NBR 15575-1:2021 – Edificações habitacionais – Desempenho*. [S.l.], 2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=Q0tGNjlxTmUxcUw2alprZFNhUVZwbU1BRTUwOC9BSEU2NVZLNmY1ekkyND0=>.
2. NBR ISO 16283-1:2018 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações - Parte 1: Isolamento a ruído aéreo. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=T0FhR2ZYYZBaVlpQNprT3BVWkZWZVc1N1VINTFVUXJZRWc1eGF5YmMwQT0=#hide1>.
3. NBR ISO 3382-1:2017 Acústica - Medição de parâmetros de acústica de salas. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=MXhpcU9STGh0ajdxZHJkFJNGVvd1V4Z0FMYitrWnlIR25jTitmTGRnTT0=#hide1>.
4. NBR ISO 16283-2:2021 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=b3RTaGdOZ1gvelFiV1MxNU55c0o4Y0Fock1QSnRXbVhPZ3RjUIE1OXD0WT0=#hide1>.
5. NBR ISO 16283-3:2021 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações. São Paulo, 2021. Disponível em: [abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=RErNEZiWHBwYW1iNjF2NGJiZnlUQW1ZVkiEVXJRv0lxS3JRS3dDdUw4RT0=#hide1](https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=RErNEZiWHBwYW1iNjF2NGJiZnlUQW1ZVkiEVXJRv0lxS3JRS3dDdUw4RT0=#hide1).
6. IEC Central Secretary. *IEC 60529:1989/AMD2:2013/COR1:2019 – Corrigendum 1 - Amendment 2 – Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*. Genebra, Suíça, 2019. Edition 2.0. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/64427>.
7. IEC Central Secretary. *IEC 61672-1:2013 - Electroacoustics – Sound level meters –Part 1: Specifications*. Genebra, Suíça, 2013. Edition 2.0. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/5708>.
8. IEC Central Secretary. *IEC 61260-1:2014 - Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters - Part 1: Specifications*. Genebra, Suíça, 2014. Edition 1.0. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/5063>.
9. DIAZ, Fernando; OLIVEIRA, Denison. *Novo sonômetro Brüel & Kjær Modelo 2245: O novo sonômetro da Brüel & Kjær tem inovações para todos os tipos de usuários, de consultores a pesquisadores*. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.55753%2Faev.v35e52.41>.