



# FIA 2020/22

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

Florianópolis, SC, Brasil

## Validação da direcionalidade de fonte sonora para medições de desempenho acústico

Andrade, B. L.<sup>1</sup>; Brites, M. S.<sup>1</sup>; Soares, M. C.<sup>2</sup>; Giner, J. C.<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> GINER – Designing Sound Spaces, São Paulo, SP, Brasil, {lab, murilo, jcginer}@giner.com.br

### Resumo

O presente artigo tem como objetivo demonstrar um procedimento alternativo para a medição da direcionalidade de uma fonte sonora dodecaédrica construída pela empresa Giner. O procedimento está baseado nas orientações descritas na norma ABNT NBR ISO 16283-1:2018. Os resultados obtidos são também comparados aos medidos para uma fonte sonora dodecaédrica comercial. As medições foram realizadas na cobertura do prédio onde a empresa está localizada, na cidade de São Paulo. Dessa forma, buscou-se minimizar interferências causadas por superfícies refletoras. Após as medições e análise dos dados, constatou-se que a fonte objeto de estudo atende a todos os parâmetros descritos na norma, estando, assim, dentro dos limites desejados para que a seja utilizada como equipamento para medições de isolamento a ruído aéreo. Além disso, observou-se um comportamento semelhante ao da fonte sonora comercial.

**Palavras-chave:** direcionalidade, fonte sonora, fonte omnidirecional, acústica, ISO 16283.

**PACS:** 43.20.Ye \ 43.38.Ja \ 43.58.-e \ 43.50.Jh.

### Abstract

This article aims to demonstrate an alternative procedure for measuring the directionality of a dodecahedral sound source built by the company Giner. The procedure is based on the guidelines described in the standard ABNT NBR ISO 16283-1:2018. The results obtained are also compared to those measured for a commercial dodecahedral sound source. The measurements were carried out on the roof of the building where the company is located, in the city of São Paulo. Thus, we sought to minimize interference caused by reflective surfaces. After measurements and data analysis, it was found that the source object of study meets all the parameters described in the standard, thus being within the desired limits for it to be used as equipment for airborne noise insulation measurements. In addition, a behavior like that of the commercial sound source was observed.

**Keywords:** directivity, sound source, omnidirectional source, acoustics, ISO 16283.

## 1. INTRODUÇÃO

A norma ABNT NBR 15575 [1] representou um marco na qualidade das edificações brasileiras, pois estabeleceu critérios mínimos de desempenho necessários [2]. Dentre as várias disciplinas englobadas na norma, está a acústica. Para garantir o atendimento aos critérios apresentados na ABNT NBR 15575 [1], uma das normas adotadas para o procedimento de medição é a norma ABNT NBR ISO 16283 [3, 4, 5].

Para realizar ensaios acústicos do desempenho de edificações, diversos equipamentos são utilizados. No Brasil, muitas vezes a aquisição desse tipo de equipamentos significa o investimento de altos valores pelas empresas que utilizam estes dispositivos em seus testes e ensaios acústicos.

Um dos equipamentos necessários é a fonte sonora. Ela tem a função de gerar um campo sonoro estável e com espectro contínuo sobre a faixa de frequências que é medida. No que diz respeito à direcionalidade, a fonte deve ser



aproximadamente uniforme, com radiação omnidirecional. É comum a utilização de fontes sonoras dodecaédricas, pois essas irradiam o som de maneira mais uniforme em todas as direções se comparadas com outros tipos de caixas acústicas [6].

A norma ABNT NBR ISO 16283-1 [3] define os critérios e procedimentos para a qualificação da direcionalidade de uma fonte sonora a ser utilizada nas medições de campo do isolamento acústico nas edificações. Esses critérios são importantes para possibilitar a geração de um campo sonoro adequado e, dessa forma, garantir a reprodutibilidade dos ensaios.

No presente artigo são apresentados os resultados obtidos utilizando os procedimentos descritos nas normas supracitadas para a qualificação da direcionalidade de uma fonte sonora dodecaédrica construída pela empresa Giner. Além disso, os dados obtidos foram comparados com os resultados da caracterização, seguindo os mesmos procedimentos e sob as mesmas condições, de uma fonte sonora comercial.

Na Seção 2 são apresentados os critérios e procedimentos para qualificação da direcionalidade da fonte sonora de acordo a norma ABNT NBR ISO 16283-1 [3]. Na Seção 3 é descrita a metodologia utilizada durante as medições. Os resultados são relatados e discutidos na Seção 4. As conclusões do trabalho são apresentadas na Seção 5.

## 2. CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA QUALIFICAÇÃO DA DIRECIONALIDADE DA FONTE SONORA

A norma ABNT NBR ISO 16283-1 [3] apresenta os critérios para qualificação da direcionalidade de uma fonte sonora para ser utilizada em medições de campo do isolamento acústico nas edificações.

As medições devem ser realizadas a uma distância de 1,5 m a partir do centro da fonte sonora que está sendo avaliada. As normas especificam que o ensaio deve ser realizado em campo livre. O sinal de excitação deve ser um

ruído de banda larga e as medições devem ser feitas em bandas de um terço de oitava.

Para a checagem do atendimento aos critérios da norma, o primeiro passo é a realização de medições do nível de pressão sonora tomando medidas discretas em intervalos de 5°. Utilizando esses dados, é possível calcular o  $L_{30,i}$ , que corresponde ao valor da média energética ao longo de um arco de 30°. Outro parâmetro que precisa ser calculado é a média energética dos níveis para o arco de 360°,  $L_{360}$ .

A partir disso, utiliza-se a Equação (1) para calcular os índices de diretividade:

$$Dl_i = L_{360} - L_{30,i} \quad (1)$$

No Quadro 1 são apresentados os critérios estipulados pela norma ABNT NBR ISO 16283-1 [3].

**Quadro 1:** Critérios de avaliação para o desvio máximo, em dB.

Freq. [Hz]	100 a 630	800	1000 a 5000
Desvio máx. [dB]	± 2	± 5	± 8

## 3. MÉTODOS

A metodologia utilizada para realizar a medição de caracterização da diretividade da fonte sonora seguiu os procedimentos descritos na norma ABNT NBR ISO 16283-1 [3].

### 3.1 Instrumentação utilizada

Os equipamentos utilizados para realizar as medições foram:

1. Medidor integrador de nível sonoro (sonômetro) NTi – XL2;
2. Cápsula NTi – MC230;
3. Pré-amplificador NTi – MA220;
4. Amplificador de áudio QSC – GX5;
5. Fonte sonora dodecaédrica Giner (fabricação própria);

6. Gerador de sinais NTi – Minirator MRPRO;
7. Termo-higro-anemômetro Akrom – KR825;
8. Equipamentos auxiliares (cabos, conectores, tripés etc.).

### 3.2 Local de medição e posicionamento dos equipamentos

Os ensaios foram realizados na cobertura do prédio onde a empresa está localizada, na cidade de São Paulo – SP. O local de medição foi selecionado com o objetivo de aproximar-se de uma condição de campo livre, buscando minimizar as interferências causadas por superfícies refletoras.

Durante as medições não houve ocorrências de chuva, ventos fortes, trovoadas ou qualquer outro fenômeno da natureza que pudesse interferir nos resultados. Foi utilizado o protetor de vento, *windscreen*. As condições de temperatura, umidade e velocidade do vento foram monitoradas durante a medição para garantir o atendimento aos requisitos de funcionamento dos equipamentos.

O sonômetro foi posicionado a 1,5 m de distância do centro geométrico da fonte sonora em avaliação. A fonte sonora e o sonômetro foram posicionados a uma altura de 1,8 m do solo, conforme Figura 1.

### 3.3 Procedimento de medição

O primeiro procedimento realizado foi o ajuste do nível de pressão sonora (NPS) emitido pela fonte. Como critério adotou-se que o NPS utilizado na medição deveria estar, pelo menos, 30 dB acima do som residual obtido no local durante o ensaio. Para obter o som residual foi realizada uma medição de 10 min.

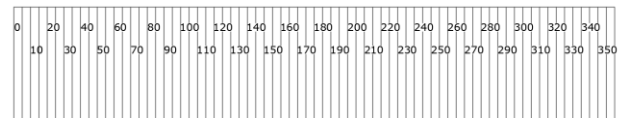
Após esse ajuste, procedeu-se para as medições da direcionalidade da fonte. Conforme os procedimentos descritos na norma ABNT NBR ISO 16283-1 [3], foram realizadas medições tomando medidas discretas em intervalos de 5°. Para realizar a rotação da fonte sonora, um gabarito foi fixado no suporte do tripé utilizado

para sustentar o dodecaedro, conforme apresentado na Figura 3.



**Figura 1:** Registro da medição.

O gabarito que foi fixado no suporte do tripé utilizado para sustentar o dodecaedro apresenta uma escala de ângulos que começa em 0° e percorre uma circunferência completa até atingir o ângulo de 360°, com uma discretização de 5°. O desenho técnico do gabarito é apresentado na Figura 2.



**Figura 2:** Desenho técnico do gabarito com os ângulos.

O sinal de teste utilizado foi um ruído de banda larga do tipo ruído branco e o tempo adotado para cada medição foi de 30 s.



**Figura 3:** Gabarito utilizado como guia para rotacionar a fonte sonora durante as medições.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

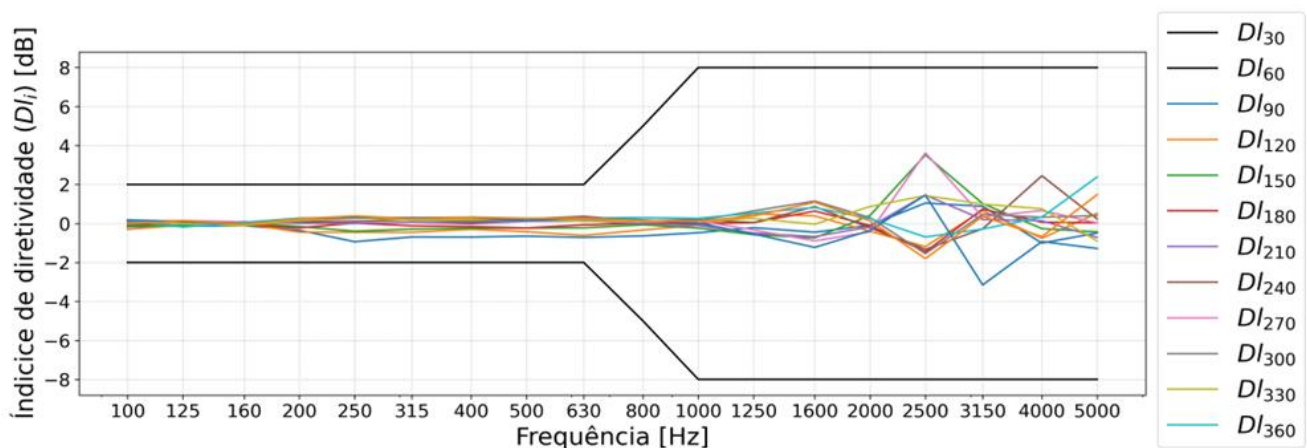
As medições para qualificação da direcionalidade da fonte sonora construída pela Giner foram realizadas no dia 28/05/2022 das 11:00 às 13:00. No Quadro 2 são apresentadas as condições ambientais medidas no início e no final das medições.

**Quadro 2:** Condições ambientais na medição.

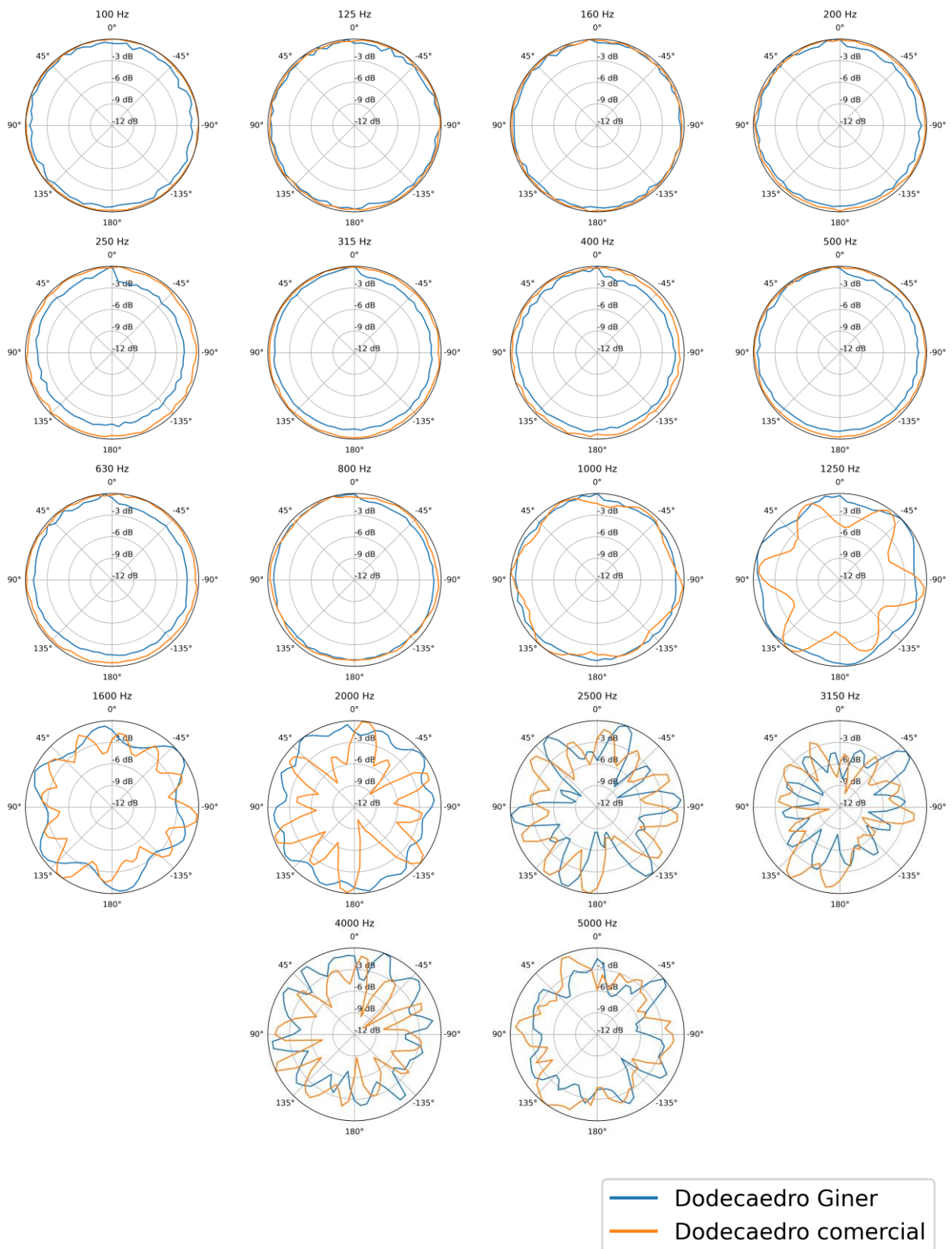
	Inicial	Final
Temperatura [°C]	30	35
Umidade relativa [%]	18	16
Velocidade do vento [m/s]	0	0

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos para direcionalidade da fonte sonora em relação aos critérios estabelecidos na norma ABNT NBR ISO 16283-1 [3]. Como é possível observar, o índice de diretividade obtido está de acordo com os critérios para todos os arcos de 30° em torno da fonte sonora. Além disso, como seria de se esperar, o índice de diretividade assume valores mais elevados nas frequências mais altas, região para qual os critérios da norma são menos restritivos.

Além de comparar os resultados obtidos com os critérios da norma ABNT NBR ISO 16283-1 [3], a direcionalidade da fonte sonora construída pela Giner também é comparada com a direcionalidade de uma fonte sonora dodecaédrica comercial. Essa comparação é feita utilizando gráficos polares, que permitem visualizar a variação do nível de pressão sonora em torno da fonte, conforme Figura 5. Como é possível observar, ambas as fontes sonoras têm comportamento semelhante, sendo ambas mais direcionais na região de alta frequência.



**Figura 4:** Índices de diretividade da fonte sonora desenvolvida pela Giner e critérios da norma ISO 16283-1 [3].



**Figura 5:** Comparação entre os gráficos polares do dodecaedro Giner e de um dodecaedro comercial.



## 5. CONCLUSÃO

A fonte sonora desempenha um papel fundamental no conjunto de equipamentos utilizados em medições acústicas. Ela deve ter uma resposta adequada na região de frequências de interesse e propiciar a criação de um campo sonoro uniforme. No que diz respeito à direcionalidade da fonte, a norma ABNT NBR ISO 16283-1 [3] define os critérios para qualificação.

Nesse estudo foram demonstrados os resultados obtidos na caracterização da direcionalidade de uma fonte sonora construída pela empresa Giner, São Paulo – Brasil, de acordo com os critérios e procedimentos descritos na norma ABNT NBR ISO 16283-1 [3]. A fonte sonora construída obteve bons resultados de direcionalidade no plano analisado no teste (plano horizontal). Os dados do teste foram comparados com os limites do desvio máximo, apresentados na ABNT ISO 16283-1 [3], e atenderam aos limites estabelecidos.

Além disso, analisando os gráficos polares apresentados, a fonte apresentou resultados semelhantes aos obtidos no mesmo teste de caracterização de direcionalidade realizado com uma fonte sonora dodecaédrica comercial. Isso comprova o sucesso na construção de uma fonte sonora dodecaédrica com características omnidirecionais.

Em futuros trabalhos, a análise de direcionalidade pode ser feita de maneira a contemplar os critérios de outras normas, como a ABNT NBR ISO 3382-1 – Medições de parâmetros de acústica de salas – Parte 1: Salas de espetáculo [7]. Além disso, outras grandezas podem ser analisadas, como a resposta em frequência da fonte da sonora.

## 6. AGRADECIMENTOS

À empresa Giner e seus colaboradores, por propiciar as ferramentas e condições necessárias para execução do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2021.
- [2] SHIN, Herbert Berndt. Norma de desempenho NBR 15575: estudo das práticas adotadas por construtoras e dos impactos ocorridos no mercado da construção civil. **Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro**, 2016.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR ISO 16283-1: Acústica – Medições de campo de isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações – Parte 1: Isolamento a ruído aéreo. Rio de Janeiro, 2018.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR ISO 16283-2: Acústica – Medições de campo de isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações – Parte 2: Isolamento a ruído de impacto. Rio de Janeiro, 2021.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR ISO 16283-3: Acústica – Medições de campo de isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações – Parte 3: Isolamento de fachada a ruído aéreo. Rio de Janeiro, 2021.
- [6] MARTELLOTTA, Francesco. Optimizing stepwise rotation of dodecahedron sound source to improve the accuracy of room acoustic measures. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 3, p. 2037-2048, 2013.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR ISO 3382-1 – Medições de parâmetros de acústica de salas – Parte 1: Salas de espetáculo. Rio de Janeiro, 2017.