



Diretrizes Acústicas para Salas de Ensino e Ensaio Musical: *revisão de literatura e contribuições da ISO 23591*

Alexandre Virginelli Maiorino — Escola de Música da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

E-mail: alexandre.maiorino@ufrn.br |  ORCID: 0000-0002-3770-0217 |  Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3832030276095075>

Resumo

Este artigo apresenta uma revisão de literatura sobre acústica de salas destinadas ao ensino e à prática musical, com ênfase em diretrizes de projeto aplicáveis a instituições de ensino. A análise dos estudos evidencia que esses ambientes apresentam demandas acústicas específicas, relacionadas principalmente ao isolamento entre salas, ao condicionamento interno e à exposição sonora de estudantes e professores. A literatura mostra que muitas instituições operam em espaços originalmente projetados para outras finalidades ou em edifícios compartilhados, o que resulta em conflitos acústicos e condições inadequadas para o desenvolvimento das atividades pedagógicas musicais. O tempo de reverberação permanece o indicador mais empregado para o condicionamento acústico de salas de prática musical. A norma ISO23591 representa um avanço importante ao estabelecer recomendações para o projeto de salas de prática musical. Também enfatiza a importância da potência sonora e da quantidade de músicos presentes no ambiente como fatores relevantes para o controle da exposição sonora e preservação da saúde auditiva de seus ocupantes. A revisão destaca lacunas importantes na literatura, incluindo a necessidade de pesquisas sobre preferências acústicas em contextos pedagógicos e a potência sonora de instrumentos musicais tipicamente brasileiros. Os resultados podem contribuir para o aprimoramento do projeto acústico de salas destinadas ao ensino musical e para a formulação de futuras pesquisas na área.

Palavras-chave: Acústica arquitetônica; Acústica de salas; Salas de prática musical; Salas de ensaio; Ensino musical.

Acoustic Guidelines for Music Teaching and Rehearsal Rooms: A Literature Review and Contributions of ISO 23591

Abstract:

This article presents a literature review on the acoustics of rooms intended for music teaching and practice, with emphasis on design guidelines applicable to educational institutions. The analysis of the reviewed studies shows that these environments present specific acoustic requirements, mainly related to sound insulation between rooms, internal acoustic conditioning, and the sound exposure of students and teachers. The literature indicates that many institutions operate in spaces originally designed for other purposes or in shared buildings, which often results in acoustic conflicts and inadequate conditions for musical pedagogical activities. Reverberation time remains the most widely used indicator for the acoustic conditioning of music practice rooms. The ISO 23591 standard represents an important advance by establishing recommendations for the design of music practice spaces. It also emphasizes the importance of instrument sound power and the number of musicians present in the room as relevant factors for controlling sound exposure and preserving the hearing health of occupants. The review highlights important gaps in the literature, including the need for further research on acoustic preferences in pedagogical contexts and on the sound power of musical instruments typical of Brazilian musical practices. The results may contribute to improving the acoustic design of rooms intended for music education and to guiding future research in this field.

Keywords: Architectural acoustics; Room acoustics; Music practice rooms; Rehearsal rooms; Music education.

1. Introdução

A qualidade acústica dos espaços destinados ao ensino e à prática musical, especialmente nas instituições de ensino superior, constitui um fator fundamental para o desenvolvimento artístico e pedagógico bem como para a saúde auditiva de discentes, docentes e profissionais da música. Esses ambientes apresentam demandas acústicas específicas, uma vez que combinam atividades simultâneas de estudo, níveis sonoros frequentemente elevados e objetivos pedagógicos distintos daqueles presentes em espaços de apresentação pública (Vergara; Marros; Paul, 2017). Vale ressaltar também que esses espaços necessitam de características arquitetônicas bastante diferentes de salas de aula destinadas apenas à fala (Aslan; Oktav; Metin, 2022). Além disso, as metodologias de ensino da música variam desde o ensino individual até o coletivo e muitas vezes, um mesmo espaço é ocupado por ensaios de grupos musicais das mais variadas formações.

No contexto brasileiro, esse cenário torna-se ainda mais complexo, pois muitas instituições de ensino superior que oferecem cursos de música operam em edifícios originalmente projetados para outras finalidades ou compartilham infraestrutura com diferentes cursos das artes, o que frequentemente resulta em condições acústicas inadequadas tanto do ponto de vista do isolamento sonoro quanto do condicionamento interno (Rocha; Maiorino; Rocha, 2025). Nesse contexto, torna-se necessário discutir criticamente os critérios acústicos adotados na literatura e nas normas técnicas para ambientes de prática musical, bem como suas implicações para o projeto e a adaptação de espaços destinados ao ensino de música (Mansur; Vergara, 2017).

Na literatura especializada, as discussões sobre a acústica de ambientes destinados ao ensino e à prática musical costumam concentrar-se em três aspectos principais: o isolamento sonoro entre salas, necessário para permitir a realização simultânea de atividades musicais (Fagerlande; Torres; Niemeyer, 2025; Klepper; Cavanaugh; Marshall, 1980; Koskinen; Toppila; Olkinuora, 2010; Lamberty, 1980; Rocha; Maiorino; Rocha, 2025); o condicionamento acústico interno, frequentemente descrito por meio de parâmetros como o tempo de reverberação e outros indicadores derivados de metodologias desenvolvidas para salas de concerto (Fürjes, 2023; Lima; Vergara, 2018; Mansur; Vergara, 2017; Şaher; Özgencil; Khoshkholghi, 2025; Sinal; Yilmazer, 2015, 2018; Vergara; Marros; Paul, 2017); e também as questões relacionadas à exposição sonora de docentes e discentes (Koskinen; Toppila; Olkinuora, 2010; Kozłowski; Młyński, 2014; Maiorino; Rocha, 2023; Rocha; Nascimento, 2020; Sinal; Yilmazer, 2018). Ainda sobre o condicionamento, algumas pesquisas buscam compreender a preferência dos músicos quanto aos valores de parâmetros como o tempo de reverberação ideal para seu

instrumento em salas de estudo e ensaio (Kelle; Yilmaz Demirkale, 2022; Lachmann *et al.*, 2019; Lamberty, 1980; Osman, 2010; Şaher; Özgencil; Khoshkholghi, 2025; Sinal; Yilmazer, 2015, 2018; Vergara; Marros; Paul, 2017). Entretanto, o número dessas pesquisas é pequeno e seus achados ainda apresentam pouca concordância. Uma hipótese a ser avaliada é a de que diferentes objetivos pedagógicos no ensino musical podem demandar diferentes condições acústicas, sugerindo que salas de prática musical deveriam incorporar algum grau de variabilidade acústica, fazendo com que o ambiente possa ser parcialmente ajustado de acordo com sua intenção de uso. Em salas de ensaio e ensino, o espaço deve apoiar a avaliação pedagógica, permitindo que músicos e estudantes percebam variações essenciais de entonação, articulação e timbre (Şaher; Özgencil; Khoshkholghi, 2025). Outro ponto importante a se observar, é que muitas dessas abordagens ainda se baseiam em critérios originalmente concebidos para espaços de grande porte destinados à performance musical, cuja aplicabilidade a salas de ensino e ensaio permanece objeto de debate, o que levanta a hipótese de que os requisitos acústicos de salas de ensino e ensaio musical diferem significativamente daqueles tradicionalmente aplicados a salas de concerto (Maiorino; Rocha, 2023; Osman, 2010).

Nesse contexto, a recente publicação da norma ISO 23591 (2021), dedicada especificamente a salas para prática musical, introduz uma abordagem distinta ao enfatizar aspectos como a volumetria dos ambientes, o controle do tempo de reverberação em função do volume da sala e a estimativa do Fator de Força do Som (G) como indicador do nível sonoro interno. Essa perspectiva sugere uma mudança de foco em relação às abordagens tradicionais, aproximando a discussão das preocupações com saúde ocupacional e condições adequadas de trabalho para músicos, professores e estudantes (Maiorino; Rocha, 2023).

Diante desse cenário, este artigo apresenta uma revisão crítica da literatura sobre a acústica de salas destinadas ao ensino e à prática musical, com o objetivo de discutir os principais critérios adotados para o projeto e a avaliação desses ambientes. A análise concentra-se em três eixos recorrentes na literatura: o isolamento sonoro entre salas, o condicionamento acústico interno e as implicações da exposição sonora para a saúde de músicos e estudantes. A partir dessa revisão, discute-se também a abordagem proposta pela norma ISO 23591 (2021) e suas possíveis contribuições para o projeto de ambientes de prática musical. Por fim, o artigo busca refletir sobre as implicações dessas discussões para o contexto brasileiro de ensino superior em música, caracterizado frequentemente por limitações arquitetônicas, compartilhamento de espaços com outras áreas das artes e restrições orçamentárias que dificultam a implementação de soluções acústicas ideais. Por isso, não se pode deixar de lado também a compreensão de que as

limitações construtivas e institucionais das universidades brasileiras exigem soluções acústicas muitas vezes simplificadas e de baixo custo para salas de ensino musical (Fagerlande; Torres; Niemeyer, 2025; Lima; Vergara, 2018).

Assim, o objetivo geral deste trabalho é o de analisar criticamente a literatura sobre acústica de salas de ensino e ensaio musical, discutindo suas implicações para o contexto de instituições brasileiras de ensino superior em música. Como objetivos específicos, este artigo se propõe a: (i) revisar criticamente a literatura sobre requisitos acústicos para salas de prática musical; (ii) discutir o papel do isolamento e condicionamento sonoro em ambientes educacionais de música; (iii) analisar as recomendações da ISO 23591 (2021) para salas de prática musical; (iv) discutir a relação entre condições acústicas e processos pedagógicos no ensino musical; (v) refletir sobre desafios e possibilidades para o contexto brasileiro dentro do escopo das universidades públicas que oferecem cursos de graduação e pós-graduação em música.

2. Ambientes para prática e ensino musical

Instituições de ensino musical requerem uma tipologia diferenciada de espaços que atendam desde o estudo individual até ensaios de grandes grupos (Rocha; Maiorino; Rocha, 2025; Şaher; Özgencil; Khoshkholghi, 2025). Cada uma dessas categorias apresenta exigências acústicas e arquitetônicas específicas. Diferentemente das salas de concerto, onde o foco principal é a audiência, nesses espaços o ambiente deve funcionar como suporte para um ambiente avaliativo, permitindo que o músico perceba detalhes de sua performance, como afinação, articulação e timbre (Şaher; Özgencil; Khoshkholghi, 2025).

Em diversas instituições, observa-se, de modo geral, a presença de três tipos de ambientes distintos: cabines individuais de estudo, salas destinadas ao ensino individual e coletivo (Vergara; Marros; Paul, 2017) e espaços voltados aos ensaios de grupos musicais (Fagerlande; Torres; Niemeyer, 2025; Lima; Vergara, 2018; Maiorino; Rocha, 2023; Patrick; Boner, 1967; Siebein, 2023). Neste último caso, a depender do tamanho do grupo, os ensaios podem ocorrer em auditórios ou salas de apresentação.

As salas de estudo individual, frequentemente concebidas como pequenas cabines, destinam-se à prática de um ou dois músicos. Vergara, Marros e Paul (2017) caracterizam as salas de estudos individuais em contextos universitários como espaços pequenos, com volumes entre 60 – 80 m³, dimensões que influenciam diretamente tanto o tempo de reverberação quanto os níveis sonoros produzidos pelos instrumentos. Tais salas são, de fato, necessárias, uma vez que muitos

alunos de cursos superiores em música acabam passando a maior parte do dia no campus. Isso ocorre, muitas vezes, por questões financeiras, como a possibilidade de aproveitar o baixo custo do restaurante universitário, e também para otimizar a logística de transporte e garantir a presença nas atividades acadêmicas. Dentro da realidade de boa parte dos estudantes, a universidade torna-se o único espaço onde é possível praticar o instrumento. Assim, na ausência de salas destinadas ao estudo, não é incomum observar alunos tocando em espaços de circulação da universidade ou em áreas comunitárias, como praças, áreas verdes e cantinas (D'Amore *et al.*, 2011).

Entretanto, essas salas representam um desafio importante de projeto. Instrumentos musicais podem produzir níveis elevados de pressão sonora, e o tamanho e a volumetria dessas cabines tornam-se fatores relevantes. Osman (2010) argumenta que a produção sonora de um instrumento em espaços reduzidos pode atingir níveis de intensidade comparáveis aos observados em grandes auditórios e que, sem tratamento adequado de absorção, pode gerar riscos imediatos à saúde auditiva dos músicos. Para gestores universitários, a disponibilidade de espaço e os custos de construção costumam ser prioridades, e decisões orientadas exclusivamente por esses fatores podem prejudicar, a longo prazo, tanto a saúde auditiva quanto o bem-estar dos alunos. Quando o volume da sala é insuficiente e não há absorção sonora adequada, os níveis sonoros internos podem tornar-se desconfortáveis e, ao longo do tempo, provocar danos auditivos.

As salas de aula de música, por sua vez, podem apresentar uma natureza híbrida. Elas podem abrigar tanto aulas individuais (professor e aluno) quanto aulas coletivas de instrumentos, nas quais pequenos grupos praticam simultaneamente sob orientação do professor. Além disso, também podem ser utilizadas para aulas teóricas, nas quais a prioridade acústica recai sobre a inteligibilidade da fala. Mansur e Vergara (2017) apontam que as condições acústicas ideais para a fala nem sempre são as mais adequadas para o ensino e a prática de instrumentos musicais.

Por fim, há a necessidade de salas específicas destinadas aos ensaios de grupos musicais, uma vez que instituições de ensino de música geralmente oferecem uma ampla gama de aulas de instrumentos e estimulam fortemente a prática de conjunto. Para essas atividades, duas situações distintas costumam ser necessárias: salas voltadas à prática de instrumentos acústicos e salas destinadas à prática de instrumentos que dependem de amplificação sonora (Katunský; Nemeč; Kamenský, 2016; Siebein, 2023). Em muitos casos, essas atividades acabam ocorrendo em auditórios ou pequenos teatros dentro do campus universitário. No entanto, não é incomum

que salas de aula originalmente projetadas para comportar quatro ou cinco alunos sejam ocupadas por grupos de dez ou doze músicos durante práticas de conjunto. Adams et al. (2019) apontam a necessidade de prever áreas adequadas para os músicos já na etapa de projeto. Nessas situações, o espaço frequentemente não possui área ou volume adequados para esse tipo de atividade, o que pode elevar significativamente os níveis sonoros internos, alcançando valores potencialmente prejudiciais à saúde auditiva. Maiorino e Rocha (2023) mostram que a subestimação do volume pode trazer níveis sonoros inadequados para determinadas práticas musicais. Olsen (2021) destaca que músicos precisam de espaço para evitar tocar muito próximos um dos outros ou de superfícies reflexivas, como paredes, para que a clareza da execução não seja prejudicada. Além disso, a escuta crítica passa a ser comprometida, pois o excesso de energia sonora no ambiente dificulta a percepção de erros ou problemas de execução (Cairolí, 2024; Kozłowski; Młyński, 2014; Osman, 2010; Vergara; Marros; Paul, 2017). Essas diferentes tipologias de espaços trazem desafios específicos tanto para o isolamento sonoro entre ambientes quanto para o condicionamento acústico interno, temas que serão discutidos nas seções seguintes.

3. Isolamento sonoro em ambientes de ensino musical

A literatura sobre isolamento sonoro é vasta e bem consolidada (Bistafa, 2011; Everest; Pohlmann, 2009; Vigran, 2008). O isolamento sonoro de um ambiente refere-se à capacidade dos sistemas construtivos de impedir que a maior parte da energia sonora gerada em seu interior se propague para fora dele. Segundo Bistafa (2011, p. 313), “a isolação sonora é utilizada para impedir que o ruído de um recinto se transmita para um recinto contíguo”. Da mesma forma, o isolamento sonoro também impede que sons externos penetrem no ambiente.

O isolamento sonoro está relacionado ao princípio conhecido como lei das massas, segundo o qual quanto maior a densidade superficial de um material, melhor será sua capacidade de isolamento. Assim, para obter bom isolamento acústico, é necessário empregar materiais com maior massa, ou seja, materiais mais espessos e de maior densidade. Everest (2009, p. 520) aponta que “quanto maior a massa da divisória, melhor será o isolamento sonoro; isso é particularmente verdadeiro nas baixas frequências”.

Uma estratégia bastante utilizada em projetos de isolamento é a construção de paredes duplas, preferencialmente utilizando materiais ou espessuras diferentes, de modo a minimizar os efeitos da frequência de coincidência dos materiais. Everest (2009, p. 533) afirma que “uma forma de melhorar o desempenho acústico de uma parede existente acusticamente fraca é construir outra

divisória em um de seus lados ou em ambos. O projeto e a construção dessa parede adicional determinarão se ela será eficaz como barreira sonora”. A frequência de coincidência corresponde à frequência na qual o material entra em ressonância e perde parte de sua capacidade de isolamento em uma faixa estreita de frequências, retomando posteriormente o comportamento previsto pela lei das massas (Vigran, 2008).

De modo geral, materiais apresentam bom desempenho de isolamento em médias e altas frequências, cujos comprimentos de onda são menores. Em contrapartida, quanto mais grave é o som, maior é seu comprimento de onda e, conseqüentemente, maior a dificuldade dos materiais construtivos em promover isolamento eficaz nessas frequências. É importante lembrar também que o som pode ser transmitido tanto por via aérea quanto por via estrutural. Dessa forma, as estratégias de isolamento precisam considerar ambos os mecanismos de transmissão. O isolamento estrutural é geralmente obtido por meio do desacoplamento mecânico de fontes sonoras ou superfícies construtivas, reduzindo ou eliminando a propagação de vibrações mecânicas (Bistafa, 2011).

O trabalho de Klepper, Cavanaugh e Marshall (1980) constitui um marco importante na literatura sobre acústica de salas destinadas à prática musical. Os autores demonstram que a construção de espaços dedicados ao ensino de música não pode ser tratada da mesma forma que edifícios destinados ao ensino de outras disciplinas. Entre suas contribuições, Klepper, Cavanaugh e Marshall (1980) propõem que o isolamento acústico de espaços para ensino de música deve ser pensado de forma integrada ao projeto arquitetônico e levando em consideração o que os autores denominam relação sinal-ruído. Quanto maior o silêncio dentro de uma sala e, portanto, quanto maior seu isolamento, mais perceptíveis se tornam pequenos ruídos provenientes do exterior.

Diante dessa situação, os autores propõem uma combinação entre isolamento acústico e a presença controlada de ruído residual, especialmente aquele proveniente de sistemas de climatização. Vale ressaltar que os autores recomendam o uso de sistemas centrais de ar-condicionado, cujo ruído residual pode ser controlado e, em média, situar-se entre 25 e 40 dB. No Brasil, a norma ABNT NBR 10152 (2017) recomenda que ambientes destinados ao ensino apresentem níveis de ruído residual de até 35 dB(A). No entanto, é importante observar que poucas universidades brasileiras foram projetadas considerando o uso de sistemas centrais de ar-condicionado. O mais comum é a utilização de equipamentos do tipo piso-teto ou split. Equipamentos do tipo piso-teto podem atingir níveis de ruído superiores a 60 dB(A), enquanto

muitas máquinas modernas desse tipo operam entre 50 e 55 dB(A), valores consideravelmente superiores aos recomendados por Klepper, Cavanaugh e Marshall (1980).

Outra contribuição relevante desses autores, que pode ser aplicada como estratégia em universidades brasileiras, é o planejamento e zoneamento acústico dos espaços. A partir de decisões tomadas ainda na fase de projeto arquitetônico, diversas medidas podem ser adotadas. Entre elas estão: (i) o uso de corredores e salas de armazenamento como zonas de transição entre ambientes de alto nível sonoro, funcionando como uma espécie de antecâmara acústica; (ii) o agrupamento de salas destinadas a instrumentos com maior nível sonoro, como percussão e metais, reduzindo o impacto sobre salas destinadas a instrumentos de menor intensidade sonora, como cordas friccionadas; (iii) a alocação de salas destinadas a grupos com altos níveis sonoros em pavimentos térreos, evitando que o som seja transmitido para ambientes adjacentes por meio do piso ou do teto, que frequentemente apresentam menor desempenho de isolamento; e (iv) o desacoplamento mecânico do contrapiso das salas, especialmente em pavimentos superiores.

Embora o desacoplamento do piso represente um aumento de custo na construção, a adoção de pisos flutuantes no Brasil tem crescido nos últimos anos, em parte impulsionada pelas exigências da norma NBR 15575 (2013). Atualmente existe uma boa oferta de empresas e profissionais especializados nesse tipo de solução. O piso flutuante permite desacoplar mecanicamente o contrapiso da sala, reduzindo tanto a transmissão de ruídos de impacto quanto a propagação estrutural de vibrações produzidas por instrumentos que se encontram em contato direto com o piso.

Outro aspecto importante é destacado por Fagerlande, Torres e Niemeyer (2025), que observam que alguns departamentos de música universitários estão instalados em edifícios alugados ou em prédios históricos. Embora esses edifícios frequentemente possuam paredes espessas, característica que pode favorecer o isolamento sonoro, portas e janelas costumam apresentar desempenho acústico insuficiente. Isso pode ocorrer tanto pelo tipo de material utilizado quanto pelo envelhecimento das construções, que favorece o surgimento de frestas e falhas de vedação, reduzindo a estanqueidade e facilitando a transmissão sonora.

Rocha, Maiorino e Rocha (2025) discutem ainda os conflitos decorrentes do uso compartilhado de edifícios universitários. Quando atividades musicais ocorrem em salas sem isolamento adequado, próximas a cursos como artes visuais ou teatro, a prática musical passa a ser percebida como ruído intrusivo, prejudicando outras atividades pedagógicas.

Instalações musicais projetadas especificamente para essa finalidade oferecem desempenho e qualidade acústica superiores, uma vez que seu projeto arquitetônico pode ser adaptado às exigências particulares dessa tipologia de edifício. Além disso, estruturas concebidas para esse propósito evitariam que o ensino de música gerasse ruído intrusivo capaz de perturbar outros cursos — um problema comum em edifícios de uso compartilhado (Rocha; Maiorino; Rocha, 2025, p. 2-3).

Koskinen, Toppila e Olkinuora (2010) apontam que instalações musicais se beneficiam de níveis de isolamento elevados, frequentemente superiores a 65 dB(A). Os autores alertam que, sem isolamento adequado, o uso simultâneo de salas torna-se inviável, como no caso de ensaios de uma banda interferindo em uma sala vizinha destinada a aulas teóricas. No contexto específico do ensino de música, esse problema pode se tornar particularmente crítico. Lamberty (1980) mostra que a maioria dos estudantes de música considera perturbador o ruído proveniente de salas adjacentes ocupadas por outros músicos, especialmente quando se trata do mesmo instrumento.

Por fim, diversos autores apontam que é significativamente mais eficiente, e, também, mais econômico, prever o isolamento acústico ainda na fase de projeto do edifício do que tentar implementá-lo posteriormente por meio de intervenções construtivas. Mansur e Vergara (2017) indicam que a implementação de um projeto acústico pode representar um acréscimo aproximado de 3% no custo total da obra, desde que considerado desde o início do projeto. Koskinen, Toppila e Olkinuora (2010) explicam que negligenciar salas pequenas durante o projeto frequentemente “sai pela culatra”, gerando a necessidade de reparos dispendiosos quando o isolamento se mostra insuficiente. Cairoli (2024) reforça que atingir altos padrões acústicos após a conclusão da construção é significativamente mais difícil. A introdução tardia de especificações acústicas torna o processo mais complexo do que se essas questões fossem consideradas desde as etapas iniciais do projeto. Aslan, Oktav e Metin (2022) destacam ainda que a simulação de intervenções em modelos computacionais antes da aplicação física pode ser uma estratégia eficaz para reduzir custos. Klepper, Cavanaugh e Marshall (1980) alertam que um orçamento inicial irrealista, que desconsidere premissas acústicas fundamentais, pode resultar em edifícios que se tornam uma “fonte de desgosto” ou até mesmo completamente inutilizáveis, comprometendo a eficiência do investimento realizado.

Além do isolamento entre ambientes, outro aspecto fundamental para a qualidade acústica de salas destinadas à prática musical diz respeito ao condicionamento acústico interno, especialmente ao controle do tempo de reverberação e da distribuição da energia sonora no ambiente.

4. Condicionamento acústico de salas de prática musical

Assim como ocorre com o isolamento sonoro, a literatura sobre condicionamento acústico de ambientes também é extensa. No campo da acústica arquitetônica, especialmente no que se refere a espaços performáticos como salas de concerto e teatros de ópera, há autores consagrados que discutem amplamente o tema (Barron, 2003; Beranek, 2003; Cavanaugh; Tocci; Wilkes, 2009; Egan, 2007; Long, 2006; Mehta; Johnson; Rocafort, 1998). Da mesma forma, o condicionamento acústico de salas de aula voltadas à fala também possui uma base consolidada de estudos. Entretanto, o condicionamento acústico específico para salas destinadas ao ensino e à prática musical ainda demanda maior aprofundamento científico. A publicação da norma ISO 23591 (2021), em 2021, representou um avanço importante nesse sentido, especialmente porque havia uma tendência, por parte de alguns consultores acústicos e pesquisadores, de adaptar esses espaços utilizando os mesmos parâmetros acústicos e recomendações tradicionalmente empregados em salas de concerto e teatros de ópera.

Alguns autores (Aslan; Oktav; Metin, 2022; Lima; Vergara, 2018; Mansur; Vergara, 2017; Vergara; Marros; Paul, 2017) utilizam parâmetros como EDT, C80 e D50¹ para avaliar espaços de aula e ensaio. Entretanto, a literatura ainda não apresenta recomendações consolidadas para esses parâmetros em ambientes de pequeno volume, quando comparados às salas de concerto. Embora tais parâmetros possam ser medidos e analisados nesses espaços, ainda há poucas pesquisas que investiguem sua real relevância ou estabeleçam correlações consistentes com avaliações subjetivas de preferência por parte dos músicos. Nesse contexto, o parâmetro que certamente precisa ser medido e avaliado é o Tempo de Reverberação (TR), uma vez que ele influencia diretamente diversos outros parâmetros acústicos.

O Tempo de Reverberação de uma sala corresponde ao tempo necessário para que o som se torne inaudível após a interrupção da fonte sonora. Tecnicamente, trata-se do intervalo necessário para que o nível de pressão sonora decaia 60 dB após o desligamento da fonte sonora (Mehta; Johnson; Rocafort, 1998). Esse parâmetro constitui um dos principais indicadores da qualidade acústica de ambientes internos, uma vez que influencia diretamente a clareza sonora, a inteligibilidade da fala e a percepção de detalhes musicais.

¹ Segundo a ABNT NBR ISO 3382-1 (2017), o EDT (*Early Decay Time*) corresponde ao tempo de decaimento inicial da curva de energia sonora, sendo estimado a partir do intervalo entre 0 e -10 dB do decaimento. O parâmetro C80 representa o índice de clareza musical e corresponde à razão entre a energia sonora inicial, compreendida entre 0 e 80 ms após o início do decaimento, e a energia tardia, referente ao intervalo a partir de 80 ms até o final da resposta impulsiva medida. O D50 é o índice de definição da fala e consiste na razão entre a energia sonora inicial, medida até 50 ms após o início do decaimento, e a energia total da resposta impulsiva.

De maneira sucinta, há três formas principais de controlar o Tempo de Reverberação em um ambiente:

(i) por meio de absorvedores resistivos, geralmente constituídos por materiais porosos e fibrosos, como lãs minerais, lã de PET, espumas acústicas e outros materiais de estrutura semelhante, cuja principal característica é a absorção de frequências médias e altas. Esses materiais dissipam a energia sonora por meio de perdas viscosas e térmicas decorrentes da movimentação do ar em seus poros. De modo geral, quanto maior a espessura desses materiais, maior tende a ser a largura de banda na qual a absorção sonora é eficaz. Embora seja possível promover absorção em baixas frequências utilizando materiais porosos e fibrosos, tal solução normalmente exige espessuras consideráveis, o que implica maior demanda de espaço físico no ambiente (Egan, 2007; Everest; Pohlmann, 2009; Mehta; Johnson; Rocafort, 1998);

(ii) por meio de absorvedores reativos, que não consistem propriamente em materiais isolados, mas sim em sistemas construtivos projetados para interagir dinamicamente com o campo sonoro. Esses sistemas podem ser executados com diferentes materiais e configurações construtivas, como painéis vibrantes, painéis perfurados e absorvedores de Helmholtz. Diferentemente dos absorvedores resistivos, esses dispositivos apresentam comportamento dependente de ressonância, podendo ter sua absorção sintonizada para faixas específicas de frequência, geralmente mais estreitas, sendo particularmente eficazes no controle de baixas frequências (Cox; D'Antonio, 2009; Everest; Pohlmann, 2009);

(iii) por meio de difusores acústicos, que, embora possam apresentar algum grau de absorção sonora, têm como função principal promover o espalhamento da energia sonora no ambiente. Esses dispositivos reduzem a ocorrência de reflexões especulares concentradas em determinadas direções, redistribuindo a energia incidente em múltiplas direções e contribuindo para uma maior uniformidade do campo sonoro. Em geral, são construídos com materiais rígidos, como madeira, gesso ou cerâmica, e apresentam geometrias específicas projetadas para dispersar o som de maneira controlada (Cox; D'Antonio, 2009).

Os estudos pioneiros sobre o fenômeno da reverberação foram conduzidos por Sabine (Egan, 2007; Mehta; Johnson; Rocafort, 1998), que investigou experimentalmente a relação entre o comportamento acústico dos ambientes e a capacidade de absorção sonora dos materiais. A partir desses estudos, Sabine estabeleceu que o Tempo de Reverberação de um ambiente é diretamente proporcional ao seu volume e inversamente proporcional à área de absorção equivalente presente no espaço. A área de absorção equivalente corresponde ao produto entre a somatória das áreas superficiais de determinados materiais e os seus respectivos coeficientes de absorção sonora. Dessa forma, o controle do Tempo de Reverberação pode ser obtido tanto pela variação do volume do ambiente quanto pelo aumento ou redução da área de absorção equivalente, obtida por meio da incorporação ou retirada de superfícies e elementos com propriedades absorventes.

Mansur e Vergara (2017) mediram e avaliaram o tempo de reverberação em 17 salas de aula destinadas ao ensino de música. Os autores observaram que a maioria das salas apresentava valores excessivos de tempo de reverberação em relação ao volume do ambiente, especialmente nas baixas frequências, o que pode comprometer a clareza sonora.

Vergara, Marros e Paul (2017) avaliaram salas de estudo individual e salas de ensino coletivo de música por meio de medições acústicas objetivas e também de avaliações subjetivas realizadas com estudantes. Os resultados indicaram que a maioria das salas necessitava de intervenções em seu condicionamento acústico. No caso das salas de estudo individual, observou-se preferência por valores de TR em torno de 0,4 s, enquanto para salas de estudo coletivo os valores preferidos estavam em torno de 1,4 s. É importante destacar que estudos dessa natureza não necessariamente indicam preferências amplamente generalizáveis, uma vez que frequentemente apresentam algum tipo de viés, seja pela seleção de alunos que tocam determinados instrumentos ou pela predominância de preferências relacionadas a gêneros musicais específicos. Ainda assim, a análise conjunta de diversos estudos pode contribuir para uma compreensão mais abrangente do tema, indicando caminhos para novas pesquisas na área.

Em um experimento conduzido com alunos da *Royal Scottish Academy of Music and Drama*, Lamberty (1980) concluiu que aproximadamente 60% dos estudantes entrevistados preferiam salas mais “vivas”, com tempos de reverberação em torno de 0,9 s. Cerca de 11% dos participantes demonstraram preferência por salas mais “secas”, com TR próximo de 0,4 s, enquanto os demais preferiam condições intermediárias. Com base nesses resultados, o autor propôs um valor de TR de aproximadamente 0,7 s como referência para salas destinadas ao

ensino de música. Mais uma vez, é importante ressaltar que tais valores não devem ser interpretados como recomendações universais.

Na próxima seção serão abordadas as propostas da norma ISO 23591 (2021) que recebeu em 2025 uma tradução da Associação Brasileira de Normas Técnicas, a ABNT NBR ISO 23591 (2025), relativas ao cálculo do tempo de reverberação em salas destinadas ao ensino e à prática musical. De acordo com a norma, tanto o volume da sala quanto os valores do parâmetro Força Sonora (G), que pode ser medido segundo a norma ISO 3382-1 (2009), desempenham papel fundamental no resultado acústico final do ambiente.

Essa abordagem foi adotada por Maiorino e Rocha (2023) ao proporem a volumetria de uma sala de ensaios para orquestra sinfônica na Escola de Música da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O novo anexo da escola, ainda em fase de projeto arquitetônico, passou por uma readequação de volume a partir da definição do tempo de reverberação e do parâmetro Força Sonora (G) em função do uso previsto para o espaço e do tamanho e da configuração instrumental da orquestra.

Şaher, Özgencil e Khoshkholghi (2025) avaliaram salas de um conservatório musical na Turquia e propuseram adequações acústicas por meio de simulações computacionais. Os autores observaram que a maioria dos músicos preferia salas com tempos de reverberação dentro das faixas recomendadas pela norma ISO 23591 (2021). Os resultados indicam que a conformidade com o parâmetro RT_{mid} em função do volume da sala, conforme proposto pela norma, constitui um primeiro passo essencial para o projeto acústico desses ambientes. Além disso, os autores destacam que o controle do balanço tonal desempenha papel importante na qualidade da escuta crítica. Também é enfatizada a necessidade de projetos acústicos adaptáveis, uma vez que alguns músicos demonstraram preferência por tempos de reverberação ainda menores do que o limite inferior sugerido pela norma, evidenciando a existência de preferências individuais.

A análise da literatura indica de forma crescente que o condicionamento acústico de salas de aula, salas de estudo e salas de ensaio deve ser pensado em função do uso específico do espaço e, preferencialmente, contemplar algum grau de variabilidade acústica. Uma das razões para isso será explorada com maior profundidade na seção 6 deste artigo, e está relacionada a aspectos pedagógicos, nos quais o resultado acústico do ambiente pode influenciar diretamente o processo de aprendizagem musical. Outra razão diz respeito tanto às preferências individuais dos músicos quanto a fatores relacionados ao gênero musical, ao período histórico do repertório

executado ou estudado e até mesmo à variação do tamanho dos grupos musicais que utilizam o espaço.

A seguir será apresentado um breve resumo das propostas da norma ISO 23591 (2021), que estabelece parâmetros objetivos para o projeto acústico de salas destinadas ao ensaio e ao ensino musical.

5. A abordagem da ISO 23591 para salas de prática musical

A publicação da ISO 23591 (2021) representou um avanço importante na consolidação de critérios objetivos para a qualidade acústica de salas destinadas à prática e ao ensaio musical. Diferentemente de recomendações anteriormente dispersas na literatura técnica, a norma organiza um conjunto coerente de parâmetros que relacionam características físicas do espaço, como volume útil, área útil e altura média da sala, com critérios acústicos mensuráveis, especialmente o tempo de reverberação (TR) e o fator de força do som (G). Essa abordagem estabelece um vínculo direto entre as dimensões arquitetônicas do ambiente e as condições acústicas percebidas pelos músicos durante a prática instrumental ou vocal.

A norma parte do princípio de que a qualidade acústica de uma sala de ensaio não depende apenas do tratamento acústico aplicado às superfícies, mas também do dimensionamento físico do espaço. Nesse sentido, além de definir critérios para o tempo de reverberação em função do volume útil da sala, o documento também estabelece requisitos mínimos relacionados à área útil, ao volume útil e à altura média útil da sala. Esses parâmetros são particularmente relevantes no contexto de salas de estudo individuais ou de pequenos conjuntos, pois determinam limites físicos abaixo dos quais as condições acústicas tornam-se inadequadas para a prática musical.

De acordo com a norma, a área útil corresponde à área delimitada pelas superfícies internas das paredes de fechamento da sala, enquanto o volume útil é calculado a partir das superfícies internas do piso, paredes e teto, desconsiderando volumes acima de forros suspensos ou elementos estruturais secundários. Esses conceitos são importantes porque permitem comparar diferentes salas de forma consistente, independentemente de soluções construtivas específicas.

No caso de salas destinadas à prática individual ou a pequenos conjuntos (de um a dois músicos), a ISO 23591 (2021) estabelece valores mínimos de referência que permitem estimar dimensões adequadas do espaço. Para essa categoria, a norma indica área útil mínima de aproximadamente 13 m², volume útil superior a 35 m³ e altura média útil mínima de 2,7 m. Esses valores permitem derivar dimensões típicas de salas de estudo individual. Considerando

a área mínima de 13 m² e a altura mínima recomendada de 2,7 m, obtém-se um volume aproximado de 35,1 m³, valor que satisfaz o requisito mínimo de volume útil indicado pela norma.

A partir desses parâmetros, pode-se propor um exemplo de configuração geométrica que respeite simultaneamente as dimensões mínimas e as recomendações de proporção da sala. O anexo informativo da norma apresenta proporções geométricas consideradas favoráveis para volumes de sala de até 300 m³, indicando relações aproximadas entre altura, largura e comprimento que reduzem a coincidência de modos próprios da sala. Entre as proporções frequentemente citadas encontram-se relações próximas de 1 : 1,25 : 1,60 ou 1 : 1,4 : 1,89. Aplicando a primeira relação ao exemplo mínimo, e tomando a altura de 2,7 m como referência, obtém-se dimensões aproximadas de 2,7 m × 3,4 m × 4,3 m, o que resulta em uma área de cerca de 14,6 m² e um volume aproximado de 39 m³. Esse exemplo ilustra como os critérios da norma podem ser utilizados como ferramenta prática de projeto, permitindo avaliar rapidamente se uma sala existente ou projetada possui dimensões compatíveis com condições acústicas adequadas para estudo musical.

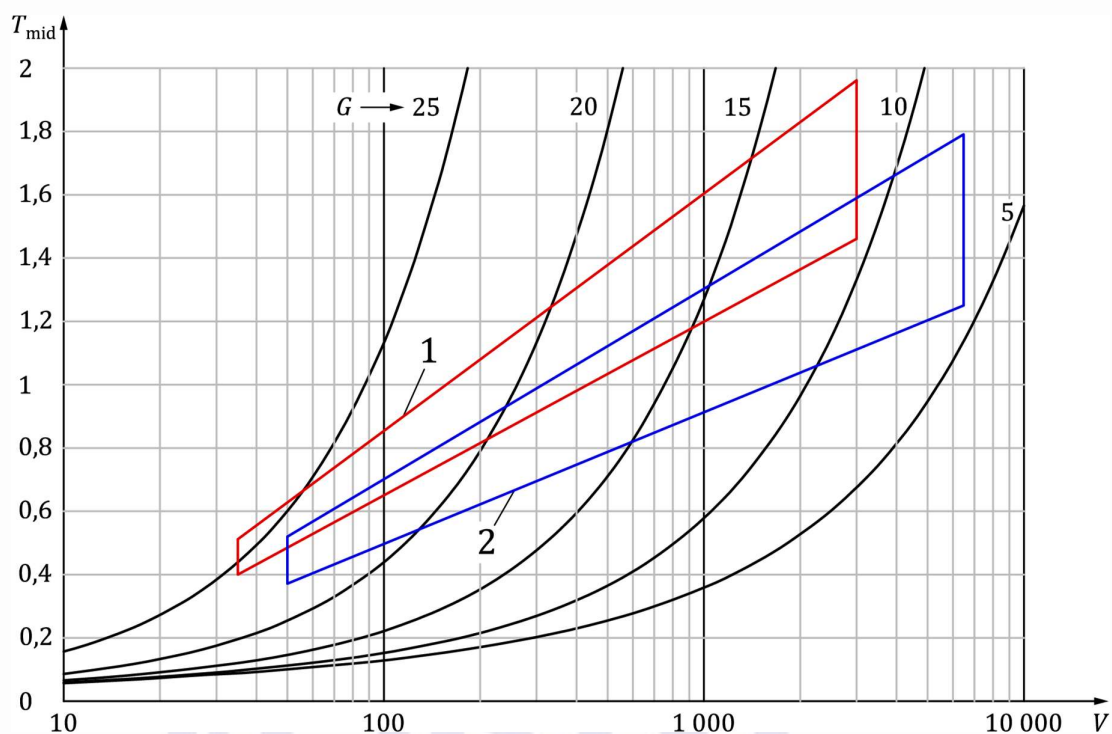
A relação entre volume útil e tempo de reverberação constitui outro aspecto central da norma. O documento estabelece faixas recomendadas de tempo de reverberação em função do volume da sala e do tipo de música praticada, música amplificada, música acústica suave ou música acústica intensa. Um aspecto particularmente relevante é que a norma não define um único valor de tempo de reverberação, mas sim uma faixa entre um valor mínimo e um valor máximo de TR em função do volume do ambiente. Essa abordagem reconhece que ambientes de prática musical podem admitir certa variabilidade acústica sem comprometer sua funcionalidade. A existência de um intervalo de valores permite acomodar diferenças construtivas entre salas e também possibilita que o ambiente apresente pequenas variações acústicas decorrentes da presença de músicos, instrumentos e mobiliário. Dessa forma, o critério normativo evita tanto ambientes excessivamente secos quanto salas excessivamente reverberantes, favorecendo um equilíbrio acústico adequado à prática musical.

Outro parâmetro relevante introduzido pela norma é o Fator de Força do Som (G), que descreve a resposta acústica global da sala em termos de reforço sonoro percebido. Esse parâmetro depende simultaneamente do volume útil e do tempo de reverberação, estabelecendo uma ligação direta entre a geometria da sala e a sensação de intensidade sonora experimentada pelos músicos. A introdução desse parâmetro está diretamente relacionada a uma preocupação central da norma: a saúde ocupacional dos músicos. Ambientes de prática musical podem apresentar

níveis de pressão sonora elevados por períodos prolongados, especialmente quando instrumentos de alta potência sonora são executados em espaços reduzidos. O controle do Fator de Força do Som (G) contribui para limitar o reforço acústico interno da sala, de modo que os níveis de pressão sonora típicos durante a prática musical permaneçam, em geral, abaixo de valores da ordem de 95 a 97 dB, reduzindo o risco de exposição sonora excessiva ao longo do tempo. Dessa forma, o dimensionamento adequado das salas não é apenas uma questão de qualidade acústica, mas também um aspecto fundamental de proteção à saúde auditiva dos músicos.

Essa interdependência entre os parâmetros acústicos torna-se particularmente evidente na Figura 1, apresentada no Anexo A da norma, que sintetiza graficamente a relação entre o volume útil da sala, o tempo de reverberação recomendado e o Fator de Força do Som (G).

Figura 1: Fator de força do som, G , em função do volume útil e da média do tempo de reverberação de média frequência



Fonte: (International Standard Organization, 2021)

A Figura 1 demonstra que esses três parâmetros não podem ser considerados de forma independente. À medida que o volume da sala aumenta, torna-se possível admitir tempos de reverberação maiores sem que o fator de Fator de Força do Som (G) ultrapasse os valores desejáveis. Em volumes muito pequenos, por outro lado, mesmo tempos de reverberação

relativamente curtos podem resultar em valores elevados de G, produzindo uma sensação de reforço sonoro excessivo no ambiente. Essa representação evidencia que o controle do campo sonoro interno depende não apenas do tratamento absorvente das superfícies, mas também do dimensionamento geométrico do espaço. Em outras palavras, a absorção sonora aplicada às superfícies não é capaz, por si só, de compensar limitações impostas por volumes insuficientes. O gráfico reforça, portanto, a importância de considerar o volume da sala como uma variável central no projeto de ambientes destinados à prática musical. Essa preocupação torna-se ainda mais clara na tabela informativa apresentada pela norma que reúne valores típicos de potência sonora de diversos instrumentos musicais. A presença dessa tabela tem implicações diretas para o projeto acústico de salas de ensaio, pois evidencia que o dimensionamento adequado do espaço deve considerar não apenas o número de músicos, mas também o tipo de instrumento executado. Instrumentos com elevada potência sonora, como metais e percussão, podem gerar níveis de pressão sonora significativamente maiores do que instrumentos de cordas ou madeiras. Consequentemente, salas destinadas a esses instrumentos requerem volumes maiores e condições acústicas específicas para evitar níveis sonoros excessivos.

Para ilustrar essa relação, pode-se considerar o exemplo de um quinteto de sopros composto por flauta transversal, oboé, clarinete, trombone e tuba. Trata-se de um conjunto que reúne instrumentos com potências sonoras bastante distintas, incluindo metais capazes de produzir níveis sonoros elevados. Considerando a necessidade de manter níveis de pressão sonora dentro de limites seguros e ao mesmo tempo preservar condições acústicas adequadas para a escuta mútua entre os músicos, uma sala destinada a esse tipo de formação deve apresentar volume significativamente maior do que uma sala de prática individual. A aplicação das recomendações da ISO 23591 (2021) conduz tipicamente a volumes da ordem de 70 a 100 m³ ou superiores, dependendo das condições de projeto e do tempo de reverberação pretendido. Uma sala com dimensões aproximadas de 3,0 m de altura, 4,5 m de largura e 6,0 m de comprimento, por exemplo, apresenta volume de cerca de 81 m³, valor compatível com esse tipo de uso e capaz de proporcionar uma resposta acústica mais equilibrada, reduzindo a concentração excessiva de energia sonora no ambiente.

A contribuição da ISO 23591 (2021) reside, portanto, na integração desses diferentes parâmetros em um conjunto de critérios coerentes que permitem orientar tanto o projeto de novas salas quanto a avaliação de espaços existentes. Ao relacionar dimensões físicas, características acústicas e tipos de prática musical, a norma oferece um referencial que facilita

a comparação entre diferentes ambientes de ensaio e auxilia instituições de ensino musical, arquitetos e consultores acústicos na tomada de decisões de projeto.

Cabe observar que a elaboração da norma contou com a participação de especialistas de diferentes países no âmbito do grupo de trabalho responsável pela sua formulação internacional. O autor deste artigo participou das discussões técnicas no grupo de trabalho que elaborou a ISO 23591 (2021) em 2021 e contribuiu durante o processo de consulta pública da tradução da norma pela ABNT em 2025, com sugestões que resultaram em ajustes terminológicos e conceituais incorporados ao texto final da norma. Essa experiência reforça a importância de interpretar os critérios estabelecidos pelo documento não apenas como limites normativos, mas como instrumentos de orientação para o planejamento acústico de espaços dedicados à prática musical.

Apesar de seus avanços, a norma também apresenta limitações que merecem ser discutidas. A tabela de potência sonora incluída no documento contempla predominantemente instrumentos característicos de orquestras de música de concerto ocidentais, como cordas, sopros e alguns instrumentos de percussão sinfônica. Posteriormente foi publicado um adendo com dados referentes a instrumentos tradicionais asiáticos, ampliando parcialmente o escopo cultural do documento. No entanto, ainda permanece uma lacuna significativa quando se considera o contexto musical de outros países. No caso brasileiro, por exemplo, diversos instrumentos amplamente utilizados em práticas musicais populares, especialmente instrumentos de percussão como tamborim, pandeiro, surdo, atabaque, congas, *djembé*, alfaias e afoxé, além da bateria considerada como um instrumento integrado, não estão contemplados na tabela de potência sonora da norma.

Essa ausência limita a aplicação direta do documento em contextos pedagógicos e musicais nos quais esses instrumentos são predominantes. Considerando que muitos desses instrumentos podem produzir níveis sonoros elevados, frequentemente comparáveis ou superiores aos de instrumentos de metais, a inexistência de dados normativos dificulta a estimativa adequada das condições acústicas necessárias para salas destinadas à sua prática. Nesse sentido, torna-se evidente a necessidade de pesquisas acústicas realizadas no contexto brasileiro que permitam medir e sistematizar a potência sonora desses instrumentos. A produção desse tipo de conhecimento poderia contribuir tanto para orientar projetos de salas de ensaio no país quanto para subsidiar futuras revisões da norma internacional, ampliando sua representatividade cultural e sua aplicabilidade global.

Quando aplicados de forma crítica, os parâmetros de área útil, volume útil, proporções geométricas, tempo de reverberação e potência sonora dos instrumentos permitem avaliar de maneira objetiva a adequação acústica de salas de estudo e ensaio. Para muitas instituições de ensino musical, esse tipo de referência torna-se particularmente útil, pois possibilita comparar salas existentes com os critérios internacionais atualmente adotados, identificando limitações físicas e orientando eventuais intervenções de melhoria acústica.

6. Acústica e processo pedagógico no ensino musical

Alguns textos clássicos sobre acústica de salas indicam que o ambiente influencia diretamente a performance musical. Um dos trabalhos mais conhecidos nesse sentido é o de Beranek (2003), que discute como as características acústicas de determinadas salas de concerto contribuíram para moldar o estilo interpretativo de orquestras renomadas, como a Orquestra Sinfônica de Boston e a Orquestra da Filadélfia. O autor também comenta a respeito da influência da acústica de teatros de ópera sobre a preferência e o comportamento vocal de cantores líricos.

Entre os estudos analisados nesta revisão, Sinal e Yilmazer (2015; 2018) investigam a relação entre o esforço vocal percebido por cantores líricos e o tempo de reverberação de salas de estudo. Os resultados indicam que os cantores entrevistados tendem a preferir ambientes cujo tempo de reverberação proporcione menor esforço vocal durante o estudo. Os autores também observaram que, à medida que aumenta a experiência do cantor, cresce a preferência por tempos de reverberação menores.

É importante observar, entretanto, que os estudos de Sinal e Yilmazer (2018) apresentam limitações metodológicas e não permitem afirmar que esses resultados possam ser generalizados para todos os contextos de prática musical. Ainda assim, os trabalhos levantam questões relevantes que merecem discussão.

Tempos de reverberação mais elevados podem contribuir para o mascaramento de pequenas imperfeições técnicas, como desvios de afinação ou imprecisões rítmicas. Por outro lado, a presença de reverberação também pode fazer com que o músico perceba uma sonoridade mais rica e envolvente, mesmo que tecnicamente imprecisa, o que pode influenciar sua interpretação musical. Nesse sentido, a preferência de cantores mais experientes por ambientes mais secos pode estar relacionada ao desejo de perceber com maior clareza suas próprias imperfeições técnicas, facilitando processos de correção e aprimoramento vocal. Ambientes com menor

tempo de reverberação tendem a evidenciar com maior precisão problemas de afinação, articulação ou controle vocal.

Cairolí (2024) chega a mencionar que salas de ensaio com boa qualidade acústica podem ser percebidas como uma espécie de “extensão da voz do cantor”. Nesse contexto, é possível interpretar essa afirmação como uma referência ao papel da reverberação na amplificação da expressividade vocal e na percepção da projeção sonora no espaço.

Patrick e Boner (1967) relatam ainda que, em salas acusticamente desequilibradas, maestros de bandas escolares apresentam dificuldades para perceber erros cometidos pelos alunos durante os ensaios. Em muitos casos, essas imprecisões só se tornam evidentes quando o grupo passa a executar o repertório em outro espaço acústico diferente daquele utilizado nos ensaios.

A partir dessas perspectivas, é possível levantar a hipótese de que o ideal para salas de ensaio e ensino musical seja a presença de algum grau de variabilidade acústica. Nesse caso, as condições acústicas do ambiente poderiam ser ajustadas de acordo com as necessidades pedagógicas específicas de cada momento do processo de aprendizagem, o que também é condizente com as recomendações da ISO 23591(2021). Ambientes com menor tempo de reverberação poderiam favorecer atividades voltadas ao controle técnico, como o estudo de afinação, precisão rítmica e articulação. Por outro lado, ambientes com maior tempo de reverberação poderiam favorecer o desenvolvimento de aspectos expressivos da interpretação musical, como projeção sonora, fraseado e construção da sonoridade do instrumento ou da voz.

Por fim, estudos que combinam medições acústicas e avaliações subjetivas indicam que a percepção dos músicos sobre a qualidade acústica das salas de prática varia significativamente de acordo com o instrumento, o repertório e o objetivo da atividade pedagógica (Lachmann *et al.*, 2019; Vergara; Marros; Paul, 2017). Esses resultados reforçam a ideia de que ambientes destinados ao ensino musical não devem ser projetados apenas com base em parâmetros físicos fixos, mas também considerando a experiência perceptiva dos usuários.

7. Desafios e possibilidades no contexto brasileiro

A implementação de diretrizes acústicas adequadas em instituições brasileiras de ensino musical enfrenta uma série de desafios estruturais, institucionais e técnicos. Embora exista hoje um corpo consolidado de conhecimento científico sobre acústica arquitetônica e sobre o projeto de salas destinadas à prática musical, a aplicação desse conhecimento no contexto da construção civil brasileira ainda ocorre de forma limitada.

Um primeiro aspecto importante diz respeito à necessidade de que instituições de ensino busquem apoio técnico especializado no desenvolvimento ou na adaptação de seus espaços para ensino e prática musical. Universidades federais brasileiras contam com uma rede significativa de pesquisadores na área de acústica, além de laboratórios de pesquisa, programas de pós-graduação e empresas juniores vinculadas a cursos de engenharia e arquitetura que frequentemente oferecem serviços de consultoria e avaliação técnica. A colaboração entre departamentos acadêmicos, pesquisadores e gestores institucionais pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade acústica dos ambientes destinados ao ensino musical. O próprio autor deste artigo, por exemplo, já participou de diversas iniciativas de consultoria e avaliação acústica voltadas à adequação de espaços musicais em universidades públicas.

Diversos estudos indicam que considerar requisitos acústicos desde o início do processo projetual pode representar um acréscimo relativamente pequeno no custo total da obra, ao mesmo tempo em que reduz significativamente a necessidade de intervenções corretivas posteriores (Mansur; Vergara, 2017; Koskinen; Toppila; Olkinuora, 2010). No caso de edifícios destinados ao ensino musical, essa questão torna-se particularmente crítica, uma vez que salas mal dimensionadas ou inadequadamente isoladas podem comprometer completamente a funcionalidade do espaço. Em situações extremas, prédios recém-construídos ou recentemente reformados podem revelar-se inadequados para o uso pretendido, gerando custos adicionais e frustrações institucionais.

Rocha, Maiorino e Rocha (2025) discutem o incômodo e os conflitos acústicos gerados quando departamentos de música ocupam prédios compartilhados com outras áreas do conhecimento. Algumas estratégias podem ser adotadas para minimizar esse problema, como a setorização acústica da edificação. Nesse caso, determinadas áreas do prédio podem ser destinadas às atividades musicais que exigem maiores níveis sonoros, agrupando salas com esse perfil em uma mesma região, enquanto outras áreas da edificação permanecem destinadas a atividades que demandam ambientes mais silenciosos. O condicionamento acústico das salas pode também beneficiar o uso desses espaços por disciplinas voltadas à fala, uma vez que muitas salas universitárias não possuem qualquer tipo de tratamento acústico. Aslan et al. (2022) apontam que salas multiuso frequentemente apresentam desempenho acústico insatisfatório tanto para atividades musicais quanto para atividades baseadas na fala. No entanto, dentro da realidade brasileira, na qual grande parte das salas de aula universitárias não apresenta nenhum tipo de condicionamento acústico, a simples adequação e redução do tempo de reverberação,

ainda que não atinja os valores ideais para a fala, pode representar uma melhoria significativa para a qualidade das aulas expositivas.

Outra questão que deveria receber maior atenção por parte dos gestores universitários refere-se à saúde ocupacional de professores e estudantes que utilizam esses ambientes. Esse aspecto é enfatizado tanto pela norma ISO 23591 (2021) quanto por estudos como os de Kozłowski e Młyński (2014) e Koskinen, Toppila e Olkinuora (2010). A ausência de planejamento adequado do condicionamento acústico das salas, assim como a falta de controle sobre o número e o tipo de instrumentos presentes no ambiente — aspectos diretamente relacionados à potência sonora das fontes musicais — pode resultar em níveis elevados de exposição sonora durante atividades de ensino e ensaio. Essa situação pode trazer consequências significativas para a saúde auditiva de docentes e estudantes ao longo do tempo. Além dos impactos individuais, a exposição prolongada a níveis sonoros elevados pode também gerar implicações institucionais, como o aumento de custos relacionados a adicionais de insalubridade ou afastamentos médicos associados a problemas auditivos ocupacionais.

Outro desafio relevante no contexto brasileiro está relacionado à formação técnica da mão de obra empregada na construção civil. Embora existam numerosas pesquisas acadêmicas sobre desempenho acústico de sistemas construtivos, grande parte desse conhecimento permanece restrita ao ambiente universitário e não é plenamente absorvida pelo mercado da construção. Como consequência, observa-se frequentemente uma lacuna entre o conhecimento científico disponível e as práticas construtivas efetivamente aplicadas em obras.

Essa lacuna manifesta-se, por exemplo, na disseminação de equívocos conceituais sobre princípios básicos da acústica arquitetônica. Um caso recorrente é a crença de que o isolamento sonoro em sistemas construtivos leves, como paredes de *drywall*, é obtido principalmente pelo preenchimento com materiais fibrosos, como lã de vidro ou lã mineral. Na realidade, o desempenho de isolamento desses sistemas está diretamente relacionado à massa das placas, à configuração estrutural do sistema e ao desacoplamento entre seus elementos, enquanto os materiais fibrosos desempenham papel secundário no controle de ressonâncias internas. Da mesma forma, ainda é comum encontrar recomendações equivocadas que sugerem o uso de materiais porosos, como espumas acústicas, para promover isolamento sonoro entre ambientes, quando na verdade esses materiais atuam predominantemente no condicionamento acústico interno, com impacto praticamente nulo no isolamento entre salas.

Outro aspecto que merece atenção é o uso indiscriminado da designação “acústico” em produtos disponíveis no mercado brasileiro. Muitos materiais são comercializados com esse rótulo sem

que existam dados técnicos confiáveis ou ensaios laboratoriais que comprovem seu desempenho acústico. Essa prática pode levar gestores institucionais e responsáveis por obras a adotar soluções ineficazes ou desnecessariamente onerosas. Em muitos casos, soluções construtivas relativamente simples, quando corretamente projetadas e executadas por profissionais capacitados, podem apresentar desempenho acústico superior ao de materiais industrializados vendidos como soluções prontas.

Nesse cenário, torna-se particularmente importante que instituições de ensino busquem orientação técnica independente antes de implementar intervenções acústicas em seus edifícios. Entidades científicas e profissionais, como a Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC), podem desempenhar papel relevante ao facilitar o acesso a especialistas qualificados e promover a disseminação de boas práticas na área.

Por fim, é importante reconhecer que o investimento em projeto acústico adequado não deve ser compreendido apenas como um custo adicional na construção ou reforma de edifícios educacionais, mas sim como uma estratégia de racionalização de recursos públicos. Diversos autores apontam que intervenções acústicas realizadas após a conclusão da obra são significativamente mais complexas e dispendiosas do que soluções incorporadas durante a fase de projeto (Koskinen; Toppila; Olkinuora, 2010; Cairoli, 2024). Em muitos casos, a simples substituição de materiais ou o ajuste de determinadas soluções construtivas ainda na etapa de concepção pode resultar em melhorias substanciais no desempenho acústico do ambiente, evitando gastos posteriores e garantindo que o espaço atenda efetivamente às necessidades pedagógicas e artísticas para as quais foi concebido.

Diante dessas limitações, mas também das oportunidades existentes no ambiente acadêmico brasileiro, torna-se evidente que o fortalecimento do diálogo entre pesquisa, projeto arquitetônico e prática construtiva constitui um passo fundamental para a melhoria das condições acústicas de salas destinadas ao ensino e à prática musical no país.

8. Considerações finais

A revisão apresentada neste trabalho evidencia que ambientes destinados ao ensino e à prática musical possuem demandas acústicas específicas que precisam ser consideradas desde as etapas iniciais de projeto arquitetônico. Diferentemente de salas destinadas exclusivamente à palavra falada, esses espaços precisam acomodar níveis sonoros elevados, permitir a escuta crítica da performance musical e, ao mesmo tempo, possibilitar a realização simultânea de diferentes

atividades dentro de uma mesma instituição de ensino. Nesse contexto, questões relacionadas ao isolamento sonoro entre salas, ao condicionamento acústico interno e à saúde ocupacional de estudantes e professores tornam-se aspectos centrais para o adequado funcionamento desses ambientes.

Entre os parâmetros acústicos discutidos na literatura, o tempo de reverberação permanece como a principal referência para avaliação do condicionamento acústico de salas de prática musical. Embora alguns estudos utilizem parâmetros derivados da acústica de salas maiores, como EDT, C80 ou D50, ainda há pouca evidência científica que permita afirmar que esses indicadores sejam plenamente adequados para espaços de pequeno volume, como salas de aula ou salas de estudo musical. Nesse sentido, as recomendações propostas pela norma ISO 23591 (2021) representam atualmente uma das abordagens mais consistentes para o projeto desses ambientes, ao relacionar diretamente o volume da sala, o tempo de reverberação e o fator de força sonora com os níveis de pressão sonora esperados durante a prática musical.

A norma também evidencia a importância de considerar a potência sonora dos instrumentos musicais e o número de músicos presentes no ambiente como fatores determinantes para o projeto acústico dessas salas, reforçando a preocupação com a exposição sonora prolongada de professores e estudantes. Essa perspectiva amplia o debate sobre acústica de salas de ensino musical ao incorporar de forma mais explícita aspectos relacionados à saúde ocupacional.

Apesar dos avanços recentes, a literatura ainda apresenta lacunas importantes que precisam ser exploradas por pesquisas futuras. Entre elas, destaca-se a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a adequação de diferentes parâmetros acústicos para salas de pequeno volume, bem como investigações sobre preferências acústicas de músicos em contextos pedagógicos distintos. Além disso, há uma carência significativa de dados sobre a potência sonora de diversos instrumentos amplamente utilizados em práticas musicais brasileiras, especialmente instrumentos de percussão presentes em repertórios populares e de concerto, que não estão contemplados nas tabelas atualmente disponíveis em normas internacionais.

Diante dessas limitações, o desenvolvimento de novas pesquisas experimentais e estudos aplicados poderá contribuir para o aprimoramento de critérios de projeto acústico mais adequados à realidade das instituições de ensino musical. A consolidação desse campo de investigação tende a fortalecer a integração entre arquitetura, acústica e pedagogia musical, ampliando as possibilidades de criação de ambientes que favoreçam tanto o processo de aprendizagem quanto a preservação da saúde auditiva de seus usuários.

Referências

- ADAMS, P. *et al.* Acoustic Design of Large Rehearsal Spaces. 2019, Amsterdam, Netherlands. **Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics (ISRA 2019)**. Amsterdam, Netherlands: [s. d.], 2019. p. 389–399.
- ASLAN, A.; OKTAV, A.; METIN, B. **Determination of the acoustical performance of multipurpose music classrooms**. *Architectural Science Review*, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 3382-1 - Acústica - Medição de parâmetros de acústica de salas Parte 1: Salas de espetáculos**. [S. l.]: [s. d.], 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 23591 - Critérios de qualidade acústica para salas e espaços de ensaio musical**. [S. l.]: [s. d.], 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:2013 - Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. [S. l.]: [s. d.], 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR10.152 - Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**. [S. l.]: [s. d.], 2017. Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/4035856/NBR-10152-2000-Nivel-de-Ruido-para-Conforto-Acustico>. Acesso em: 7 ago. 2012.
- BARRON, M. **Auditorium Acoustics and Architectural Design**. 2. ed. Oxfordshire, U.K.: Spon Press, 2003.
- BERANEK, L. **Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics, and Architecture**. 2nd. ed. [S. l.]: Springer, 2003.
- BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. Edição: 2ª, Revista ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.
- CAIROLI, M. Wooden Rehearsal Rooms from the Construction Process to the Musical Performance. *ACOUSTICS*, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 114–133, 2024.
- CAVANAUGH, W. J.; TOCCI, G. C.; WILKES, J. A. **Architectural Acoustics: Principles and Practice**. 2. ed. [S. l.]: Wiley, 2009.
- COX, T. J.; D'ANTONIO, P. **Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application**. 2. ed. [S. l.]: Taylor & Francis, 2009.
- D'AMORE, A. *et al.* Avaliação Pós-Ocupação da Escola de Música da UFRN: um estudo da área comum. In: 2º. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2011, Rio de Janeiro, Brasil. **2º. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**. Rio de Janeiro, Brasil: [s. d.], 2011. p. 455.
- EGAN, M. D. **Architectural Acoustics**. [S. l.]: J. Ross Publishing, 2007.
- EVEREST, F. A.; POHLMANN, K. **Master Handbook of Acoustics**. 5. ed. [S. l.]: McGraw-Hill/TAB Electronics, 2009.

FAGERLANDE, G. C.; TORRES, J. C. B.; NIEMEYER, M. L. Projeto acústico da sala de ensaios da Orquestra Sinfônica da UFRJ por meio de simulação computacional. 2025. **Anais do XVIII ENCAC**. [S. l.]: [s. d.], 2025.

FÜRJES, A. T. Lesson learned from the acoustic design and commissioning of some music institutions in Hungary. 2023, Turin, Italy. **Proceedings of the 10th Convention of the European Acoustics Association - Forum Acusticum 2023**. Turin, Italy: [s. d.], 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 3382-1 : Acoustic Measurement of room acoustic parameter Part 1: Performance Spaces**. [S. l.]: [s. d.], 2009.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO23591 - Acoustic quality criteria for music rehearsal rooms and spaces**. [S. l.]: [s. d.], 2021.

KATUNSKÝ, D.; NEMEC, M.; KAMENSKÝ, M. Interaction of selected parameters within design of suitable working environment. **FAMM.861.519**, [s. l.], 2016.

KELLE, D.; YILMAZ DEMIRKALE, S. Musicians' impressions of low frequency sound field in small music rooms. **A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture**, [s. l.], v. 19, p. 599–614, 2022.

KLEPPER, D. L.; CAVANAUGH, W. J.; MARSHALL, L. G. Noise-control in music teaching facilities. **The Journal of the Acoustical Society of America**, [s. l.], v. 67, n. 1, p. 219, 1980.

KOSKINEN, H.; TOPPILA, E.; OLKINUORA, P. Facilities for music education and their acoustical design. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 93–104, 2010.

KOZŁOWSKI, M.; MŁYŃSKI, R. Effects of acoustic treatment on music teachers' exposure to sound. **Archives of Acoustics**, [s. l.], v. 39, n. 3, p. 343–350, 2014.

LACHMANN, M. *et al.* Rooms for Music Education and Rehearsal – Evolution of Their Acoustic Design and Comparison of Results between Questionnaires and Measurements. 2019, Amsterdam, Netherlands. **Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics (ISRA 2019)**. Amsterdam, Netherlands: [s. d.], 2019.

LAMBERTY, D. C. Music practice rooms. **Journal of Sound and Vibration**, [s. l.], v. 69, n. 1, p. 149–155, 1980.

LIMA, P. R.; VERGARA, E. F. Simulação acústica de uma sala multiúso para a prática musical: possibilidades de adaptação ao uso. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 161–173, 2018.

LONG, M. **Architectural Acoustics**. 1. ed. [S. l.]: Academic Press, 2006.

MAIORINO, A. V.; ROCHA, R. E. da. Ambiente construído, qualidade acústica e saúde auditiva: a ISO 23591 e o processo projetual. 2023, Natal, Brazil. **Anais do XXX Encontro da SOBRAC**. Natal, Brazil: [s. d.], 2023.

MANSUR, A. C. M.; VERGARA, E. F. Evaluation of rooms acoustic conditions for music teaching. 2017, Curitiba, Brazil. **Proceedings of the 24th ABCM International Congress of Mechanical Engineering**. Curitiba, Brazil: [s. d.], 2017.

MEHTA, M.; JOHNSON, J.; ROCAFORT, J. **Architectural Acoustics: Principles and Design**. 1st. ed. [S. l.]: Prentice Hall, 1998.

OLSEN, J. G. Acoustics in Rooms for Music Rehearsal and Performance: The Norwegian Experience. 2021, Oslo, Norway. **Proceedings of the Baltic-Nordic Acoustics Meeting (BNAM 2021)**. Oslo, Norway: [s. d.], 2021.

OSMAN, R. Designing small music practice rooms for sound quality. 2010, Sydney, Australia. **Proceedings of 20th International Congress on Acoustics (ICA)**. Sydney, Australia: [s. d.], 2010.

PATRICK, N. G.; BONER, C. R. Acoustics of school-band rehearsal rooms. **The Journal of the Acoustical Society of America**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 215–219, 1967.

ROCHA, R. E. da; MAIORINO, A. V.; ROCHA, G. M. Architectural typologies and music education in Brazil. In: INTER-NOISE 2025, 2025, São Paulo, Brazil. **Proceedings of Inter-Noise 2025**. São Paulo, Brazil: [s. d.], 2025.

ROCHA, S. de F.; NASCIMENTO, M. A. do. Study about the sonorous impact characterization in singing/instrument classes among music students in Brazil. **Arts & Humanities Open Access Journal**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 17–21, 2020.

ŞAHER, K.; ÖZGENCIL, Y.; KHOSHKHOLGHI, S. Acoustic assessment of four music rehearsal rooms in accordance with ISO23591 standard. **Applied Acoustics**, [s. l.], v. 240, p. 110878, 2025.

SIEBEIN, G. W. Comparison of acoustical criteria and architectural acoustical systems for music education spaces. 2023, Turin, Italy. **Proceedings of the 10th Convention of the European Acoustics Association - Forum Acusticum 2023**. Turin, Italy: [s. d.], 2023.

SINAL, Ö.; YILMAZER, S. A comparative study on indoor sound quality of the practice rooms upon classical singing trainees' preference. 2015, Maastricht, Netherlands. **Proceedings of EuroNoise 2015**. Maastricht, Netherlands: [s. d.], 2015. p. 701–706.

SINAL, Ö.; YILMAZER, S. Effects of perceived singing effort on classical singers' reverberation time preferences towards music practice rooms. **Applied Acoustics**, [s. l.], v. 136, p. 132–138, 2018.

VERGARA, E. F.; MARROS, F.; PAUL, S. Caracterização da qualidade acústica de salas de aula para prática e ensino musical. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 23–37, 2017.

VIGRAN, T. E. **Building Acoustics**. 1. ed. [S. l.]: Taylor & Francis, 2008.

SOBRE OS AUTORES



Alexandre Maiorino

Possui graduação em Música Popular pela Universidade Estadual de Campinas (1993), Mestrado em Engenharia Civil na área de Acústica pela Universidade Estadual de Campinas (2013) e Doutorado em Arquitetura e Construção na área de Acústica pela Universidade Estadual de Campinas (2018). Leciona na Escola de Música da UFRN nas áreas de Gravação, Sonorização e Acústica. É coordenador do laboratório de pesquisa “Estúdio Ritornello”. Possui vasta experiência na área de gravação de música erudita, música popular, produção publicitária para rádio, TV e cinema, produção e pós-produção de áudio para cinema, sonorização e gravação ao vivo, projetos acústicos de estúdios de áudio e acústica de salas.