

CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DO ESTÚDIO DE GRAVAÇÃO DE VÍDEO DA FAACZ

Guilherme Sirtoli Tonon (guilhermesirtoli11@gmail.com).

Aluno de graduação do curso de Engenharia Mecânica da FAACZ

Harerton Oliveira Dourado (harerton@fsjb.edu.br)

Professor dos cursos de engenharia da FAACZ

RESUMO

O presente trabalho teve por finalidade estudar as propriedades acústicas do estúdio de gravação de vídeo das Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ). As propriedades acústicas foram determinadas utilizando-se modelos matemáticos, bem como a partir da resposta impulsiva do auditório, obtida através do método de varredura logarítmicas de frequência. Os resultados indicaram que o estúdio de gravação da FAACZ necessita de correção no tempo de reverberação de frequências graves.

PALAVRAS-CHAVE: Acústica. Reverberação.

1 INTRODUÇÃO

A FAACZ, desde o ano de 2017, passou a ofertar disciplinas na modalidade a distância (BORGES *et al.*, 2020). Como auxílio à criação de conteúdo em vídeo para estas disciplinas, foi construído um estúdio de gravação de vídeo. Apesar do mesmo possuir painéis de absorção acústica, é possível perceber nos vídeos gravados a existência de reverberação acentuada, especialmente em frequências mais baixas. Dessa forma, o presente trabalho visa caracterizar as propriedades acústicas do estúdio de gravação de vídeo da FAACZ, especialmente quanto ao tempo de reverberação e a determinação dos modos de ressonância do ambiente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Acústica em ambientes fechados

A propagação das ondas sonoras em um ambiente fechado pode ser caracterizada por efeitos relacionados pelo comportamento das superfícies, bem como às dimensões do ambiente. Esses efeitos podem ser caracterizados por diversos parâmetros, alguns dos quais descritos a seguir. Alguns podem ser modelados algebricamente ou serem obtidos a partir de medições acústicas. Informações mais detalhadas podem ser obtidas da leitura da norma ABNT NBR ISO 3382:1 (ABNT, 2017).

2.2 Tempo de reverberação

O tempo transcorrido a partir do momento da emissão da onda sonora pela fonte até que sua energia se reduza a 1 milionésimo em relação ao estado estacionário (uma redução de 60dB) é chamado de tempo de reverberação (RT_{60}) (BRANDÃO, 2018). Este é um dos parâmetros acústicos mais importantes e está ligado diretamente à avaliação qualitativa da acústica de um ambiente (EVEREST; POHLMANN, 2014).

O tempo de reverberação pode ser modelado algebricamente, por exemplo, através da equação de Sabine (Equação 1), mas também pode ser obtido a partir da medição do tempo de decaimento para uma redução de 10, 20 ou 30 dB, cuja taxa de decaimento é extrapolada para estimar o valor de RT_{60} , sendo então identificado por T_{10} , T_{20} e T_{30} , respectivamente.

$$RT_{60} = \frac{0,16 \times V}{A} \quad (1)$$

Onde:

V = volume da sala (m^3);
 A = Absorção total do ambiente (sabines).

2.3 Ondas estacionárias

Ao se propagar em um ambiente fechado, as ondas sonoras são refletidas pelas paredes e podem originar interferência construtiva ou destrutiva em pontos específicos do ambiente, como função da frequência propagada e das dimensões do recinto, fenômeno chamado de ondas ou modos estacionários (VALLE, 2007). Esse fenômeno é mais facilmente percebido nas frequências mais graves, abaixo do ponto de corte denominado frequência de Schroeder (f_c) (EVEREST; POHLMANN, 2014). A frequência de Schroeder pode ser calculada a partir da Equação 2, ao passo que os modos estacionários (f_{modos}) podem ser calculados pela Equação 3.

$$f_c = 2000 \sqrt{\frac{RT_{60}}{V}} \quad (2)$$

Onde:

RT_{60} = tempo de reverberação (s)
 V = volume da sala (m^3).

$$f_{\text{modos}} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{x}\right)^2 + \left(\frac{n}{y}\right)^2 + \left(\frac{p}{z}\right)^2} \quad (3)$$

Onde:

c = velocidade do som (m/s)
 x, y, z = dimensões da sala (m)
 $m, n, p = 1, 2, 3, 4, \dots$ (inteiros positivos, correspondendo às ordens dos harmônicos).

A partir do cálculo dos modos estacionários, é possível calcular a densidade modal, que representa o número de modos presentes em cada banda de frequência ISSO, entre 25 e 315 Hz (VALLE, 2007).

2.4 Clareza e definição

A clareza da percepção sonora depende da energia que chega ao receptor nos primeiros 50 e 80 ms (FIGUEIREDO, 2005). As propriedades acústicas associadas a este intervalo de tempo são chamadas de clareza e a definição. A Clareza é calculada pela Equação 4, ao passo que a Definição é calculada pela Equação 5.

$$C_n = 10 \log \left[\frac{\int_{t=0}^n p^2(t) dt}{\int_{t=n}^{\infty} p^2(t) dt} \right] \quad (4)$$

Onde,

p = pressão sonora;
 t = tempo (ms);
 n = 50 ou 80 ms.

$$D_{50} = \frac{\int_{t=0}^{50} p^2(t) dt}{\int_{t=0}^{\infty} p^2(t) dt} \quad (5)$$

Onde,

p = pressão sonora;
 t = tempo (ms).

Para a clareza, busca-se valores acima de 0 dB, ao passo que para a definição, valores acima de 50% favorecem a inteligibilidade (VALLE, 2007).

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição do ambiente estudado

O estúdio de gravação de vídeo das FAACZ é um ambiente fechado, medindo 3,95 m, 3,70 m e 3,06 m (comprimento, largura e altura), área total de 76,06 m² e volume de 44,72 m³. As paredes são de alvenaria com acabamento e pintura, com exceção da parede do fundo, que é constituída por uma parede divisória de madeira com um vidro para observação. 39 painéis de absorção acústica Sonique 50C estão distribuídos ao longo de todas as paredes e 8 paines de absorção de baixas frequências Sonique Corner Trap estão distribuídos em todos os cantos da sala.

3.2 Cálculos e medições acústicas

O tempo de reverberação e a distribuição dos modos acústicos abaixo de 300 Hz foram calculados a partir das equações de Sabine (Equação 01) e da Equação 03, respectivamente. As propriedades acústicas RT_{60} , C_{50} , C_{80} e D_{50} , bem como o espectro de decaimento das frequências foram calculados com o auxílio do software RoomEq Wizard, versão V5.20.13 (MULCAHY, 2022), a partir da resposta impulsiva obtida com a técnica da varredura de frequência (FARINA, 2000; MÜLLER; MASSARANI, 2001). Para captura da varredura do sistema foi utilizado um microfone modelo Behringer ECM8000, conectado à uma interface de áudio modelo Behringer U-Phoria UMC204HD que, por sua vez estava conectada à um computador portátil. Uma caixa de som portátil com alto-falante de 12 polegadas e *tweeter* foi utilizada para a reprodução do sinal de varredura de frequência.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Tempo de reverberação

O tempo de reverberação calculado foi de $RT_{60} = 0.1$ s, ao passo que as medições forneceram, para a faixa de 1000 Hz, um tempo de $RT_{60} \approx 0.5$ s, tanto para o cálculo baseado no decaimento dos primeiros 20 ms (T_{20}), quanto para 30 ms (T_{30}). Entretanto, o valor do tempo de reverberação é maior nas frequências mais graves, atingindo um valor máximo superior a 2,0 s em frequências inferiores a 100 Hz (Figura 1a). É importante ressaltar que, para estúdios de gravação, recomenda-se um tempo de reverberação de aproximadamente 0.5 s para salas com volume semelhantes ao do estúdio de gravação de vídeo da FAACZ (EVEREST; POHLMANN, 2014).

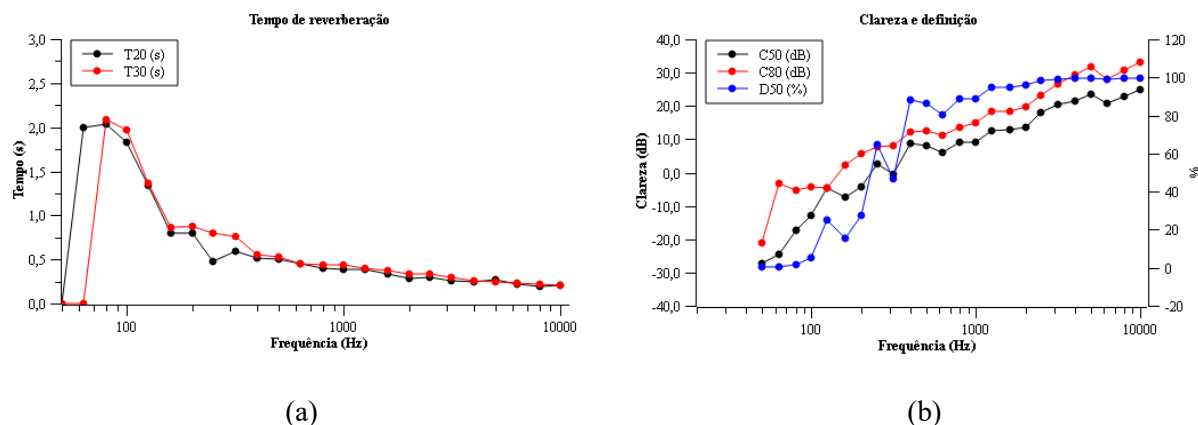


Figura 1: (a) tempo de reverberação (RT_{60}) calculado com base no decaimento inicial de 20 ms (T_{20}) e 30 ms (T_{30}); (b) parâmetros de clareza (C_{50} e C_{80}) e definição (D_{50}); todos os valores foram calculados com base nas medições acústicas.

4.2 Clareza e definição

Os valores de clareza e definição medidos são mostrados na Figura 2b. É possível observar que os valores mais altos estão localizados a partir de da região de 300 Hz. Como a voz humana possui frequências

fundamentais por volta dessa região, os valores de clareza e definição verificados favorecem a compreensão da articulação.

4.3 Modos estacionários

O cálculo da densidade modal é mostrado na Figura 2a, onde observa-se claramente um pico na faixa de 50 Hz. O comportamento esperado para a curva da densidade modal é uma curva crescente de forma monotônica (VALLE, 2007), de forma que este pico sugere a existência de uma região problemática. Este fato, além de corresponder à percepção audível da propagação sonora da sala, é confirmado também pela medição do decaimento acústico por faixa de frequência (Figura 2b), onde constata-se que as frequências da faixa entre 80 Hz e pouco mais de 100 Hz decaem de nível de forma mais lenta do que as demais faixas. É possível que a diferença entre o resultado teórico e a medição se deva à influência de vibração da parede de divisória da sala.

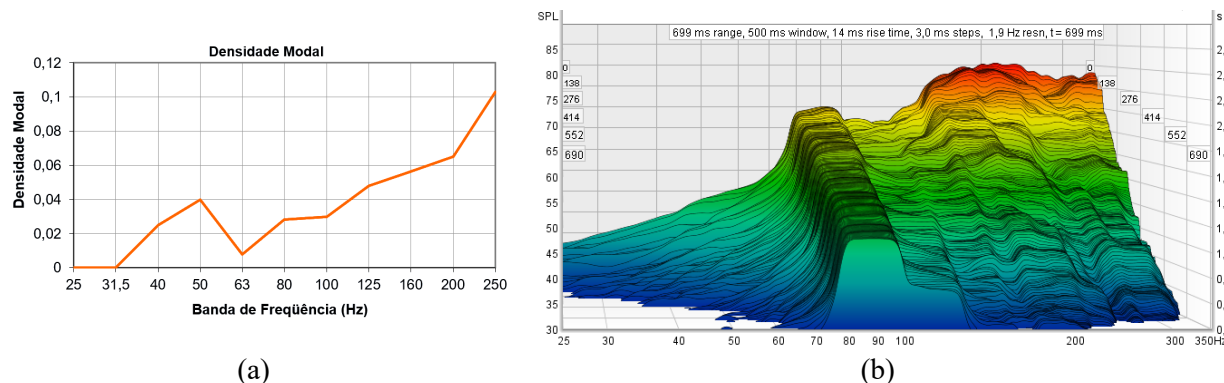


Figura 2: (a) densidade modal calculada; (b) padrão de decaimento por faixa de frequência com base nas medições acústicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho determinou as propriedades acústicas do estúdio de gravação de vídeo da FAACZ. O tempo de reverberação medido foi superior ao valor calculado com base na equação de Sabine, porém dentro dos valores aceitáveis para frequências superiores a cerca de 500 Hz. Entretanto, frequências mais graves apresentaram um tempo de decaimento maior. Esse resultado foi confirmado pelas estimativas da densidade modal. Os parâmetros de clareza e definição forma adequados para o uso do estúdio, especialmente nas frequências médias e agudas. Os resultados mostraram a necessidade de realização de tratamento acústico suplementar para o ambiente estudado. Recomenda-se que sejam realizados estudos a fim de determinar as alternativas de tratamento possíveis de serem empregadas.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Acústica - Medição de parâmetros de acústica de salas Parte 1: Salas de espetáculos**. [S. l.: s. n.], 2017.

BALLOU, Glen. **Handbook for Sound Engineers**. [S. l.]: Focal Press, 2013. *E-book*.

BORGES, Ludmila Rosalem; *et al.* Uso de Multimídia e Tecnologias de Informação e Comunicação em Disciplinas Ofertadas na Modalidade a Distância em Cursos de Engenharia. *In:* , 2020. (Marilena Rosalen et al., Org.) **Caderno de resumos do I Encontro Nacional Movimentos Docentes**. [S. l.]: V&V Editora, 2020. p. 75. Disponível em: <https://doi.org/10.47247/VV/ENMD/88471.05.0>

BRANDÃO, E. **Acústica de salas: Projeto e modelagem**. São Paulo: Blucher, 2018. *E-book*.

EVEREST, F Alton; POHLMANN, Ken. **Master Handbook of Acoustics, Sixth Edition**. [S. l.]: McGraw-Hill Education TAB, 2014. *E-book*.

FARINA, Angelo. Simultaneous measurement of impulse response and distortion with a swept-sine technique. *In:* , 2000. **Audio Engineering Society Convention 108**. [S. l.: s. n.], 2000.

FIGUEIREDO, Fabio Leao. **Parâmetros acústicos subjetivos: Critérios para avaliação da qualidade acústica de salas de música**. 2005. - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27140/tde-16102006-105834/en.php>

MULCAHY, John. **Room EQ Wizard**. Versão 5.20.13. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <http://www.roomeqwizard.com/>

MÜLLER, Swen; MASSARANI, Paulo. Transfer-Function Measurement with Sweeps. **J. Audio Eng. Soc**, [s. l.], v. 49, n. 6, p. 443–471, 2001. Disponível em: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=10189>

VALLE, Sólton do. **Manual Prático de Acústica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Música & Tecnologia, 2007.