XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Qualidade Acústica de Palcos para Músicos: Estudo em um Auditório Universitário

Calidad Acústica de Escenarios para Músicos: Estudio em um Auditorio Universitario

Acoustic Quality of Stages for Musicians: A Study in a University Auditorium

Acústica arquitetônica e urbana / Acústica urbana y arquitectónica */ Architectural and urban acoustics*

Oliveira, Maria Fernanda
Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, Brasil, mariafo@unicamp.br

Iwamoto, Mireley Júnia de Lima
Mestranda do PPG ATC da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, Brasil, m165333@dac.unicamp.br

Resumo

A qualidade acústica do palco é essencial para a performance musical, impactando a percepção sonora, a comunicação entre os músicos e a experiência do público. Este trabalho apresenta um estudo realizado em um auditório universitário voltado para a prática musical. As medições seguiram os procedimentos da NBR ISO 3382-1 (ABNT, 2017) na área da plateia e do palco do auditório. O T_{30} medido por bandas de oitava foi menor que 1,6 s e os valores médios nas bandas de 250 a 2.000 Hz de *ST* foram de -2,85 dB para o ST_{Inicial} e de -7,06 dB para o ST_{Tardio}. Estes resultados indicam uma diferença significativa da acústica da plateia e do palco, sendo a reverberação percebida como muito baixa na plateia e excessiva para os músicos no palco.

Palavras-chave: Acústica de salas. Acústica arquitetônica. Tempo de reverberação. Área do palco.

Resumen

La calidad acústica del escenario es fundamental para la interpretación musical, ya que influye en la percepción sonora, la comunicación entre los músicos y la experiencia del público. Este estudio analiza las condiciones acústicas de un auditorio universitario destinado a la práctica musical. Las mediciones se llevaron a cabo siguiendo los procedimientos establecidos en la norma NBR ISO 3382-1 (ABNT, 2017) en las áreas de audiencia y escenario. El T30 medido en bandas de octava fue inferior a 1,6 s, y los valores promedio en las bandas de 250 a 2.000 Hz de ST fueron de -2,85 dB para el $ST_{Inicial}$ y de -7,06 dB para el $ST_{Tardío}$. Los resultados evidencian una diferencia significativa entre la acústica de la audiencia y la del escenario, percibiéndose una reverberación muy reducida en la audiencia y excesiva para los músicos en el escenario.

Palabras clave: Acústica de recintos. Acústica arquitectónica. Tiempo de reverberación. Área del escenario.

Abstract

The acoustic quality of the stage is fundamental to musical performance, as it influences sound perception, communication among musicians, and audience experience. This study examines the acoustic conditions of a university auditorium dedicated to musical practice. Measurements were conducted following the procedures outlined in standard NBR ISO 3382-1 (ABNT, 2017) in the audience and stage areas. The T30 measured in octave bands was lower than 1.6 s, and the average values in the 250 to 2,000 Hz bands of ST were -2.85 dB for ST_{Early} and -7.06 dB for ST_{Late}. The results reveal a significant difference between the acoustics of the audience and the stage, with the reverberation perceived as significantly reduced in the audience area and excessive for musicians on stage.

Keywords: Room acoustics. Architectural acoustics. Reverberation time. Stage area.

Introdução

A comunicação pode ocorrer em ambientes abertos ou fechados, sendo sua eficácia influenciada pelas condições da fonte sonora, do receptor e do trajeto percorrido pela onda sonora. Em espaços fechados, destacam-se os auditórios, projetados para a comunicação falada, cantada ou musical, variando desde pequenas salas até grandes salas de concerto. Para garantir condições acústicas adequadas, diversos fatores técnicos devem ser considerados, como as características construtivas do auditório: tamanho e formato, materiais utilizados na construção e no revestimento de paredes e teto, disposição dos assentos e presença de elementos adicionais, como mesas, cadeiras, cortinas e a própria ocupação humana (Bistafa, 2018).

No caso das salas de concerto, presume-se convencionalmente que a execução musical dos artistas permanece constante, independentemente da acústica do ambiente. Contudo, as salas utilizadas para as práticas instrumentais e as apresentações nem sempre configuram a transmissão das informações com clareza e definição, podendo resultar em dificuldade de compreensão, desequilíbrio sonoro e cansaço auditivo.

Portanto, é comum o ajuste (consciente ou inconsciente) entre músicos profissionais (tanto instrumentistas quanto cantores) de sua performance para se adequar às características acústicas do espaço e garantir uma melhor experiência tanto para os músicos quanto para o público. Esses pequenos ajustes são efetuados tanto de maneira automática quanto através de técnicas desenvolvidas pelo tempo de prática e pelas habilidades profissionais de cada músico. Ademais, eles variam conforme o naipe instrumental e o modo que cada músico concebe que a peça esteja sendo ouvida pelo público, dependendo das diversas condições acústicas do recinto (Ueno, 2010; Silingardi 2013).

Nesse sentido, percebe-se como a qualidade acústica do palco para os músicos é essencial para uma performance eficaz e confortável. Ela influencia diretamente a percepção sonora, a comunicação entre os músicos e a capacidade de execução deles. Um ambiente bem planejado e estruturado auxilia os ajustes realizados pelos músicos para adequar seu desempenho de execução da música, gerando um maior conforto e controle sonoro durante o espetáculo.

Contexto histórico

Em ambientes destinados à prática musical, a qualidade acústica é um dos aspectos mais relevantes a serem considerados, ainda nas etapas iniciais de concepção do projeto de arquitetura. No entanto, os estudos que avaliam a acústica desses locais focam, prioritariamente, em análises que consideram somente a área destinada ao público, os ouvintes acomodados na plateia.

A primeira relação quantificável para análises de acústica de salas foi formulada por Wallace Clement Sabine, no início do século XX. No entanto, algumas das salas de concerto consideradas como acusticamente excelentes foram construídas antes do trabalho de Sabine, como a Wiener Musikvereinssaal, de 1870, e o Amsterdam Concertgebouw, de 1888 (Postma *et al*., 2021). São dois exemplos de projetos pré-Sabine que ainda são referências para projetos contemporâneos de salas de concertos (Beranek, 2012).

Dentre os estudos anteriores à Sabine, ainda são referenciados aqueles da Grécia Antiga, sendo indicados por Vitrúvius os principais comportamentos sonoros relacionados à reflexão. Deve-se ressaltar que pesquisas desenvolvidas na década de 2010 refutam algumas dessas aplicações que entendem os teatros gregos e romanos antigos como acusticamente perfeitos (Rindel; Lisa, 2006; Van Loenen *et al*., 2016). Além disso, pesquisas recentes indicam que o formato concêntrico da plateia, típico dos teatros gregos e romanos antigos, pode causar distorções para os músicos por causa do efeito focal da reflexão do som (Hoekstra *et al*., 2016).

No início do século XX, Sabine iniciou a relação entre absorção sonora e tempo de reverberação, desenvolvendo o conceito ao examinar tempos de reverberação em salas de concerto, reconhecidas por sua performance acústica, com o objetivo de definir tempos de reverberação ideais para projetos de acondicionamento acústico (Barron, 2010; Kuttruff, 2017). Sabine realizou um trabalho pioneiro sobre problemas acústicos em auditórios para comunicação oral e aplicou com sucesso o conceito de tempo de reverberação ao projeto do Boston Symphony Hall (Shtrepi *et al*., 2024).

Entretanto, a aplicação desses princípios em outras situações demandou um maior conhecimento da acústica de salas. Segundo Weinzierl, Lepa e Ackermann (2018), a ampliação dos critérios para avaliação da acústica de salas levou a pesquisas sobre a percepção das salas de concerto.

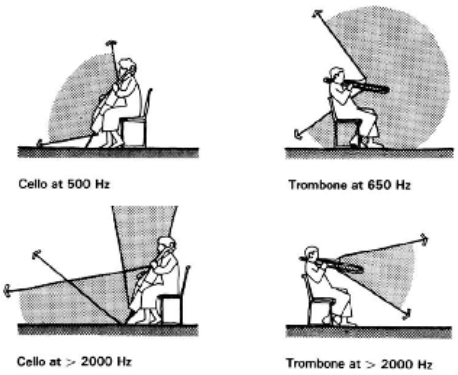
Assim, as investigações para definir os parâmetros para a avaliação de campos sonoros em palcos têm sido conduzidas com experimentos acústicos desde o final da década de 1970, por meio de pesquisas com foco em estabelecer relações entre características físicas dos espaços e avaliações qualitativas (Jeon *et al.*, 2015).

Influência da direcionalidade da fonte sonora

O arranjo da orquestra influencia a direcionalidade do som produzido durante um concerto de diversas maneiras. De acordo com Egan (2007) a maioria dos instrumentos musicais não irradia o som em todas as direções com o mesmo nível sonoro. As caraterísticas direcionais de um de trombone (instrumento de sopro) e de um violoncelo (instrumento de cordas) são mostradas

na Figura 1. Pode-se perceber o som de um trombone é direcionado para a frente em frequências altas, acima de 2.000 Hz, e para o teto em frequências baixas, abaixo de 650 Hz.

Figura 1: Padrões de direcionalidade do violoncelo e do trombone.



Fonte: Egan (2007).

Todos os elementos presentes durante uma performance, incluindo os músicos, seus instrumentos, estantes de partitura e cadeiras, afetam significativamente o campo sonoro no palco, pois constituem uma barreira que atenua as reflexões iniciais das superfícies próximas (Panton *et al.*, 2019). A própria presença dos músicos pode bloquear o som direto e as reflexões iniciais, criando zonas de sombra e alterando a distribuição da energia sonora (Sanz Soriano *et al.*, 2021). O corpo do músico tem um impacto significativo no campo sonoro emitido, alterando a direcionalidade em comparação com o uso de dispositivos artificiais (Ackermann; Brinkmann; Weinzierl, 2024).

Um estudo com uma orquestra de câmara revelou que a presença da orquestra no palco atenua as reflexões de primeira ordem em 2-5 dB na banda de 1.000 Hz (Panton; Holloway; Cabrera, 2017; Redman *et al.*, 2023a). Essa atenuação e dispersão impactam na forma como os músicos se ouvem e, consequentemente, como o som se propaga para a plateia (Wenmaekers; Hak; Hornikx, 2016; Bottalico *et al.*, 2022; Redman *et al.*, 2023a). Apesar do efeito no som direto e nas reflexões de primeira ordem do palco, as reflexões do teto não são significativamente atenuadas pelo conjunto de músicos (Panton; Holloway; Cabrera, 2017).

Além disso, o tempo de reverberação diminui à medida que a porcentagem da área do palco ocupada pela orquestra aumenta, mas o coeficiente de absorção sonora da orquestra é afetado principalmente pela área ocupada pela orquestra, e não pelo espaçamento entre os músicos (Jeon; Jang; Jo, 2018).

Em relação à direcionalidade do som, o projeto do palco tem um papel fundamental. Por exemplo, a incorporação de superfícies laterais e superiores aumenta as reflexões iniciais no

palco, melhorando o suporte e a audibilidade para os músicos (Sanz Soriano *et al*., 2021), e o uso de plataformas elevadas, também denominadas de praticados, melhora a conexão visual entre os músicos e a projeção do som para o público (Sanz Soriano *et al.*, 2021).

O equilíbrio entre intensidade sonora e tempo de reverberação é discutido por Rindel (2014), que indica também os níveis de potência sonora dos instrumentos que compõem uma orquestra, com destaque para os elevados níveis de trompetes e trombones. Além da elevada potência sonora, o trompete tem uma direcionalidade extrema, comparado aos demais instrumentos musicais, sendo esperada maior influência desse instrumento nos parâmetros acústicos do palco (Gari; Kob; Lokki, 2019), como o nível de pressão sonora e a capacidade dos músicos se ouvirem durante a performance musical.

Complementarmente, outros estudos indicam especificidades necessárias para a resposta acústica de salas para o canto (Sinal; Yilmazer, 2018; Luizard; Henrich Bernardoni, 2020; Redman *et al*., 2023b), trompete (Gari; Kob; Lokki, 2019), clarinete (Kato *et al*., 2010), percussão (Ondrejka *et al.*, 2020) e para solistas isoladamente (Schärer Kalkandjiev; Weinzierl, 2015).

Parâmetros acústicos para salas de espetáculos

Parâmetros de qualidade acústica - plateia

Os principais parâmetros utilizados em avaliações de acústica de salas são:

Tempo de decaimento inicial (*EDT*): é a percepção subjetiva da reverberação (qualidade acústica) e apresenta maior relação com o decaimento inicial do que com o restante do campo reverberante. Está relacionado à percepção subjetiva de como o sinal transmitido parece ser transformado pela reverberação do ambiente e é medido em segundos (s). Valores de *EDT* estão relacionados diretamente ao Tempo de reverberação (*T*) e seus valores são considerados ótimos se forem 0,5 s maiores que *T*.

Tempos de reverberação (T_{20} e T_{30}): é o tempo necessário para que o som deixe de ser audível, após o cessamento da fonte sonora, sendo expresso em segundos (s). De acordo com Brandão (2018), o T_{20} e T_{30} representam o tempo necessário para que o nível de pressão sonora dentro da sala decaia 60 dB, medido nas faixas dinâmicas de -5 dB a -25 dB e de -5 dB a -35 dB, respectivamente.

Clareza (C_{80}): é uma relação entre a clareza percebida do som e a reverberação do ambiente e se refere ao grau em que os detalhes de uma performance são percebidos em relação ao mascaramento desses detalhes pela reverberação (Brandão, 2018). Este parâmetro é especialmente indicado para análises de ambientes destinados à audição de música. É medido

até as reflexões úteis atingirem 80 ms, e a norma NBR ISO 3382-1 (ABNT, 2017) recomenda valores para a Clareza entre -5 dB e 5 dB. É medido em decibéis (dB).

Definição (D_{50}): é um parâmetro baseado na característica da audição para as reflexões que atinjam o receptor até 50 ms, depois da incidência do som direto. Essas reflexões são consideradas positivas e interpretadas como um suporte ao som direto. Esse parâmetro está diretamente correlacionado com a inteligibilidade da fala. A norma NBR ISO 3382-1 (ABNT, 2017) indica que valores próximos a 1 são os mais adequados, adotando o mínimo aceitável para a fala de 65%. É expresso em porcentagem (%).

Parâmetros de qualidade acústica para o palco

Segundo Wenmaekers (2017), os parâmetros acústicos objetivos de palco mais reconhecidos são o apoio inicial (ST_{Inicial}) e o apoio tardio (ST_{Tardio}), medidos durante um certo intervalo de tempo. Para ele, o ST_{Inicial} é calculado principalmente utilizando as reflexões iniciais (20 a 100 ms) e descreve as condições do conjunto, ou seja, a facilidade de ouvir os outros membros de uma orquestra. Já o ST_{Tardio} é calculado principalmente com base nas reflexões tardias (100 a 1.000 ms) e descreve a impressão dos músicos sobre a reverberação.

Wenmaekers (2017) esclarece que estes parâmetros não possuem um intervalo de tempo específico concordado na literatura, e por isso há um interesse crescente em determiná-los para diversas fontes e receptores usando os limites de intervalo de tempo mais adequados.

Gade (1988, *apud* Wenmaekers, 2017) propôs, através de experimentos e laboratórios de campo, valores de referência aproximados em -12 dB para os dois parâmetros, no caso de orquestras. Desse modo, caso os valores se apresentem muito alto, o palco pode estar com um tempo de reverberação elevado, o que prejudica a articulação do som. Caso contrário, se os valores forem baixos, o som pode parecer fraco e sem incorporação suficiente.

Os limites aceitáveis do ST_{Inicial} e do ST_{Tardio} apresentam algumas variações. Gade (1988, *apud* Wenmaekers, 2017) estabeleceu uma faixa desses parâmetros para vários tipos de salas. No caso de salas de concerto, para o ST_{Inicial} o intervalo seria de -17 dB a -12 dB, enquanto o ST_{Tardio}, de -16 dB a -12 dB. Já a ABNT NBR ISO 3382-1 (2017) indica os limites de -24 e -8 dB para as avaliações do ST_{Inicial} e de -24 e -10 dB para o ST_{Tardio}, considerando o número único médio entre 250 Hz e 2 kHz.

Objetivo

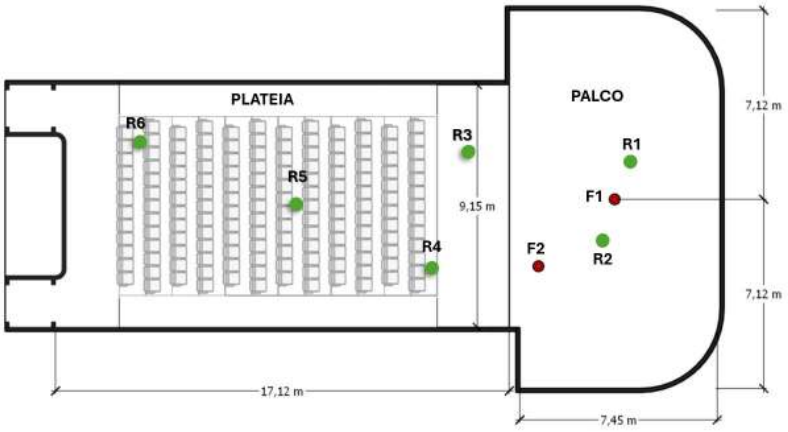
Considerando a importância da acústica do palco em salas de espetáculos, este artigo pretende caracterizar a qualidade acústica da plateia e do palco de um auditório.

Método

As medições acústicas foram realizadas no auditório do Instituto Artes (IA) da Unicamp, com capacidade para 150 lugares, área de plateia de aproximadamente 242m² e área do palco de, aproximadamente, 165 m².

As medições foram conduzidas em bandas de oitava, conforme indicações da NBR ISO 3382-1 (ABNT, 2017). O posicionamento dos equipamentos está registrado na Figura 2, sendo consideradas para a plateia 2 posições de fonte (F1 e F2) e 4 posições de microfone (R3, R4, R5 e R6) e, para o palco 1 posição de fonte (F1) e 2 posições de microfone (R1 e R2).

Figura 2: Posições dos equipamentos no Auditório do IA.



Fonte: Autoras (2025).

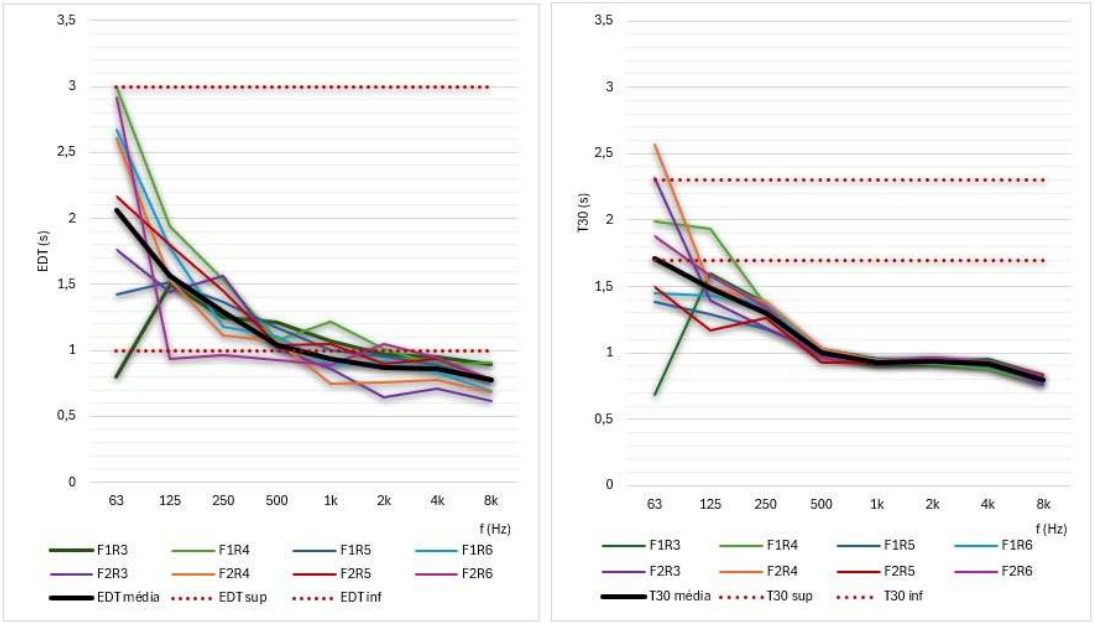
Resultados

Medições na plateia

Os resultados obtidos nas medições indicam um excesso de absorção sonora na área da plateia, com baixos valores de T_{30} (Figura 3), o que representa que a resposta acústica da sala não contribui na distribuição do som. Essa situação pode dificultar a percepção mais detalhada da mensagem musical com prejuízo à experiência auditiva.

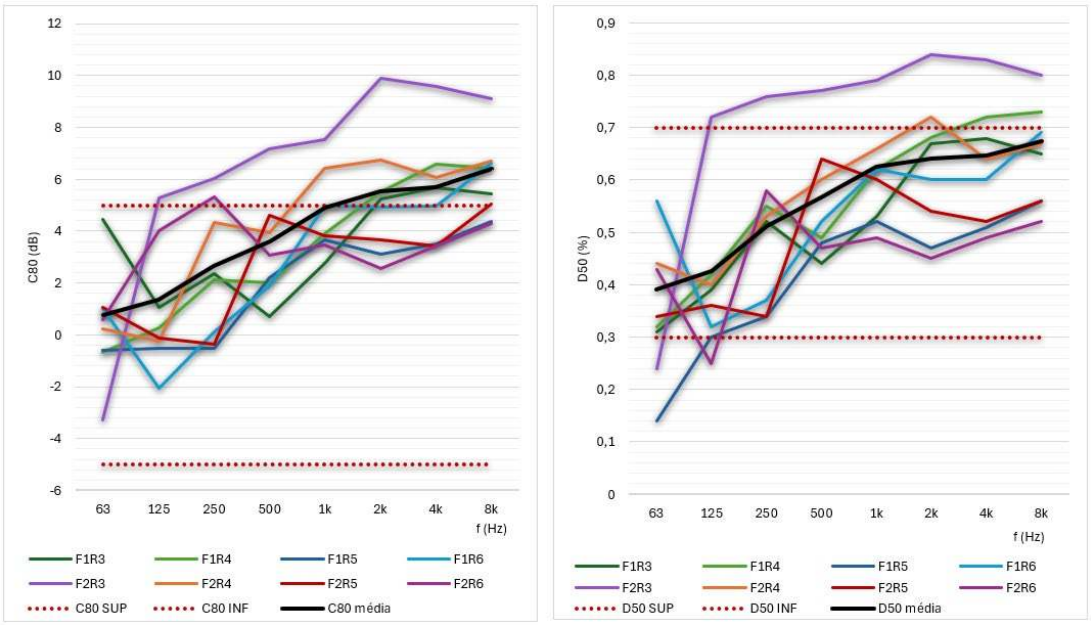
Os valores de C_{80} são uma consequência da carência de reverberação e indicam que pode haver dificuldade de se perceber frases musicais mais específicas. As Figuras 3 e 4 representam, respectivamente, os resultados de T_{30} e *EDT*, e de C_{80} e D_{50} da plateia do Auditório do IA.

Figura 3: Resultados de T_{30} e EDT da plateia do Auditório do IA, respectivamente.



Fonte: Autoras (2025).

Figura 4: Resultados de C_{80} e D_{50} da plateia do Auditório do IA, respectivamente.



Fonte: Autoras (2025).

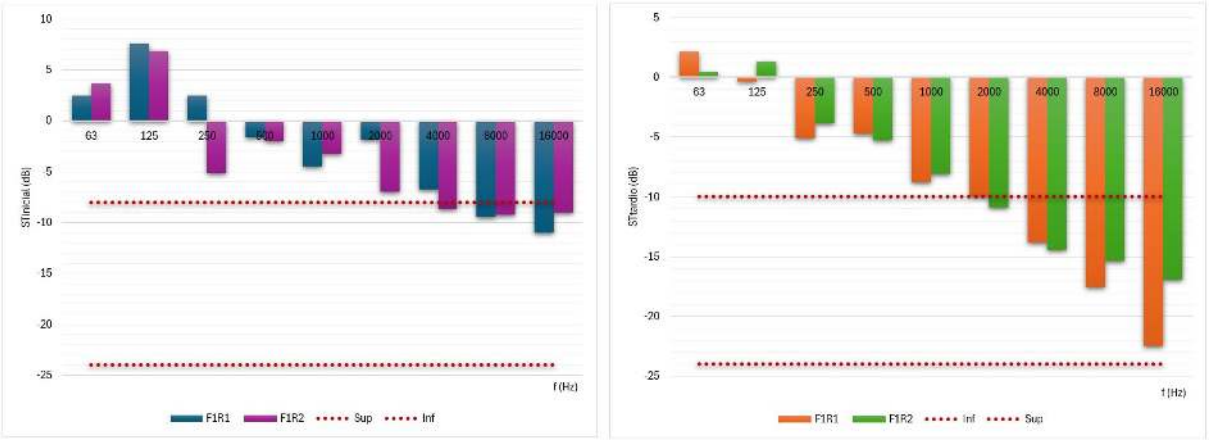
Medições no palco

Os valores médios nas bandas de 250 a 2.000 Hz foram de -2,85 dB para o $ST_{Inicial}$ e de -7,06 dB para o ST_{Tardio}. Assim, pode-se afirmar que os músicos têm dificuldade em ouvir os outros membros da orquestra e que a reverberação é percebida como muito elevada.

O apoio $ST_{Inicial}$ é calculado, principalmente, utilizando as reflexões iniciais e descreve as condições do conjunto, ou seja, a facilidade de ouvir os outros membros de uma orquestra.

Os resultados por bandas de oitava (Figura 5) do $ST_{Inicial}$ indicam que somente nas bandas de frequências mais altas de 8 kHz e 16 kHZ, emitidas por instrumentos muito agudos, o som pode ser percebido plenamente pelo grupo de músicos no palco. De acordo com Wenmaekers (2017) o $ST_{Inicial}$ acima do recomendado pode indicar reflexões iniciais muito intensas, sensação de excesso de retorno sonoro ao músico e dificuldade de percepção equilibrada entre o próprio som e o som dos músicos entre si.

Figura 5: Resultados de $ST_{Inicial}$ e ST_{Tardio} do palco do Auditório do IA, respectivamente.



Fonte: Autoras (2025).

O ST_{Tardio} medido no palco do Auditório do IA, que expressa a impressão que os músicos podem ter sobre a reverberação, indica diferentes condições para graves e agudos. De acordo com os resultados da Figura 5, o ST_{Tardio} está acima do ideal nas bandas até 2 kHz. Isso indica que o palco pode estar muito reverberante para os músicos. Sendo assim, de acordo com Wenmaekers (2017), há um aumento da percepção da reverberação, o que pode mascarar informações durante a performance musical e atrapalhar a articulação e a clareza do som entre os músicos. Por outro lado, o ST_{Tardio} nas bandas de 4 a 8 kHz ficou abaixo do recomendado, sendo uma indicação de pouca reverberação tardia. Esse desequilíbrio entre sons graves e agudos compromete a percepção do timbre dos diferentes instrumentos musicais.

Conclusões

A qualidade acústica do palco é essencial para a performance musical, pois influencia diretamente tanto a percepção sonora quanto a interação entre os músicos. As medições realizadas no auditório do Instituto de Artes da Unicamp evidenciam que as análises que consideram somente as condições acústicas da plateia não são suficientes para se avaliar salas de concerto e demais ambientes destinados à prática musical.

No caso analisado neste trabalho, foi constatada uma diferença significativa entre a percepção do som na plateia e no palco. Sendo a percepção na plateia de pouca reverberação e no palco, a percepção de reverberação excessiva.

No caso em questão, o ST_{Inicial} acima do limite da ABNT NBR 3328-1 contribuí para uma sensação sonora mais seca, com pouca reverberação, o que reduz a percepção de profundidade espacial do som na sala. Esse fator dificulta a compreensão dos sons mais graves. Em contrapartida, para as altas frequências, esses mesmos valores favoreceram a percepção sonora no palco, proporcionando um retorno mais claro e próximo para os músicos, o que resulta em maior nitidez e sensação de proximidade sonora.

Os elevados valores do ST_{Tardio} indicam uma melhoria na sustentação do som, o que favorece a distinção de instrumentos tradicionalmente mais difíceis de serem ouvidos, como cordas e voz. Isso contribuiu para um ambiente mais imersivo e envolvente para os músicos.

Referências

ACKERMANN, David; BRINKMANN, Fabian; WEINZIERL, Stefan. Musical instruments as dynamic sound sources. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 155, n. 4, p. 2302–2313, 1 abr. 2024. DOI 10.1121/10.0025463.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 3382-1**. Medição de parâmetros de acústica de salas - Parte 1 – salas de espetáculos. Rio de Janeiro, Brasil: ABNT, 2017.

BARRON, Michael. **Auditorium acoustics and architectural design**. New York: Spon Press, 2010.

BERANEK, L. **Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics and Architecture**. 2. ed. New York: Springer Science, 2012.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 3 Ed. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2018.

BOTTALICO, Pasquale; ŁASTOWIECKA, Natalia; GLASNER, Joshua D.; REDMAN, Yvonne Gonzales. Singing in different performance spaces: The effect of room acoustics on vibrato and pitch inaccuracy. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 151, n. 6, p. 4131–4139, 1 jun. 2022. DOI 10.1121/10.0011675.

BRANDÃO, Eric. Parâmetros objetivos. In: BRANDÃO, Eric. **Acústica de salas**: projeto e modelagem. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2018. p. 484-547.

EGAN, D. **Architectural Acoustics**. New York: McGraw-Hill, 2007. ISBN 9781932159783.

GARI, Sebastià V Amengual; KOB, Malte; LOKKI, Tapio. Analysis of trumpet performance adjustments due to room acoustics. Em: ISRA 2019, Amsterdam. **Anais [...]** Amsterdam: 2019.

HOEKSTRA, N.; WENMAEKERS, R.; NICOLAI, B.; HAK, C. Project Ancient Acoustics part 4 of 4: Stage acoustics measured in the Odeon of Herodes Atticus and the theatre of Argos. Em: ICSV23, Atenas. **Anais [...]** Atenas: jul. 2016.

JEON, Jin Yong; JANG, Hyung Suk; JO, Hyun In. Acoustic evaluation of orchestra occupancies in concert halls: Effect of sound absorption by orchestra members on audience acoustics. **Building and Environment**, v. 143, p. 349–357, 1 out. 2018. DOI 10.1016/j.buildenv.2018.07.028.

JEON, Jin Yong; KIM, Young Sun; LIM, Hansol; CABRERA, Densil. Preferred positions for solo, duet, and quartet performers on stage in concert halls: In situ experiment with acoustic measurements. **Building and Environment**, v. 93, n. P2, p. 267–277, 1 nov. 2015. DOI 10.1016/j.buildenv.2015.07.010.

KATO, Kosuke; YAMANAKA, Toshio; SAKAKIBARA, Ken-Ichi; NAGAO, Tsubasa; KAWAI, Keiji. Study on effect of room acoustics on timbral brightness of clarinet tones. Part I: subjective evaluation through a listening experiment. Em: ICA 2010, 4, Sydney. **Anais [...]** Sydney: ago. 2010.

KUTTRUFF, H. **Room Acoustics**. Oxon: Spon Press, 2017.

LUIZARD, Paul; HENRICH BERNARDONI, Nathalie. Changes in the voice production of solo singers across concert halls. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 148, n. 1, p. EL33–EL39, 1 jul. 2020. DOI 10.1121/10.0001524.

SILINGARDI, Valentina; D'ORAZIO, Dario; CESARIS, Sinoa De; GARAI, Massino. Musicians' subjective perception and objective acoustic descriptors in the stages. **AIA-DAGA 2013 Merano**, p. 198–201, 2013.

ONDREJKA, Vojtěch *et al*. The impact of acoustics of selected spaces on percussion instruments. **Akustika**, v. 37, p. 73–86, 1 dez. 2020. DOI 10.36336/akustika20203772.

PANTON, Lilyan; HOLLOWAY, Damien; CABRERA, Densil. Effect of a chamber orchestra on direct sound and early reflections for performers on stage: A boundary element method study. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 141, n. 4, p. 2461–2472, 1 abr. 2017. DOI 10.1121/1.4979119.

PANTON, Lilyan; YADAV, Manuj; CABRERA, Densil; HOLLOWAY, Damien. Chamber musicians' acoustic impressions of auditorium stages: Relation to spatial distribution of early reflections and other parameters. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 145, n. 6, p. 3715–3726, 1 jun. 2019. DOI 10.1121/1.5111748.

POSTMA, B. N.J.; GREEN, E.; KAHLE, E.; KATZ, B. F.G. Pre-Sabine Room Acoustic Guidelines on Audience Rake, Stage Acoustics, and Dimension Ratios. **Acoustics**, v. 3, n. 2, p. 235–251, 1 jun. 2021. DOI 10.3390/acoustics3020017.

REDMAN, Yvonne Gonzales; GLASNER, Joshua D.; D'ORAZIO, Dario; BOTTALICO, Pasquale. Singing in different performance spaces: The effect of room acoustics on singers' perception. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 154, n. 4, p. 2256–2264, 1 out. 2023a. DOI 10.1121/10.0021331.

REDMAN, Yvonne Gonzales; GLASNER, Joshua D.; D'ORAZIO, Dario; BOTTALICO, Pasquale. Singing in different performance spaces: The effect of room acoustics on singers' perception. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 154, n. 4, p. 2256–2264, 1 out. 2023b. ISSN 0001-4966. DOI 10.1121/10.0021331.

RINDEL, J. H.; LISA, M. The ERATO Project and its contribution to our understanding of the acoustics of ancient Greek and Roman theatres. **Acta Acustica**, v. 1, n. 99, 2006. DOI 10.3813/AAA.918584.

RINDEL, Jens Holger. Rooms for music-Acoustical needs and requirements. Em: Baltic and Nordic Acoustic Meeting 2014, Tallin. **Anais [...]** Tallin: jun. 2014.

SANZ SORIANO, Javier; WRIGHT, Oliver; VAN DEN BRAAK, Elisabeth; DAY, Christopher. Stage acoustics and parametric design: The development of an integrated early design tool. **Building Acoustics**, v. 28, n. 3, p. 265–279, 1 set. 2021. DOI 10.1177/1351010X20971102.

SCHÄRER KALKANDJIEV, Zora; WEINZIERL, Stefan. The influence of room acoustics on solo music performance: An experimental study. **Psychomusicology: Music, Mind, and Brain**, v. 25, n. 3, p. 195–207, set. 2015. DOI 10.1037/pmu0000065.

SHTREPI, Louena *et al*. Ten questions concerning Architectural Acoustics. **Building and Environment**, v. 265, 1 nov. 2024. DOI 10.1016/j.buildenv.2024.112012.

SINAL, Özgün; YILMAZER, Semiha. Effects of perceived singing effort on classical singers' reverberation time preferences towards music practice rooms. **Applied Acoustics**, v. 136, p. 132–138, 1 jul. 2018. DOI 10.1016/j.apacoust.2018.02.013.

UENO, Kanako; KATO, Kosuke; KAWAI, Keiji. Effect of Room Acoustics on Musicians' Performance. Part I: Experimental Investigation with a Conceptual Model. **Acta Acustica United with Acustica**, v. 96, p. 505–515, 2010.

VAN LOENEN, C.; VAN DER WILT, M.; DIAKOUMIS, A.; WENMAEKERS, R.; HAK, C. Project Ancient Acoustics part 3 of 4: Influence of geometrical and material assumptions on ray-based acoustic simulations of two ancient theatres. Em: ICSV23, Atenas. **Anais [...]** Atenas: jul. 2016.

WEINZIERL, Stefan; LEPA, Steffen; ACKERMANN, David. A measuring instrument for the auditory perception of rooms: The Room Acoustical Quality Inventory (RAQI). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 144, n. 3, p. 1245–1257, 1 set. 2018. DOI 10.1121/1.5051453.

WENMAEKERS, R. H. C.; HAK, C. C. J. M.; HORNIKX, M. C. J. How orchestra members influence stage acoustic parameters on five different concert hall stages and orchestra pits. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 140, n. 6, p. 4437–4448, 1 dez. 2016. ISSN 0001-4966. DOI 10.1121/1.4971763.

WENMAEKERS, Remy Hendrikus Cornelis. **Stage acoustics and sound exposure in performance and rehearsal spaces for orchestras**: Methods for physical measurements. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2017.