



Ministério da Educação  
Universidade Federal do Paraná  
Setor de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Construção Civil



MÁRCIO HENRIQUE DE SOUSA CARBONI

# **QUALIDADE ACÚSTICA EM SALAS DE ENSINO DE MÚSICA**

## **PARÂMETROS ACÚSTICOS PREFERENCIAIS NA OPINIÃO DE PROFESSORES DE MÚSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Construção Civil, Área de Concentração: Ambiente Construído e Gestão, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid

CURITIBA

2012

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

MÁRCIO HENRIQUE DE SOUSA CARBONI

### **QUALIDADE ACÚSTICA EM SALAS DE ENSINO DE MÚSICA: PARÂMETROS ACÚSTICOS PREFERENCIAIS NA OPINIÃO DE PROFESSORES DE MÚSICA**

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Construção Civil, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Área de Concentração: Ambiente Construído e Gestão, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid - Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Curitiba, de de 2012.

*Aos meus pais Márcio e Amélia.  
Por toda educação que lutaram para me  
dar e os quais sempre busquei orgulhar.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente ao meu orientador Aloísio pela confiança depositada desde o início para o desenvolvimento e participação deste projeto ABRAMUS.

Aos colegas do programa ABRAMUS – Arquiteturas para um Brasil Musical, pelas inúmeras discussões produtivas e pontos de vistas em nossos seminários.

À Capes, pelo apoio financeiro.

Ao Alexandre Trento, pela compreensão.

Aos grandes amigos Bruno Mereu e Ângelo Carazzai, por toda ajuda e disponibilidade.

E à Juliana, por todo apoio, incentivo, paciência e carinho.

## RESUMO

Este trabalho busca revelar as preferências de professores de música para salas voltadas para o ensino e prática de música, principalmente no que diz respeito ao tempo de reverberação. Para alcançá-las várias etapas devem ser seguidas. Sabe-se que o fato de não haver um consenso sobre o assunto entre professores se dá principalmente por falta de conhecimento de um vocabulário descritivo das salas e sua acústica. Sendo assim, inicialmente é necessário estabelecer este vocabulário e torná-lo familiar a estes atores. Neste trabalho foram explicados conceitos como: reverberação, calor, brilho, intimismo, timbre e coloração, clareza. Esses foram apresentados a uma amostra de professores de música visando sensibilizá-los, através de palestra/vídeo que utilizou um sobrevôo sobre a história da música como apoio para se falar sobre acústica. Essa capacitação foi feita para que, com um embasamento técnico fixado, eles pudessem fazer seus julgamentos ao responderem a um questionário. Essa *survey* foi aplicada a 30 professores de música de diversas localidades do país. Apesar de não ser possível fazer inferências estatísticas com uma amostra reduzida, foi possível ter pistas sobre as preferências dos professores fazendo uma análise qualitativa das respostas. Através de questões abertas desse questionário levantou-se um assunto inicialmente não considerado para este estudo que veio a fazer com que o autor repensasse as condições prioritárias para uma boa sala de ensino e prática musical considerando o contexto brasileiro: a maior preocupação com o isolamento acústico, talvez tão importante quanto a definição do tempo de reverberação mais adequado para estas salas.

**Palavras-chave:** Acústica. Reverberação. Qualidade acústica de salas de aula. Parâmetros acústicos subjetivos.

## **ABSTRACT**

This research seeks to reveal the preferences of music teachers for rooms used in teaching and practice of music, especially with regard to the reverberation time. To reach them several steps must be followed. It is known that the fact there is no consensus on the subject among teachers is mainly due to lack of knowledge of a descriptive vocabulary of the room and its acoustics. Thus, it is initially necessary to establish this vocabulary and make it familiar to these actors. In this work were explained concepts such as reverberation, warmth, brightness, intimacy, tone and color, clarity. These were presented to a sample of music teachers in order to sensitize them through lecture/video that used a fly on the history of music as support to talk about acoustics. This training was made so that, with a technical background set, they could make their judgments when responding to a questionnaire. This survey was administered to 30 teachers of music from various parts of the country. Although it is not possible to make statistical inferences with a small sample, it was possible to get clues about the preferences of teachers making a qualitative analysis of responses. Through the open questions of this questionnaire is an issue raised initially not considered for this study came to make the author rethink the priority conditions for a good room teaching and practice of music, considering the Brazilian context: a main concern with the acoustic perhaps as important as the definition of reverberation time more appropriate for these rooms.

**Keywords:** Acoustics. Reverberation. Acoustical quality of classrooms. Subjective acoustic parameters.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 – 1º Seminário Abramus em Belém/PR. Colaboradores reunidos em visita ao Teatro da Paz.....  | 10 |
| FIGURA 2 – 2º Seminário Abramus em Santa Maria/RS. Apresentação do desenvolvimento das pesquisas.....                                      | 10 |
| FIGURA 3 - 2º Seminário Abramus em Santa Maria/RS. Apresentação do Programa para estudantes de graduação em Engenharias e Arquitetura..... | 10 |
| FIGURA 4 – Mapa mental. ....   | 14 |
| FIGURA 5 – Interface do programa <i>Cool Edit Pro</i> .....  | 19 |
| FIGURA 6 – <i>Site</i> que contém o questionário voltado aos professores de música.....  | 20 |
| FIGURA 7 – Pintura rupestre .....  | 22 |
| FIGURA 8 – Música no Egito Antigo. ....  | 22 |
| FIGURA 9 – Interior da catedral de Notre Dame – Paris.....   | 23 |
| FIGURA 10 – Pintura de Francesco Guardi, <i>Concerto di dame al cassino Del Filarmonici</i> . ....   | 26 |
| FIGURA 11 – Catedral de Arnstad, Alemanha. Local onde Bach possivelmente escreveu <i>Toccat e Fuga</i> em Ré menor. ....                   | 27 |
| FIGURA 12 – Típica orquestra barroca.....  | 29 |
| FIGURA 13 – Organização de uma orquestra atual.....  | 29 |
| FIGURA 14 – Sala dourada do Musikverein, em Viena. ....  | 30 |
| FIGURA 15 – Utilização de meios eletrônicos na música. ....  | 32 |
| FIGURA 16 – Aparelho de rádio.....   | 33 |
| FIGURA 17 – Aparelho de música pessoal, <i>Ipod</i> .....  | 33 |
| FIGURA 18 – Definição do RT60 .....  | 39 |
| FIGURA 19 – Tempo ótimo de reverberação para 500Hz. ....   | 50 |
| FIGURA 20 – Superfície côncava provoca o surgimento de foco nas reflexões. ....  | 53 |
| FIGURA 21 – Tipos de reflexão de acordo com o tipo de superfície refletiva ..  | 56 |
| FIGURA 22 – Prateleiras acústicas.....   | 57 |
| FIGURA 23 – Estratégias para difundir o som .....  | 58 |
| FIGURA 24 – Painéis BAD.....   | 59 |
| FIGURA 25 – Características dos materiais de revestimento de uma sala de ensaio musical.....   | 59 |
| FIGURA 26 – Com relação à qualidade acústica do espaço em que você costuma lecionar, como você a classificaria?.....                       | 66 |
| FIGURA 27 - Como você classificaria a sala que costuma dar aulas? .....  | 66 |
| FIGURA 28 - Ainda com relação à reverberação de uma sala de aula para música, qual seria a condição ideal?.....                            | 67 |
| FIGURA 29 – Como você classifica as salas dos exemplos 1,2 e 3 com relação à reverberação? .....   | 75 |

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

|  |    |
|--|----|
| QUADRO 1– Parâmetros acústicos e suas expressões matemáticas .....   | 44 |
| QUADRO 2 - Comparativo de salas de prática e ensaio de instrumento e canto.<br>.....   | 51 |
| QUADRO 3 – Comparativo de salas de prática e ensaio de instrumento e canto<br>e tempo de reverberação (s) indicado por diversos pesquisadores .....                  | 52 |
| QUADRO 4 – Respostas das questões “Qual a maior dificuldade enfrentada<br>nas aulas de música?” e “Liste os problemas mais frequentes nas aulas de<br>música.” ..... | 65 |
| QUADRO 5 – Questões de 14 a 18 da <i>survey</i> . .....  | 73 |
| QUADRO 6 – Questão 19 a 23. ....   | 74 |
| <br>   |    |
| TABELA 1 – Valores preferenciais de parâmetros acústicos em salas diferentes<br>salas. ....  | 49 |
| TABELA 2 – Característica acústica da sala preferência para cada tipo de<br>instrumento.....   | 68 |

## LISTA DE ABREVIações

Abramus – Arquiteturas para um Brasil musical

BR – Razão dos Graves (*bass ratio*).

EMBAP – Escola de Música e Belas Artes do Paraná

FAP – Faculdade de Artes do Paraná

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio  
Teixeira

ITDG – *Initial-Time-Delay Gap*

NBR – Norma Brasileira

RT – Tempo de Reverberação (*reverberation time*)

TR – Razão dos agudos (*treble ratio*)

UFPA – Universidade Federal do Pará

UFPR – Universidade Federal do Paraná

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

# SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| Introdução.....  | 1  |
| 1. Capítulo 1 .....  | 3  |
| 1.1. Problematização.....  | 3  |
| 1.2. Pressupostos.....   | 3  |
| 1.3. Objetivos.....  | 4  |
| 1.4. Justificativas .....  | 4  |
| 1.5. Contextualização do trabalho.....                                     | 9  |
| 1.6. Método de pesquisa .....  | 11 |
| 1.6.1. Unidade de análise.....   | 11 |
| 1.6.2. Escopo físico .....   | 11 |
| 1.6.3. Métodos utilizados e justificativa .....                            | 12 |
| 1.6.4. Mapa mental.....  | 13 |
| 1.6.5. Testes de validade .....  | 15 |
| 1.6.6. Seleção da amostra.....   | 17 |
| 1.7. Protocolo de coleta de dados.....                                     | 17 |
| 1.7.1. Evento de capacitação .....   | 20 |
| 1.8. Método de análise de dados .....                                      | 33 |
| 2. Revisão bibliográfica .....   | 35 |
| 2.1. Parâmetros acústicos subjetivos.....                                  | 37 |
| 2.1.1. Som direto, <i>Early sound</i> , Som reverberante .....             | 38 |
| 2.1.2. Reverberação .....  | 38 |
| 2.1.3. Vivacidade e Frequências médias .....                               | 40 |
| 2.1.4. Intimidade ou presença e <i>Initial-Time-Delay Gap</i> (ITDG) ..... | 40 |
| 2.1.5. Definição ou Clareza .....  | 41 |
| 2.1.6. Calor .....   | 41 |
| 2.1.7. Brilho.....   | 42 |
| 2.1.8. Espacialidade .....   | 42 |
| 2.1.9. Envolvimento .....  | 42 |
| 2.1.10. Força do som e intensidade .....                                   | 43 |
| 2.1.11. Timbre e coloração.....  | 43 |
| 2.1.12. Reflexo/brilho acústico .....                                      | 43 |
| 2.2. Características acústicas desejáveis .....                            | 45 |
| 2.2.1. Tempo de reverberação e volume .....                                | 47 |
| 2.2.2. Influência da forma da sala .....                                   | 53 |
| 2.2.3. Materiais absorvedores e difusores do som .....                     | 54 |

|   |    |
|---|----|
| 2.3. Conclusões da revisão bibliográfica..... | 60 |
| 3. Análise dos resultados .....               | 61 |
| 4. Considerações finais .....                 | 76 |
| 4.1. Sugestão para trabalhos futuros .....    | 78 |
| 5. Referências .....                          | 79 |
| 6. Fontes de ilustrações .....                | 81 |
| 7. APÊNDICES.....                             | 84 |
| 8. ANEXOS.....                                | 90 |

# INTRODUÇÃO

A música é uma das mais antigas expressões artísticas de que se tem conhecimento. Desde os povos primitivos há indícios de manifestações musicais apesar da inexistência de registros, já que a música, diferentemente da pintura, não fica gravada em paredes, como os afrescos, por centenas de anos.

Além de ter suma importância no desenvolvimento motor de crianças, Loureiro (2003) afirma que o ensino de música não se limita a formar uma pessoa que saiba executar um instrumento, mas capacita o indivíduo para pesquisar, conhecer, experimentar e aprender.

Somando a isso, Célia Almeida *apud* Romanelli (2006) comenta sobre os benefícios do aprendizado de música para o crescimento humano de um indivíduo, como: desenvolvimento da auto-estima, autonomia, capacidade simbólica, competência em fazer julgamentos, e a constituição de um pensamento flexível.

Hummes (2004) acrescenta que, segundo Alan Merriam, existem algumas categorias de função social do ensino de música, entre elas: de expressão emocional, de entretenimento, de comunicação, de estabilidade e continuidade da cultura, de integração da sociedade.

Como lembrado por Figueiredo (2005) e por Rocha (2010), Mstislav Rostropovich, renomado violoncelista, afirmava que uma boa sala é tão importante quanto um bom instrumento. Ou seja, salas para música podem ser uma extensão natural dos instrumentos ou vozes.

Segundo McCue e Talaske (1990), enquanto músicos profissionais podem desenvolver métodos que podem compensar parcialmente alguma deficiência do ambiente acústico, estudantes de música ou jovens músicos ainda não desenvolveram uma escuta crítica e nem a técnica para diagnosticar as dificuldades acústicas ou se ajustar em condições desfavoráveis.

Posto isso, para que haja um ensino de qualidade – não só o de música – são necessários espaços adequados para se desenvolver tal atividade. Neste trabalho serão discutidas as condições acústicas desejáveis que possibilitariam a prática com qualidade nestes ambientes.

Muitas vezes, salas de aula de graduação em música sequer possuem condições acústicas desejáveis, como foi concluído por Rocha (2010), analisando salas da EMBAP (Escola de Música e Belas Artes do Paraná), em Curitiba.

Além disso, existe uma falta de conhecimento na área por parte dos profissionais ligados ao ensino. Segundo a mesma autora, outra constatação é de que nem mesmo professores possuem um consenso sobre quais seriam as condições acústicas ideais para a prática de cada tipo de música, instrumento e/ou canto.

Tomando esses pressupostos, o presente trabalho visa responder, através de uma pesquisa-ação, quais seriam os parâmetros ideais ou desejáveis para esta prática segundo professores de música.

# 1. CAPÍTULO 1

## 1.1. Problematização

A pesquisa realizada por Letícia Rocha (2010) conclui três pontos principais: nenhuma das salas da EMBAP destinadas à prática e ensino de instrumento ou canto foi projetada para esse fim. O que existe são salas adaptadas; os professores afirmam perceber as alterações acústicas de cada sala utilizada, entretanto não adaptam a música ensinada (estilo, instrumento ou canto) em função do ambiente; e ainda que há falta de consenso entre alunos e professores sobre as condições acústicas que privilegiem o estudo e a prática musical.

Diante disso, quais seriam os critérios acústicos preferenciais, ou seja, parâmetros subjetivos e objetivos desejáveis em uma sala de ensino de música, na opinião de professores de música?

Cabe esclarecer que, por ensino, entende-se prática musical, como instrumentos, corais, entre outros, e não o ensino teórico<sup>1</sup>.

## 1.2. Pressupostos

Para orientação do trabalho, são adotados alguns pressupostos.

O primeiro é a constatação, já mencionada por Rocha (2010), de que não há um consenso literário e nem entre professores de música sobre quais as condições acústicas preferenciais para a prática e ensino de música.

O segundo é a relevância da reverberação nos parâmetros subjetivos de percepção acústica. Ou seja, esta seria um dos fatores mais importantes que influenciam na percepção do ouvinte em um espaço.

---

<sup>1</sup> O ensino teórico refere-se a, por exemplo, teoria da música e história da música que se assemelha aos moldes de ensino tradicional nas escolas.

### **1.3. Objetivos**

O objetivo do presente trabalho é revelar as preferências de músicos e professores de música para o tempo de reverberação em salas voltadas para o ensino e prática de música.

Para alcançá-lo várias etapas devem ser seguidas.

Diante das conclusões de Rocha (2010), fica evidenciado que o fato de não haver um consenso sobre o assunto entre professores está associado à falta de conhecimento de um vocabulário descritivo das salas e sua acústica.

Sendo assim, inicialmente é necessário estabelecer este vocabulário e torná-lo familiar a estes atores. Beranek (1962) organizou uma série de conceitos para descrever as impressões acústicas dos ouvintes em um ambiente fechado, o que chamou de parâmetros subjetivos, os quais estão relacionados a certas características físicas (parâmetros objetivos).

Tais conceitos foram apresentados a uma amostra de professores de música e músicos, visando sensibilizá-los através de palestra/vídeo com exemplos e explicações, para que com um embasamento técnico fixado eles pudessem fazer seus julgamentos ao responderem um questionário.

### **1.4. Justificativas**

Desde 2008 a música, disciplina defendida Heitor Villa-Lobos (1887-1959), voltou a ser obrigatória em toda educação básica por meio da promulgação da Lei Federal nº 11.769 de 2008 que altera a Lei Federal nº 9.294/1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação). No início do ano letivo de 2012, todas as escolas devem ter inserido o conteúdo de música na disciplina de arte.

Sabe-se que o aprendizado de música se dá principalmente através da audição, entretanto, esta pode ser prejudicada por diversos fatores, entre os

quais, uma acústica não adequada do ambiente de ensino. Uma analogia possível é: como ensinar desenho em uma sala escura ou mal iluminada?

Sendo assim, este estudo sobre acústica em salas de ensino se torna ainda mais relevante já que atualmente não há um aprofundamento técnico e teórico sobre esse tema no país. Sem isso, como garantir espaços propícios para um ensino de qualidade?

Estudando este assunto, pode-se chegar a um consenso das condições necessárias para a prática musical em ambientes escolares.

Essa questão não é válida apenas para as escolas do ensino básico, mas também para o ensino superior. Para que haja um ensino de qualidade para crianças e jovens, além de ambientes adequados necessita-se de professores qualificados e com boa formação.

No Brasil, segundo o Censo da Educação Básica de 2008 (INEP, Sinopse estatística da educação básica 2008, 2008), existem 52.321.667 alunos cursando a educação básica. E segundo o Censo da Educação Superior de 2006 (INEP, Censo da educação superior de 2006, 2006), existem apenas 42 cursos de licenciatura em música no território nacional, que oferecem 1.641 vagas. Em 2006, formaram-se 327 alunos em música. Analisando esses dados, percebe-se um número reduzido de professores que se formam para atender todos os alunos.

Romanelli (2006), ao tratar da importância da música nas séries do ensino fundamental, afirma que o professor possui uma grande responsabilidade: ele pode estimular e criar interesse por parte do aluno na construção contínua de um conhecimento musical, através de abordagens sólidas de ensino. Entretanto, pode também interferir negativamente, desmotivando o aluno do universo musical ao fazer uso de práticas equivocadas de ensino.

Atualmente, nem mesmo os professores de música possuem uma convicção sobre quais as melhores condições de uma sala para promover um ensino musical de qualidade. Como avaliado por Rocha (2010), que entrevistou

professores da EMBAP (Escola de Música e Belas Artes do Paraná) em Curitiba, falta um respaldo teórico para que se possam avaliar as condições acústicas de uma sala.

Tendo como base esta constatação, este trabalho se propõe utilizar a estratégia da pesquisa-ação, visando tornar-se um instrumento de capacitação aos profissionais da área musical. Busca-se que estes se tornem aptos a tecer análises críticas, fundadas em embasamento teórico, sobre a qualidade das salas de ensino musical.

Além da questão social que justifica essa pesquisa, existe a questão econômica, já que a adequação acústica supõe obras de reforma.

Como dito por Geerdes (1991), uma sala destinada à transmissão oral de conhecimento não deve ser semelhante àquela destinada ao ensino de música. Estas devem apresentar variações quanto ao seu volume, dimensões, forma e até mesmo materiais aplicados como revestimento.

Ações de adequação acústica previamente projetadas e executadas implicam - segundo dados recolhidos nos EUA e na Inglaterra – em um sobrevalor no custo total da obra que varia de 1 a 3% (RIBEIRO, CARDOSO, & SANTOS, 2008). Tal dado refuta o senso comum de que o valor para adequação acústica de uma sala é extremamente elevado. Nesta pesquisa, esta opinião será desmistificada, buscando entender o que afeta a acústica de uma sala e como trabalhar para melhorá-la.

Comparados ao Brasil, estes países citados anteriormente possuem estudos mais aprofundados sobre acústica, tendo sido elaborados até manuais e normas técnicas para regular os níveis de ruído admissíveis e as condições acústicas presentes do interior dos estabelecimentos de ensino (ROCHA, 2010).

Nos Estados Unidos, desde 2002, existe a ANSI S12.60 – *Acoustical Performance criteria, design requirements and guidelines for schools* que tem a intenção de auxiliar no projeto de escolas, para que possuam salas de aula

com qualidades acústicas para uma boa comunicação sem o auxílio de sistemas eletrônicos de amplificação.

No Reino Unido, em 2003, foi publicado o *Building Bulletin 93 - BB93 Acoustic Design of School – A Design Guide*. Assim como a ANSI S12.60, ele é um guia que fornece parâmetros acústicos básicos para projetar escolas, mas se sobressai por levar em consideração as especificidades de cada caso e possui um capítulo exclusivo para salas para música.

No Brasil, existem duas normas que dispõem especificamente sobre acústica: a NBR 10.151 e NBR 10.152. A primeira fala sobre a avaliação de poluição sonora e a segunda se refere ao conforto da edificação (que está sendo revisada)

Além dessas normas brasileiras supracitadas, recentemente no Brasil aprovou-se a norma NBR 15.575, que trata de diversos tipos de desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, entre os quais o desempenho acústico. Nas palavras de Ferreira Neto e Bertoli (2008), essa norma é de extrema importância, pois estabelece parâmetros de desempenho que não existiam no país e tem por finalidade a avaliação final da edificação para que ela seja entregue aos seus usuários com as condições mínimas de conforto, habitabilidade e uso.

Somado às questões sociais e econômicas, esse trabalho também se justifica ao se enquadrar em uma das discussões mais abordadas atualmente: a sustentabilidade.

Entretanto o leitor pode estar se perguntando: como a acústica pode ser relacionada com a sustentabilidade?

O conceito mais famoso sobre sustentabilidade é o de Gro Harlem Brundtland, que foi adotado no relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED), em 1987. Ele define o desenvolvimento sustentável como: “Atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987).

Entretanto sustentabilidade não está ligada apenas a questões ambientais. Várias definições de sustentabilidade estão ligadas, por exemplo, à saúde. Edwards (2005) afirma que um projeto sustentável envolve a criação de **espaços saudáveis** além de economicamente viáveis e sensíveis às necessidades sociais. Norman Foster<sup>2</sup> diz que um projeto sustentável é a criação de edificações que sejam: eficientes do ponto de vista energético, **saudáveis e confortáveis**. A Associação para a Informação e Pesquisa sobre as Instalações dos Edifícios (*Building Services Research and Information Association – BSRIA*) define que construção sustentável é a criação e gestão de edifícios **saudáveis**, baseados em princípios ecológicos e no uso eficiente dos recursos. A WHO - *World Health Organization*<sup>3</sup> - define saúde não meramente como ausência de doenças, mas como um estado completo de bem estar físico, mental e social (WHO - World Health Organization, 2010).

Para atingir esse estado pleno de bem estar, além de suprir às necessidades de conforto físico, psico-espirituais e sócio-culturais, necessita-se de conforto ambiental de um ambiente, o que inclui a ordem e a calma, mobiliário confortável, minimização de odores, diminuição de **ruídos**, controle da iluminação, entre outros (KOLCABA e WILSON, 2002<sup>4</sup> *apud* SCHMID, 2005).

A partir dessas afirmações nota-se que a acústica se enquadra como elemento de sustentabilidade.

Em uma sala de aula de ensino de música, além de a acústica ser adequada para satisfazer as necessidades de alunos e professores, deve-se haver um controle de ruídos que possam vir a prejudicar o aprendizado.

---

<sup>2</sup>Norman Foster - renomado arquiteto inglês conhecido mundialmente pelo seu estilo ousado de desenhar prédios importantes, principalmente na Europa e na Ásia e por sua preocupação com o meio ambiente.

<sup>3</sup>OMS - Organização Mundial de Saúde.

<sup>4</sup>KOLCABA, K.; WILSON, L. Comfort Care: a framework for perianesthesia nursing. **Journal of PeriAnesthesia Nursing**, Vol 17, 2002. pp 102-114.

## **1.5. Contextualização do trabalho**

O presente trabalho dá continuidade à linha de pesquisa, já desenvolvida por Letícia Rocha (2010), em sua dissertação de mestrado: Acústica e educação em música - critérios acústicos preferenciais para sala de ensino e prática de instrumento e canto.

Seu trabalho procurou ser uma abordagem inicial sobre o assunto e concluiu que não há um vasto repertório técnico nessa área. A autora realizou uma compilação de dados obtidos em uma revisão bibliográfica sobre tempos de reverberação julgados adequados para ambientes de ensino e prática musical.

Além disso, fez uma análise qualitativa sobre a opinião de alunos e professores da EMBAP sobre seus locais de ensaio e aprendizado, de canto ou instrumentos, buscando identificar qual a preferência das condições acústicas para tal. Ressalta-se que, nesta atividade, foi constatado o desconhecimento, da parte de alunos e de professores, de conceitos elementares em acústica, o que prejudicou a obtenção de dados.

A presente pesquisa é um subprojeto do projeto chamado Abramus – Arquiteturas para um Brasil Musical - que recebe apoio do Programa Pró-Cultura, desenvolvido pela CAPES em parceria com o Ministério da Cultura.

O projeto Abramus foi estabelecido a partir de um grupo de discussões multidisciplinar de professores e alunos de mestrado de quatro centros de pesquisa, três federais e um estadual. Da UFPR participam, além do autor e seu orientador, os professores Guilherme Gabriel Ballande Romanelli e Thiago Corrêa de Freitas. Da UFPA, os professores Gustavo da Silva Vieira de Melo e Newton Sure Soeiro e o mestrando André Luís Silva Santana. E da UFSM, a professora e presidente da Sociedade Brasileira de Acústica Dinara Xavier da Paixão, os professores Andrey da Silva e Erasmo Felipe Vergara Miranda e as alunas Claudia Rogeria Gaida Viero e Fernanda Marros. E da EMBAP, o professor Vicente Roberto Dumke.

Durante o período de trabalho, término previsto em junho de 2012, os colaboradores devem desenvolver paralelamente suas pesquisas em suas localidades e se reunir em três seminários (um em Belém/PA, outro em Santa Maria/RS e o último em Curitiba/PR) para ajustar o decorrer do trabalho e apresentar os resultados já obtidos (FIGURAS 1, 2 e 3).



**FIGURA 1** – 1º Seminário Abramus em Belém/PA. Colaboradores reunidos em visita ao Theatro da Paz.

**FONTE:** Silva, 2011



**FIGURA 2** – 2º Seminário Abramus em Santa Maria/RS. Apresentação do desenvolvimento das pesquisas.



**FIGURA 3** - 2º Seminário Abramus em Santa Maria/RS. Apresentação do Programa para estudantes de graduação em Engenharias e Arquitetura.

Além da presente dissertação, outras três fazem parte do programa com objetivos como: destacar o levantamento de condições acústicas nas escolas (Fernanda Marros); caracterizar a absorvidade acústica de elementos frequentemente presentes nas escolas, como carteiras, painéis, mochilas e as próprias crianças (Claudia Gaida); simular em programa computacional ambientes de sala de aula e possíveis soluções para a adequação destes espaços (André Santana).

Todas estas pesquisas serão utilizadas para no final do processo produzir um DVD como forma de orientação direcionada a gestores da educação e professores, com o intuito de atentar para a necessidade de adequações em salas para garantir o ensino de música com qualidade e apresentar soluções possíveis para os problemas mais comuns encontrados nesses ambientes.

## **1.6. Método de pesquisa**

A seguir será apresentado o método de pesquisa utilizado e as considerações feitas na sua definição.

### **1.6.1. Unidade de análise**

Segundo Yin (2001), a unidade de análise de uma pesquisa é o fenômeno que está sendo estudado e está relacionada com a maneira como as questões iniciais foram estabelecidas.

Busca-se responder quais seriam os critérios acústicos desejáveis em uma sala de ensino e prática de música na opinião de professores de música.

Sendo assim, almejando essas respostas, a unidade de análise desta pesquisa são os professores de música.

### **1.6.2. Escopo físico**

O escopo físico do trabalho é definido como sendo onde e quando se estudará a unidade de análise para se coletar dados e evidências que respondam às questões propostas.

Este trabalho se baseia em pesquisas bibliográficas, principalmente em artigos recentes (posteriores a 2008) e na tentativa de estabelecer um consenso entre professores sobre condições acústicas em salas de ensino e prática musical.

Buscou-se obter dados úteis em instituições como: EMBAP - Escola de Música e Belas Artes do Paraná em suas diferentes sedes; na FAP – Faculdade de Artes do Paraná; na Universidade Federal do Paraná (grupos artísticos Coral, Orquestra e MPB, situados na Praça Santos Andrade). Além disso, em diversas escolas de ensino básico e fundamental, tanto particulares como públicas, em Curitiba, no período de 2010 e 2011. Na tentativa de se conseguir maior adesão ao questionário, levantou-se uma lista de *e-mail* de professores de música e músicos de todo país. Esses dados foram obtidos através de contato com diversas faculdades de música e por buscas na internet, nos sites de universidades e escolas. Somando contatos feitos via correio eletrônico, redes sociais e pessoalmente, o questionário foi enviado para aproximadamente 400 pessoas.

Além disso, optou-se por trabalhar especificamente com salas de prática e ensino musical para focalizar esforços numa determinada direção e também devido ao fato de que a acústica de salas pode variar de acordo com o uso. Sendo assim, não foram pesquisadas salas de concerto, salas de aula teóricas, teatros, etc.

A pesquisa também se restringe à opinião dos professores, visto que os alunos podem ser desde crianças de 3 anos de idade até jovens. Sendo assim, não haveria condições para se chegar a um consenso de opiniões.

### **1.6.3. Métodos utilizados e justificativa**

O presente trabalho é fundamentalmente uma pesquisa-ação. Busca-se capacitar profissionais da área musical e educacional, como professores, para que possam comentar criticamente, com embasamento teórico, sobre a qualidade de salas de aula onde se ensina e pratica música, e assim revelar as preferências desses atores sobre os parâmetros acústicos nesses espaços.

Entretanto, sendo uma pesquisa flexível, para chegar a uma pesquisa-ação alguns passos devem ser desenvolvidos anteriormente. Sendo assim, pode-se classificar esta pesquisa de outras maneiras, dependendo do ponto de vista.

Tendo em vista seus objetivos, esta pesquisa se enquadra em um caráter exploratório-descritivo.

De acordo com Gil (2002), as pesquisas exploratórias têm como objetivo principal proporcionar maior familiaridade com um problema esclarecendo conceitos e ideias, visando à formulação de hipóteses. Tais pesquisas envolvem, normalmente, revisões bibliográficas e entrevistas com pessoas que possuem experiência no assunto e análises de exemplos.

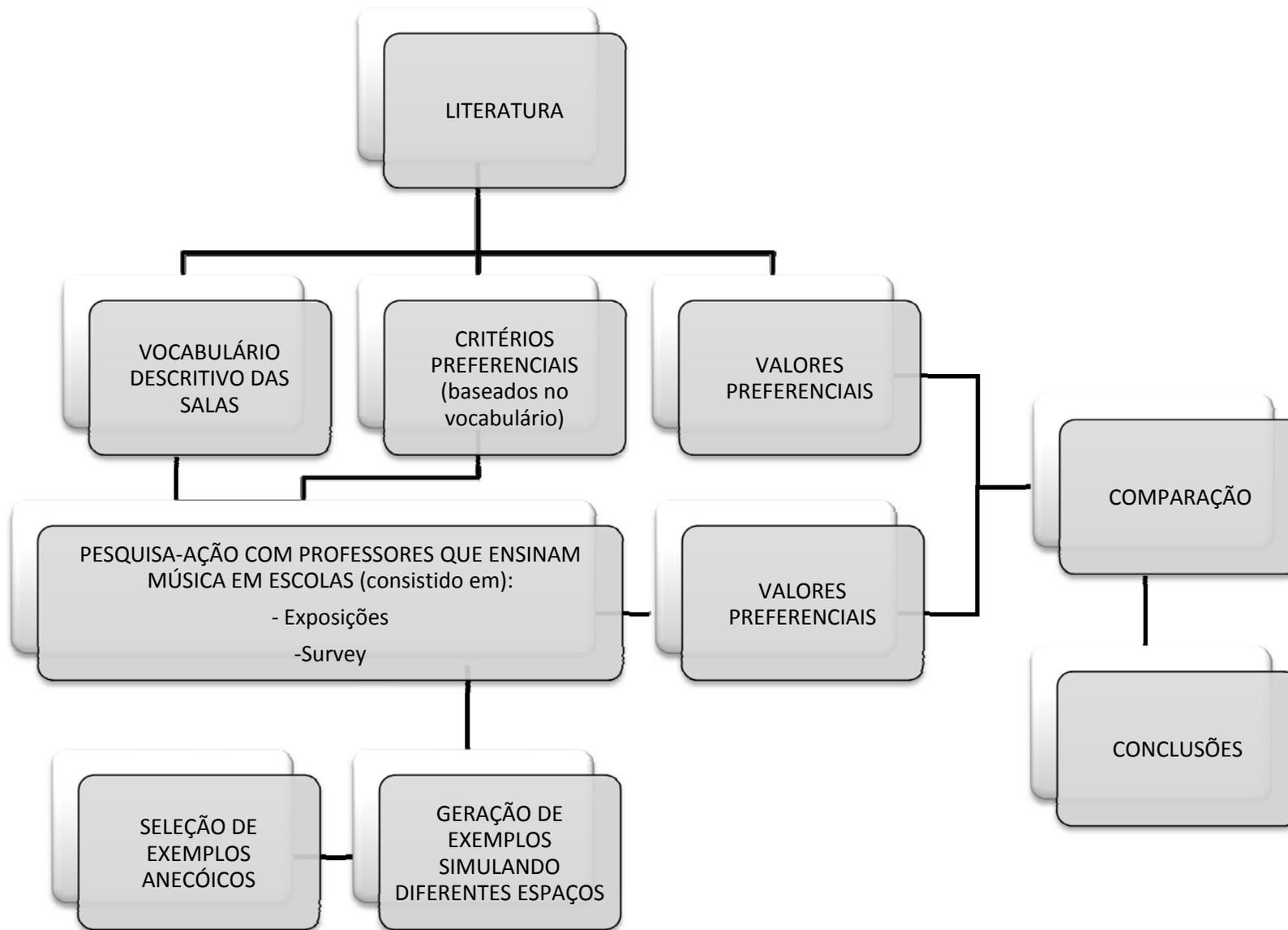
Já as pesquisas descritivas têm como objetivo principal a caracterização de um determinado fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Geralmente envolvem o uso de técnicas padronizadas de coletas de dado (GIL, 2002).

Esta pesquisa se inicia com uma revisão bibliográfica. Ao lado da busca por trabalhos de pesquisa de semelhante objetivo, procurou-se levantar um vocabulário sobre acústica em salas de ensino de música que se deseja ser familiar entre professores.

Após essa etapa, situa-se a parte da pesquisa em que se propõe uma interação com a realidade. O objetivo foi sensibilizar os atores, através de palestras/vídeo, para que houvesse um acesso de todos ao conhecimento do vocabulário descritivo de salas de prática e ensino, buscando que o levantamento de suas percepções fosse condizente com a realidade.

#### **1.6.4. Mapa mental**

O mapa mental é uma representação gráfica da estrutura e organização do trabalho, como apresentado a seguir:



**FIGURA 4** – Mapa mental.

### **1.6.5. Testes de validade**

Validade do constructo:

Este teste se propõe verificar se o que se está medindo é o que se quer demonstrar, prevenindo falhas de lógica. Aqui, o constructo é o seguinte: professores de instrumento e voz têm preferências sobre seus espaços de ensino; como eles manifestam esta experiência quando providos de um vocabulário padronizado, com escalas e ainda exemplos sonoros?

Para melhorar a uniformidade de interpretações sobre o tema “acústica de salas” por parte dos respondentes do questionário, inicialmente se realizou um nivelamento da amostragem por meio de palestra/vídeo.

Com um embasamento técnico fixado, o professor faz seus julgamentos e responde um questionário que apresenta perguntas de múltipla escolha e outras questões abertas. A amostra também deve responder a questões sobre gravações que simulam diferentes ambientes acústicos. Sendo assim, trabalha-se com três diferentes fontes de evidência.

Um primeiro cuidado é se os professores, na atitude de quem responde a um questionário e não se encontra necessariamente na sala de música ou prática, em atividade, realmente traduz suas preferências, ou se as idealiza, de certa forma. Se não as confunde com suas preferências para salas de concerto, por exemplo.

Outro cuidado é saber se, ao responder, eles realmente procuraram se sinceros. Comparando as respostas de um mesmo indivíduo pode-se identificar respondentes que não se comprometeram com a pesquisa. Tais dados não foram utilizados para análise.

De maneira complementar, as opiniões coletadas foram confrontadas com a literatura existente no assunto, levantada em uma revisão bibliográfica, para verificar se os dados levantados na amostra são realmente coerentes e se é possível identificar um padrão.

Validade externa:

A partir das opiniões da amostragem e da literatura técnica sobre o assunto, buscou-se chegar a uma conclusão sobre critérios acústicos preferenciais em uma sala de ensino de música que propiciem uma prática musical (ensino e ensaio) privilegiada. Dessa forma, acredita-se que este trabalho tem potencial para auxiliar projetos e adequações de quaisquer salas de ensino e prática musical, sempre considerando diferenças regionais (principalmente clima) e culturais (como a forma de ensino, estilo musical, tipos de instrumentos) caso a caso.

Essa ponderação deve ser feita pelo fato de que as características desejáveis, ou idéias, para um espaço de ensino e prática musical podem se alterar dependendo de algumas condicionantes. Por exemplo, em lugares de clima quente talvez seja inviável as janelas permanecerem fechadas e isso alterará a acústica da sala, pois janelas abertas servem como absorvedores. O volume desejável para as salas também pode apresentar um viés para cima devido à necessidade de movimentação do ar. Ou no caso de ensaio de instrumentos como metais ou percussão, que produzem uma pressão sonora elevada, espaços abertos podem ser mais apropriados do que os fechados.

Sabe-se que as condições de conforto térmico nos interiores sofrem uma influência da adaptação dos humanos às condições (em lugares mais quentes, toleram-se ambientes internos mais quentes). Maiores temperaturas implicam menor densidade do ar e menor capacidade para transmissão sonora. No entanto, este efeito não foi considerado. Tampouco se considerou a possibilidade de haver uma adaptação acústica (fato, aliás, desconhecido).

Não foram encontrados outros fatores que pudessem, de forma significativa, alterar as preferências acústicas em um lugar ou outro do Brasil.

Há naturalmente o confronto de expectativas: um professor que sempre trabalhou numa determinada escola pode estar satisfeito; mas se for convidado um professor originário de outra realidade em que há excelente infraestrutura

de ensino de música, seu grau de exigência com relação à sala pode condicionar uma menor satisfação, caso encontre qualidade inferior à que está habituado. É este cenário de se conhecer o ideal que poderia comprometer a validade externa de uma pesquisa que trabalha com preferências. Isto já aponta uma possível continuação da pesquisa.

#### **1.6.6. Seleção da amostra**

O levantamento de opiniões (*survey*) foi feito através de um questionário *on-line* que foi divulgado através de correio eletrônico para aproximadamente 350 professores de música e músicos de várias localidades do país. Além disso, houve a divulgação por meio de redes sociais e pessoalmente para pessoas conhecidas pelo autor e orientador.

Este universo foi eleito por serem os indivíduos que são diretamente afetados pelas condições acústicas das salas de ensino e prática musical.

Deste universo houve o retorno de 30 questionários, correspondendo a aproximadamente 8,0% do universo considerado. No entanto, reitera-se aqui que esta pesquisa não tem a pretensão de representatividade estatística, já que o acesso a um número significativo de professores de música demandaria recursos materiais e humanos não disponíveis.

#### **1.7. Protocolo de coleta de dados**

Como já apresentado no item 1.6.3, essa pesquisa possui várias etapas.

Para estabelecer um vocabulário técnico descritivo das salas de ensino e ensaio de música quanto a sua acústica, buscou-se na literatura o autor Beranek (1962) que definiu parâmetros subjetivos para descrever fenômenos e situações acústicas de um ambiente fechado.

Com esse linguajar definido, almejou-se concluir quais seriam os critérios subjetivos preferenciais e quais os valores objetivos que representam fisicamente essas preferências.

Com o objetivo de conseguir respostas mais precisas na etapa da coleta de opiniões dos professores de música e músicos, inicialmente foi realizada uma sensibilização destes através de duas palestras realizadas no dia 3 de Novembro de 2011, no período da manhã e da tarde, na sala Homero de Barros na Reitoria da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba. Nestas, foram explicados e exemplificados parâmetros subjetivos da acústica estudados na revisão bibliográfica. A descrição completa do conteúdo das palestras é apresentada a seguir no item 1.7.1.

Para reunir este público foi feito um exaustivo esforço de divulgação através de diferentes meios: e-mails, cartazes e folders, redes sociais e verbalmente. Entretanto, percebeu-se que não houve adesão representativa neste evento e foi concluído que conseguir a atenção do público de forma presencial seria uma dificuldade e uma ameaça ao desenvolvimento do trabalho. E então uma estratégia diferente foi adotada.

A mesma palestra foi adaptada e compilada em um vídeo de aproximadamente 45 minutos que foi carregado no *YouTube* e cujo *link* foi enviado para aproximadamente 350 professores de música e músicos de todo Brasil, para que o assistissem e em seguida respondessem o questionário.

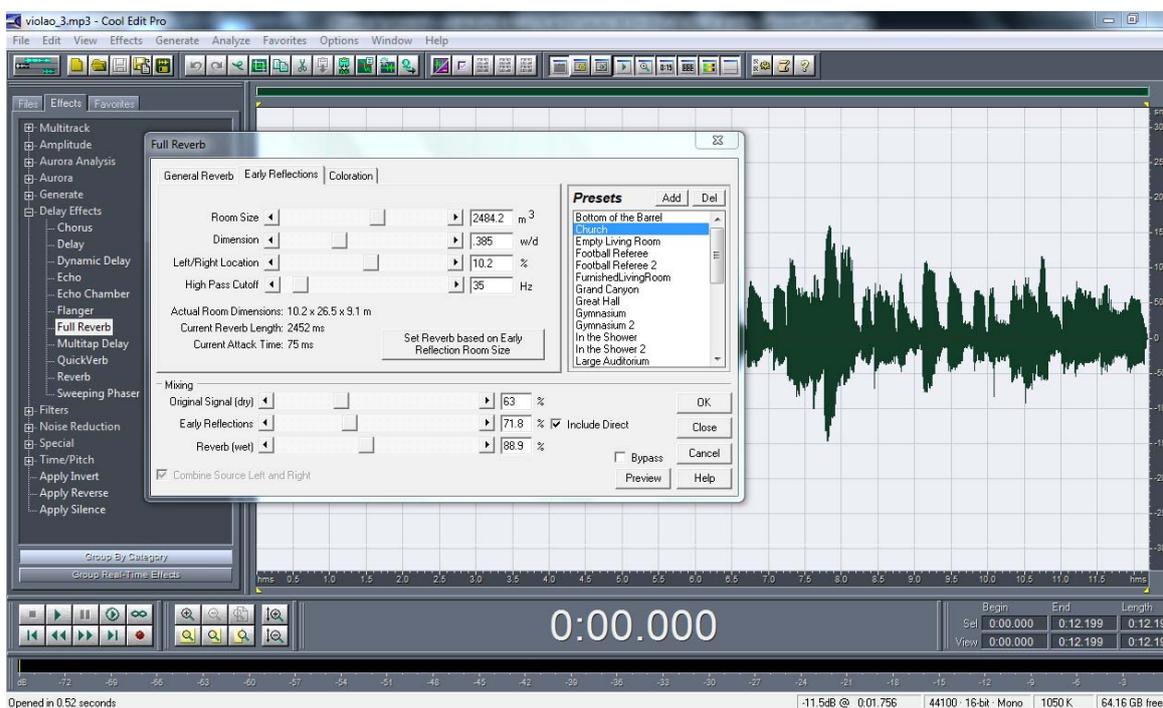
Esses contatos foram obtidos através de uma busca nas páginas virtuais de cursos de licenciatura em música, contatos com a coordenação destes cursos, grupos musicais, entre outros.

Para o levantamento das opiniões (*survey*) da amostra foi desenvolvida uma ferramenta de coleta de dados que consiste em um *site* com um questionário a respeito das impressões dos professores sobre uma série de amostras de diferentes ambientes com distintas características acústicas.

Tais exemplos consistem em trechos de músicas executadas em diferentes instrumentos, como violino, violoncelo, flauta, piano, violão, oboé e

canto, gravados em câmara anecóica. Posteriormente, foram gerados exemplos com diferentes graus de reverberação que simulam diferentes ambientes acústicos.

Para isso, a partir da gravação anecóica, utilizando o programa *Cool Edit Pro*, geraram-se diferentes reverberações, sendo para cada instrumento, três exemplos: o primeiro simulando um ambiente com baixo tempo de reverberação, o segundo com um intermediário, e o terceiro com um RT (*Reverberation Time* ou Tempo de Reverberação) elevado.



**FIGURA 5** – Interface do programa *Cool Edit Pro*.  
**FONTE:** O autor.

Para a elaboração do questionário utilizou-se a ferramenta do *Google Docs* que permite criar pesquisas do tipo *survey*. Ela foi escolhida por permitir que as respostas sejam automaticamente tabuladas assim que cada indivíduo concluir o questionário, em uma interface virtual na forma de uma planilha. A ferramenta é passível de acesso através de qualquer computador e é restrita ao pesquisador.

Apesar de sua eficiência, o *Google Docs* não permite incluir nele próprio os exemplos de áudio. Para tornar isso possível essa ferramenta foi

inserida em um *blog* que pode ser visualizado no endereço <www.abramus.blogspot.com>.

O modelo do questionário desse *site* está no APÊNDICE 1.

**QUESTIONÁRIO SOBRE ACÚSTICA EM SALAS DE ENSINO DE MÚSICA**

Parte da pesquisa QUALIDADE ACÚSTICA EM SALAS DE ENSINO DE MÚSICA do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil - PPGCC - da Universidade Federal do Paraná.

**QUESTIONÁRIO**

Obrigado por acessar esse questionário!  
A partir de agora você deverá responder uma série de perguntas que serão de fundamental importância em uma pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – PPGCC – da Universidade Federal do Paraná, para levantarmos seu entendimento e sua preferência salas de ensino de música.

Inicialmente, gostaríamos que você respondesse algumas questões sobre sua percepção e avaliação de suas aulas e espaços onde leciona. Depois de responder todas as perguntas clique em continuar. Na sequência você responderá algumas questões sobre alguns exemplos sonoros que se encontram na barra ao lado direito da página. Por favor, siga as instruções e só utilize os exemplos quando solicitado.

Desde já agradecemos por sua participação.

\* Required

**CANTO**

Teste volume:

Exemplo 1:

Exemplo 2:

Exemplo 3:

**FLAUTA**

**FIGURA 6** – Site que contém o questionário voltado aos professores de música.  
**FONTE:** O autor

### 1.7.1. Evento de capacitação

Com a característica de ser uma pesquisa-ação, as palestras foram abertas para professores de música, músicos e também para alunos de música e professores que não são necessariamente formados nesse campo, mas que deverão lecionar conteúdos de música, por exemplo, dentro de sua disciplina de Artes, já que a Lei Federal 11.769 exige que o conteúdo de música seja lecionado no ensino básico. Isso seria uma forma de capacitação desse público mesmo que a opinião desses indivíduos não seja considerada no levantamento de dados. Da mesma forma o vídeo com o conteúdo da palestra fica disponível para qualquer indivíduo pelo *YouTube*.

O discurso inicia-se com uma breve apresentação do autor, da pesquisa e onde ela se enquadra. Basicamente, são apresentados a problematização, os objetivos e as justificativas do presente trabalho. Aqui, foi tomado o cuidado de não expor todos os pressupostos contidos no item 1.2, pois como é dito que não há um consenso entre os professores de música seria passível que houvesse más interpretações.

Para tornar a exposição mais atraente aos ouvintes, optou-se por apresentar os vários períodos da história da música, em ordem cronológica<sup>5</sup>, apresentando exemplos com vídeos e áudios de peças significativas de cada época e que auxiliassem na explicação do vocabulário descritivos da acústica de ambientes fechados, que foi inserida no decorrer da apresentação.

A seguir será transcrito o conteúdo da palestra.

Introduz-se o assunto com breves citações sobre o que é música:

Tal termo é originário do grego *musiké téchne* que significa arte das musas, pois na Grécia Antiga seriam elas que se especializavam na técnica da execução de instrumentos.

A música é considerada uma prática cultural e não se conhece nenhuma civilização ou agrupamento humano que não possua manifestações musicais próprias.

Tecnicamente, e segundo o dicionário Aurélio, música é a arte de combinar sons. Mais especificamente, é a combinação de momentos de som com momentos de silêncio organizados ao longo do tempo.

A partir de então, faz-se o sobrevôo histórico sobre a música<sup>6</sup>:

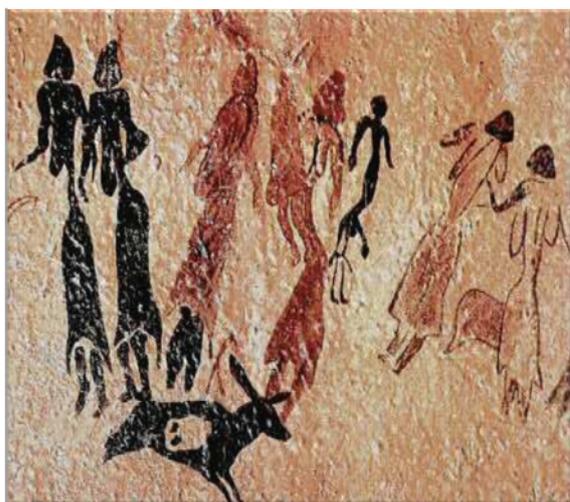
---

5 Tomou-se como base norteadora dessa explicação o artigo: SCHMID, Aloísio Leoni. Adequação acústica dos espaços para a música. Seleção de exemplos históricos de música e arquitetura como apoio à aprendizagem. *Arquitextos*, São Paulo, 12.135, Vitruvius, jul. 2011. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.135/4008>>. Acessado em: 20.out.2011.

6 Aqui trata-se da concepção ocidental de história da música.

Não se pode afirmar quando a música surgiu. Na pré-história, existem apenas indícios, como por exemplo, em pinturas rupestres onde aparecem figuras que parecem estar dançando e cantando (FIGURA 7).

Na Antiguidade temos evidências bastante claras de que a música existia. Como exemplo, a FIGURA 8 mostra a existência de instrumentos musicais. Entretanto, não há informações de como era essa música, pois até onde se sabe, não são conhecidas formas de representação musical desta época.



**FIGURA 7** – Pintura rupestre  
**FONTE:** História da Música, 2009



**FIGURA 8** – Música no Egito Antigo.  
**FONTE:** Agência da arte, 2007

Portanto, é a partir da Idade Média que estuda-se a história da música. Nesse período os estilos mais importantes são a música sacra e a secular.

Em um primeiro momento, a música sacra é representada pelo canto gregoriano, que é considerado a forma mais antiga de música ainda praticada (CARPEAUX, 1999). O nome vem do papa Gregório I (540-604) que criou algumas regras para a música dentro da Igreja e as divulgou. Nesse estilo a liturgia é cantada em uma só voz ou em coro em uníssono, ou seja, todos seguem a mesma melodia, sincronizados. O ritmo segue a leitura do texto sacro e as melodias são improvisadas dentro das regras estabelecidas.

O andamento é lento e isso se explica, em partes, pelo espaço onde essa música era executada. Tais locais eram as igrejas românicas da época que posteriormente evoluíram para as igrejas góticas (FIGURA 9). Ambos os

estilos compreendem espaços com grande volume, em que a pedra é estrutura e também revestimento. Agora, imaginemos a leitura de um texto em um ambiente como este. Certamente seria pouco compreendido, pois em um andamento normal de fala os sons das palavras se sobreporiam uns aos outros devido ao elevado tempo de reverberação desses ambientes. O canto gregoriano foi uma forma de proporcionar a compreensão das mensagens da liturgia católica.



**FIGURA 9** – Interior da catedral de Notre Dame – Paris.  
**FONTE:** O autor

Nesse momento da palestra, foi exposto o que é “reverberação” conforme será explicado no item 2.1.2. Além disso, é válida a explicação da diferença entre “eco” e “reverberação”. Para haver eco deve-se haver uma diferença de pelo menos 0,05 segundo entre um som que chega diretamente aos ouvidos e o mesmo som que chega a partir de reflexões em alguma superfície, sem haver nenhuma outra frente de onda entre elas. Com diferenças menores que essa o cérebro humano interpreta como sendo o mesmo som prolongado, caracterizando reverberação.

Também foi apresentado o que é “vivacidade”, conforme o item 2.1.3.

O outro estilo musical medieval estudado é a música secular, aquela que ocorria fora da Igreja e representada pelos trovadores. Estes eram indivíduos, tanto de origem nobre quanto popular, que entoavam cânticos de amor, fé, guerra, pastoreio entre outros temas. Acredita-se que esse estilo era principalmente executado ao ar livre. As ilustrações da época representam essa situação e a utilização de instrumentos como tambores reforçam essa idéia por possuírem grande potência sonora e predominância de sons graves – mais propícios a percorrer maiores distâncias, por serem menos absorvidos pelo ar.

A grande contribuição musical do trovadorismo é a polifonia. O advento da notação ou escrita musical, no século XI permitiu uma precisão rítmica para que diferentes vozes fossem organizadas criando assim uma harmonia.

Na Renascença, há uma melhoria dos instrumentos e fora da Igreja a música (mais aberta a experimentações e inovações) busca ritmos mais rápidos e complexos e a polifonia se torna mais frequente. A música secular influencia a Igreja e a polifonia é inserida na música sacra.

A música polifônica vai se elaborando, em uma mesma peça vozes diferentes vão sendo executadas, entoando textos diferentes e muitas vezes inclusive em línguas diferentes. Por exemplo, na peça *Contrapuncto Bestiale* de Adriano Banchieri (1568 – 1634) chega-se ao extremo de imitar miados, latidos e grunhidos de animais. Por estes motivos, chega-se a um ponto em que a polifonia é proibida pela Igreja. A música se torna tão confusa que vai contra objetivo principal de transmissão da liturgia.

Entretanto, Giovanni Pierluigi da Palestrina (1525-1594) mostrou que era possível tolerar a polifonia dentro da Igreja. Ele buscou trabalhar com uma polifonia de extrema pureza e beleza etérea e, o mais importante, preservando a clareza, característica, esta, que é explicada com detalhes no item 2.1.5.

Usualmente é dito que um dos últimos sopros da música da Renascença é a primeira apresentação da comédia musical *L'Amfiparnaso*,

*commedia harmonica* de Orazio Vecchi (1550-1605) em 1594 (coincidentalmente, o ano em que morre Palestrina). Nela os atores encenavam somente com mímicas, enquanto seus papéis eram cantados por corais polifônicos com 4 ou 5 vozes. Nessa peça percebe-se (agora fora da Igreja) que a polifonia já não era coerente. Anos mais tarde, em 1607, Claudio Monteverdi apresentou a peça *Orfeu* que é considerada um marco de nascimento do estilo barroco. Nasce então a Ópera, estilo em que são permitidos personagens cantando melodias individuais, uma de cada vez.

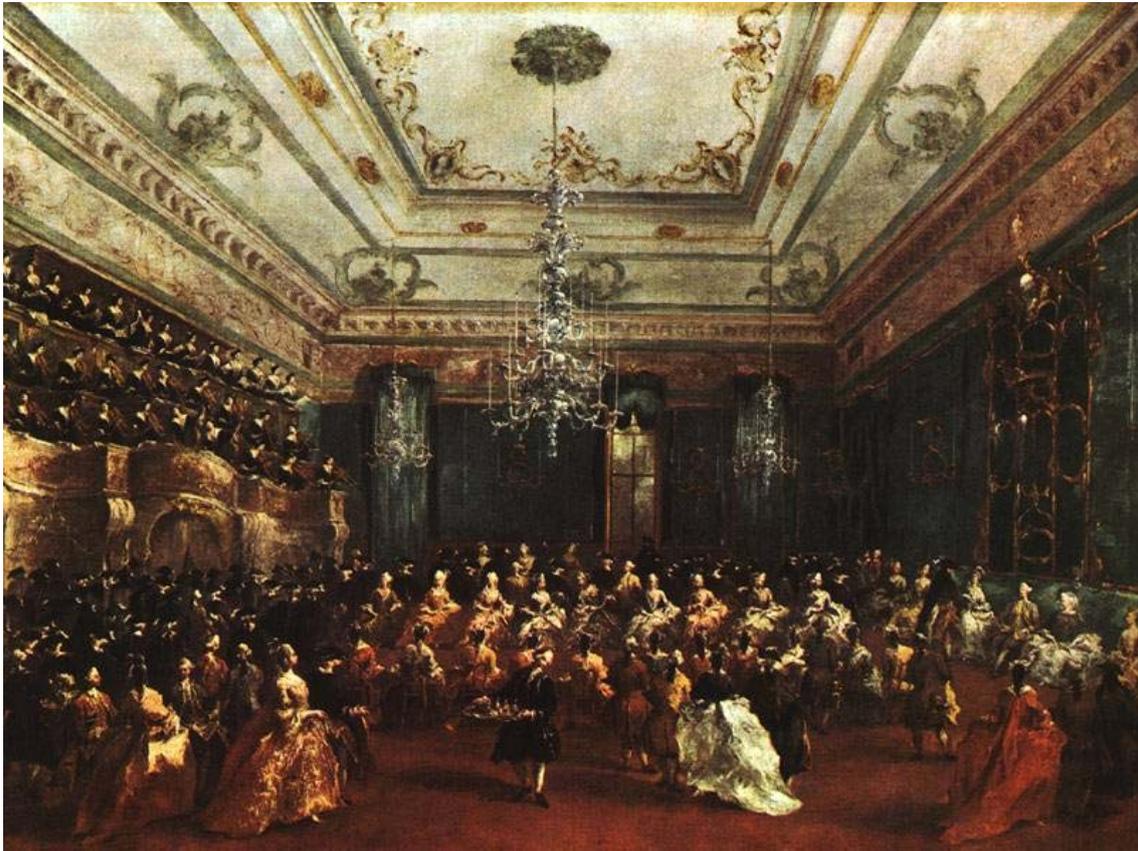
No período Barroco, as artes visuais (por exemplo, a arquitetura) possuem características como o ornamento, o rebuscamento, o ofuscamento. Já não se pode afirmar o mesmo com relação à música. Busca-se majoritariamente a simplicidade contraposta ao exagero do período anterior.

A música barroca se desenvolve principalmente como monódia, que é exatamente o contrário da polifonia. A contradição comum às artes visuais, na música instrumental, aparece de forma temporalmente organizada como contraste, por exemplo: o forte e o *piano*, *allegro* e o *adagio*, tom maior e tom menor, a clara divisão entre a orquestra e o solista.

Essas características do Barroco fazem com que a música soe adequada em espaços grandes, como em igrejas e em salões de palácios. Nestes espaços, várias obras de Antonio Vivaldi (1678-1741) foram apresentadas. Ele era diretor e compositor do orfanato *Ospedale della Pietá*, onde normalmente mães solteiras deixavam suas filhas, comumente oriundas de pais aventureiros que visitavam a cidade de Veneza para a festa do Carnaval.

Para essas garotas, Vivaldi escreveu mais de 600 concertos instrumentais os quais elas apresentavam em vários palácios para o deleite da corte. Uma pintura de Francesco Guardi (FIGURA 10), embora posterior à morte de Vivaldi, retrata tal orquestra feminina, podendo-se notá-las em um balcão e a corte no salão. É uma sala relativamente grande, e analisando rapidamente seus materiais de revestimento e seu volume pode-se calcular

aproximadamente seu tempo de reverberação. Nesse caso, Schmid (2011) chega à aproximação de 3 segundos de reverberação para 1000 Hz.



**FIGURA 10** – Pintura de Francesco Guardi, *Concerto di dame al cassino Del Filarmonici*.  
**FONTE:** Ibiblio, 2002

Johann Sebastian Bach (1685-1750) leva a música barroca ao seu auge retomando a polifonia que estava em desuso. Suas obras são consideradas as melhores peças polifônicas por sua complexidade matemática, e além disso são ricas em gênero e variedade. Compôs música para órgão, para dois violinos e orquestra, concertos para um até cinco cravos, entre outros.

Uma de suas obras mais famosas é a composição para órgão chamada de *Toccat e Fuga* em Ré menor (FIGURA 11). Esse exemplo talvez seja um dos mais claros para se entender “reverberação” e como tal parâmetro acústico influencia na interpretação musical. Ouvindo-a em um espaço adequado, ou seja, com um longo tempo de reverberação, as longas pausas dos primeiros compassos fazem sentido, pois são preenchidas pela reverberação dos últimos acordes. Isto certamente não faria sentido se

executada em um local seco (com baixo tempo de reverberação) onde as pausas pareceriam um exagero do compositor.



**FIGURA 11** – Catedral de Arnstad, Alemanha. Local onde Bach possivelmente escreveu *Toccat e Fuga* em Ré menor.  
**FONTE:** Dreamstime, 2011.

É válido conferir essa diferença de execução em um ambiente reverberante e outro seco. Pode-se encontrar tais exemplos na rede mundial de computadores através dos *links*, respectivamente:  
<<http://www.youtube.com/watch?v=JEqPahddpYk>> e  
<<http://www.youtube.com/watch?v=B-kFMwbHRQc&feature=related>>.

Nesse momento da palestra, cabe expor os conceitos de “calor” e “brilho” conforme descrito nos itens 2.1.6 e 2.1.7, respectivamente.

Bach também atuou no gênero chamado de música de câmara, isto é, a música tocada nos palácios em salas menores para o deleite de um público mais seleta da corte. Dessa forma, as pessoas ficavam próximas dos músicos e a música era ouvida com “intimismo”. Este é explicado no item 2.1.4.

Um compositor contemporâneo de Bach foi Georg Friedrich Haendel (1685-1779) que na época gozou de muita popularidade em Londres. Para esta pesquisa, suas contribuições mais significativas são duas suítes para o ar livre: a *Música para os Reais Fogos de Artíficos*, que foi apresentada no Green Park em comemoração ao jubileu da Paz de Aachen e final da Guerra dos 30 Anos; e a *Música Aquática*, que foi um pedido do Rei Georg I para afirmar seu poder perante seus súditos, onde os músicos navegaram pelo rio Tâmis fazendo esse cortejo.

Mesmo ao ar livre pode-se supor que os compositores, ao escrever uma música, tinham em mente o local onde esta seria executada. Em ambos os exemplos, nota-se algumas estratégias para essa música tocada ao ar livre – logo, sem brilho nem calor. No primeiro, para a música ser ouvida em um grande raio foi necessário uma grande orquestra e, como nesse espaço não há reverberação, adotou-se uma caixa fazendo repique que preenche os vazios, um ritmo mais acelerado e uma melodia mais trabalhada e quase sem interrupções. No segundo, percebe-se a forte presença dos graves, que se propagam melhor ao ar livre do que sons agudos.

No período seguinte, o Classicismo, há três grandes nomes: Joseph Haydn (1732-1809), Wolfgang Amadeus Mozart (1756-1791) e Ludwig van Beethoven (1770-1827), que exploraram gêneros como a ópera, música de câmara e música sacra.

Somado à genialidade desses compositores, o grande préstimo desse período foi o surgimento da música orquestral como hoje é conhecida. Paralelamente, ocorreu uma mudança social pela qual a música deixa de ser exclusividade da corte, tornando-se acessível para a burguesia que poderia então comprar ingressos para assistir concertos.

Nas orquestras pré-Classicismo os músicos (poucos em geral) se alinhavam ao redor do cravo (FIGURA 12). No Classicismo estas se tornaram maiores, com inúmeros instrumentos, com uma organização em leque e com ponto focal na figura do maestro. Outra característica deste período é o surgimento do piano, que substituíra o cravo (FIGURA 13).



**FIGURA 12** – Típica orquestra barroca.  
**FONTE:** Freewebs, 2007



**FIGURA 13** – Organização de uma orquestra atual.  
**FONTE:** Alexandroff, 2011

A partir de então, grandes massas poderiam assistir a grandes espetáculos, e espaços de apresentação também foram aumentando em capacidade. Para acomodar orquestras maiores e o público que crescia, assim como a popularidade da música, necessitou-se de espaços maiores. Nestes, já não podemos falar em intimismo. No século XIX diversas salas de concertos foram criadas ao redor do mundo. Um exemplo é a sala dourada do Musikverein de Viena (FIGURA 14).



**FIGURA 14** – Sala dourada do Musikverein, em Viena.  
**FONTE:** Xarj, 2008

A contraposição desse gênero continuou sendo a música de câmara. Ela mantém caráter intimista, tanto na acústica como, em geral, na sua profundidade, já que nela, os compositores fazem menos concessões ao público. Mas como é uma música que pode ser tocada em uma sala de estar, há poucas informações dos espaços onde eram executadas.

No classicismo, o quarteto de cordas foi a formação mais expressiva para esse gênero. Haydn, Mozart e Beethoven compuseram várias obras para essa formação.

Em meados do século XIX destaca-se um novo período da música: o Romantismo. Pode-se dizer que cada cultura européia tomou um rumo diferente, sendo difícil explorar todas as frentes, mas de modo geral a música romântica se afasta do rigor formal do Classicismo para explorar novos meios expressivos.

Na música sinfônica ainda há a tendência do aumento das orquestras. Busca-se um som possante e a exploração de harmonias e timbres (o último é explicado no item 2.1.11). Pode-se afirmar, também, que a clareza é menos importante que no período anterior.

Surgem nomes que são populares até hoje, como Johann Strauss II (1825-1899), considerado o rei da valsa, e Piotr Tchaikovsky (1840-1893). O segundo compôs um belo exemplo de música para o ar livre, chamada Abertura de 1812. A música remete à batalha entre Napoleão e o Czar russo, e sua abertura é feita pelos violoncelos, ou seja, sons mais graves que são melhor percebidos em espaços abertos, já que o próprio ar pode absorver os agudos. Depois aparecem as trompas, em um rápido motivo em staccato, que ao ar livre pode ser percebido com clareza (já em um ambiente fechado, com um pouco de reverberação, já soariam um pouco borradas). E ao final, conforme consta nas partituras, soa o carrilhão e canhões (sons demasiado fortes para qualquer ambiente interior, e extremamente graves) são disparados, representando o triunfo do Czar.

Nesse período também houve o desenvolvimento do gênero ópera, que ganha popularidade. Os nomes dos compositores mais representativos são Giuseppe Verdi (1813-1901) e Richard Wagner (1813-1883). Os textos, que deviam ser compreendidos, exigiram da arquitetura locais secos (com pouca reverberação) e que proporcionassem clareza. Isto era permitido pelo uso do carpete e veludo em cortinas e estofados, além da forma em ferradura, que melhora a absorção do som.

Wagner, que não apenas compunha como também projetava os cenários, por exemplo, patrocinado pelo rei Ludwig II da Baviera, concebeu e construiu sua própria casa de ópera, onde ele introduziu novos elementos, como o fosso para a orquestra ficar escondida. Ele foge um pouco do conceito de locais secos para ópera, buscando leve reverberação para conseguir dar efeitos de clímax mais facilmente.

No final do século XIX, no chamado Romantismo Tardio, tende-se ao exagero. As obras musicais tornam-se longas e por vezes muito fortes, orquestras se tornam gigantescas, exigindo grandes palcos e consequentemente salas bastante reverberantes. Nessa época, Richard Strauss (1864-1949) compôs obra “Assim falou Zarathustra” que ficou famosa por ser utilizada no filme “2001, uma odisséia no espaço” de Stanley Kubrick. A obra foi estreitada na volumosa Sala do Museu, em Frankfurt, e como a *Toccata*

e Fuga em ré menor de Bach, tira partido do espaço através de pausas em que soam acordes e batidas de tímpano.

Na sequência, entrada do século XX, um movimento já difundido nas artes visuais passa a influenciar de maneira perceptível a música: o Impressionismo. Nesse buscava-se tentativas conscientes de causar sensações, muitas vezes explorando-se os timbres.

Uma obra que representa isso é o Bolero de Maurice Ravel (1875-1937), no qual uma orquestra inteira é utilizada para explorar o timbre e a intensidade, tocando o mesmo tema repetidamente alternando os instrumentos e num gradual crescendo até no final todos tocarem juntos. Não há conseqüências claras para a acústica, mas o período deve ter colaborado para um maior refinamento.

No decorrer do mesmo século acontecem significativas mudanças para a música. Com o avanço da tecnologia surge a música eletrônica como um gênero na música erudita e também a música popular que utiliza violões elétricos, guitarras, microfones, amplificadores, etc (FIGURA 15).



**FIGURA 15** – Utilização de meios eletrônicos na música.  
**FONTE:** Blogspot, 2011

A partir desse momento a música começa a se dissociar da arquitetura. Os instrumentos podiam ser amplificados, efeitos podiam ser adicionados, por exemplo, produzir reverberação mesmo em ambientes ao ar livre, ou ouvir na música um cantor sussurrando, que seria impossível outrora.

Outra mudança ocorre na forma de ouvir música, evoluindo dos rádios até os atuais aparelhos de música pessoal, como o *Ipod*. Com o fone de ouvido, ocorre a libertação completa da arquitetura sobre a música.



**FIGURA 16** – Aparelho de rádio.  
**FONTE:** Radioantigo, 2011



**FIGURA 17** – Aparelho de música pessoal,  
*Ipod*  
**FONTE:** lhelpbr, 2011

Após tantas transformações, ainda assim considera-se que a acústica de salas não deixou de ser importante. Talvez tenha sido deixada de lado. E este estudo busca mostrar sua importância e sua utilidade ainda hoje.

## **1.8. Método de análise de dados**

A análise de dados visa traduzir as opiniões e informações, se possível, em números. Ao menos, procura-se classificá-las e analisá-las, buscando chegar ao ponto de quantificar as características acústicas preferenciais em uma sala destinada ao ensino e prática musical. Entretanto neste trabalho não há a pretensão de fazer uma pesquisa de representatividade estatística devido a dois motivos. O primeiro é o tamanho do universo de pesquisa, ou seja, o número de professores de música no Brasil. E o segundo foi a dificuldade encontrada na adesão de respondentes, ou seja, o fato do pequeno tamanho da amostra utilizada no *survey*.

Para organizar pesquisas de opinião utiliza-se uma escala de resposta psicométrica chamada escala de Likert. Ao responderem a um questionário

baseado nessa escala, os perguntados especificam seu nível de concordância com uma afirmação.

São muito utilizadas as escalas com cinco categorias, como por exemplo: 0-discordo totalmente; 1-discordo parcialmente; 2-indiferente; 3-concordo parcialmente; 4-concordo totalmente. Entretanto em alguns casos é válido remover a categoria central e utilizar somente quatro categorias, pois os respondentes acabam demonstrando uma tendência de posicionamento.

Assim, são traduzidos dados de julgamento para uma escala, relacionando palavras a números.

Após a coleta, os dados foram tabulados em planilha eletrônica de cálculos para avaliação dos resultados. Assim, feita esta análise quantitativa, buscou-se identificar os parâmetros preferenciais e tecer análises comparativas entre as respostas da amostra observada.

Além disso, foi realizada uma análise qualitativa ao observar os respondentes individualmente, fazendo relações entre diferentes respostas do mesmo indivíduo.

Posteriormente, buscou-se fazer uma comparação entre os valores preferenciais obtidos pela literatura técnica e o levantamento executado sobre a amostra, e então uma análise e uma conclusão foram tecidas, a fim de encerrar um ciclo, ou seja, respondendo a questão feita no início do trabalho - quais seriam os critérios acústicos preferenciais em uma sala de ensino de música para um aprendizado de qualidade?

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A música é a arte de coordenar fenômenos acústicos para produzir efeitos estéticos. Intrinsecamente relacionada a ela está a Acústica, que é o ramo da Física que estuda o som.

A música pode ocorrer em locais que se classificam basicamente em abertos ou fechados (existem situações intermediárias, como os recintos urbanos ou salas com portas e janelas abertas). Nesta pesquisa é dada atenção ao segundo caso, mais precisamente em espaços fechados onde a música é ensinada e praticada.

Tradicionalmente, instrumentos como metais e percussão possuem uma história de execução ao ar livre devido ao fato de produzirem uma pressão sonora elevada.

Para pensar construtivamente sobre essas salas é necessário o domínio sobre dois campos específicos do conhecimento: o primeiro é a acústica das salas e o segundo a acústica musical.

Segundo Geerdes (1991), a acústica de salas é o estudo de como o som responde em um ambiente arquitetônico particular, enquanto acústica musical é o estudo da física do som.

Ondas sonoras podem ser absorvidas ou refletidas dependendo da forma e composição da superfície em que chegam. Os ouvintes recebem uma mistura do som direto e refletido e é importante que se observe certa proporção entre eles, especialmente em salas de performance musical.

Esta proporção dependerá do repertório, e isto inclui gênero, estilo, andamento, e também interpretação. Há obras musicais que se beneficiam do ataque; outras, da reverberação. Existem correntes interpretativas que exageram na velocidade dos andamentos em concertos do barroco, fundamentando tal atitude na busca do virtuosismo. Outras preferem, para as mesmas peças, andamentos mais moderados, priorizando outros recursos expressivos como timbre e articulação.

Os sons são influenciados pela área, volume e geometria de uma sala, e também pela natureza absorvedora ou refletiva das paredes, chão e forro. Acabamentos e os ocupantes na sala também afetam a acústica.

Em uma sala de concertos é necessária reverberação: a continuação do som após a fonte de emissão ser cessada (GEERDES, 1991). Quanto maior o espaço ou menor a área efetiva de absorção do som pelos materiais contidos neste, mais reverberante este poderá ser. Espaços grandes são recomendados para exibição de corais ou de órgão. Espaços menores ou menos reverberantes são mais apropriados para a fala.

Ou seja, a reverberação de uma sala deve ser adequada ao uso a que é destinada. Segundo Building Bulletin 93 (2003), para uma sala destinada à fala, a acústica deve ser “seca”, com pouco tempo de reverberação e possuir pequeno volume. Já uma sala para música deve ser “viva” e possuir um volume maior do que a sala anterior.

Frequentemente música precisa ser apresentada em espaços planejados para fala e vice-versa. Se apresentada uma palestra em espaços muito reverberantes, por exemplo, o prolongamento do som pode causar a sobreposição das sílabas, o que prejudica o entendimento. Da mesma forma, se uma performance musical for executada em uma sala “morta”, ou “seca”, parecerá fracionada e sem vida. Esses conceitos subjetivos foram formulados por Leo Beranek (1962) e serão melhor explicados a seguir.

Uma sala que servirá para mais de um propósito precisa incorporar uma flexibilidade acústica, ou seja, deve ser ajustável para que funcione para todos os usos. Isto é possível mediante alteração do volume da sala, mediante paredes ou teto móveis, ou ainda mediante alteração das superfícies, em que se pode recorrer, por exemplo, ao acionamento de cortinas ou painéis pivotantes.

Mesmo o uso sendo o mesmo, ensaio de música, por exemplo, McCue e Talaske (1990) dizem que se uma grande variedade de tipos de conjuntos musicais ensaiarem em um mesmo espaço, este deve ser ajustável, com um grande número de elementos móveis. Mesmo ao se falar de uma sala

destinada a um único conjunto ela deverá ainda ser adaptável para que possa acomodar vários estilos musicais.

Além das diferenças acústicas entre salas para discurso e salas para música, existem também diferenças entre salas de música para apresentação e de ensaio/ensino.

Muitos maestros de conjuntos profissionais afirmam que a acústica de salas de ensaio e ensino de música deve ser idêntica ao espaço de apresentação de sua performance musical. Entretanto, muitos educadores musicais acreditam que esta filosofia de ensaio não possa ser abraçada, pois seus alunos ainda não desenvolveram hábitos de discriminação auditiva e afirmam que músicos inexperientes que ensaiam em salas menos reverberantes, mas com boa difusão sonora, tendem a fazer progressos mais rápidos (McCUE & TALASKE, 1990).

Geerdes (1991) concorda com os educadores quando afirma que em salas de ensaio não se deveria tentar reproduzir o som de um auditório, pois os músicos estão aprendendo, ensaiando, e a clareza e a definição são mais importantes do que a satisfação auditiva, para que os músicos possam detectar falhas que em salas reverberantes podem não serem percebidas.

## **2.1. Parâmetros acústicos subjetivos**

Para poder falar sobre acústica de salas, Beranek (1962) elencou uma série de parâmetros para descrever as qualidades acústicas de um ambiente fechado. Entre eles: vivacidade, calor, brilho, nível do som direto e reverberante, intimismo, clareza, impressão espacial, timbre, retorno, ausência de eco, qualidade tonal, difusão, mistura, equilíbrio, conjunto, ruído, ataque, uniformidade e distorção. Serão apresentados os conceitos mais relevantes, já que alguns se apresentam como ambíguos ou interdependentes.

Segundo Figueiredo, Iazzeta e Masiero (2004), tais parâmetros têm relação com a natureza subjetiva, o que significa que estão relacionados com a sensibilidade e percepção dos indivíduos em um determinado ambiente.

Os parâmetros subjetivos podem ser relacionados com parâmetros objetivos, ou seja, propriedades físicas do som mensuráveis. Obtendo medidas quantitativas pode-se verificar a qualidade acústica de uma sala e obter valores ideais para uma sala de ensino de música, o que é o objetivo do presente trabalho.

Para tanto, é preciso esclarecer os parâmetros objetivos em uma sala, pois é frequente a falta de precisão e objetividade das avaliações de indivíduos por não compreenderem muito bem do que se trata e qual vocabulário utilizar para se expressar.

### **2.1.1. Som direto, *Early sound*, Som reverberante**

Cabe aqui caracterizar algumas diferenças entre sons.

Som direto é aquele que chega primeiro ao ouvinte e que vem diretamente da fonte. Para uma boa acústica de uma sala, este som deve ser adequado. Se ele for muito fraco pode ser mascarado por ruídos de uma platéia, por exemplo, ou por um som reverberante o que resultaria em uma perda de clareza (que é explicada a seguir no item 2.1.5). Se for muito forte ele pode ser extremamente desconfortável de se ouvir.

*Early sound* é o som direto somado a todas as reflexões que chegam ao ouvido do ouvinte nos primeiros 80ms após a sua chegada. Normalmente são ondas que incidiram em apenas uma superfície durante sua trajetória até o ouvinte.

O som reverberante, por sua vez, inclui todas as reflexões que chegam depois dos primeiros 80 ms.

### **2.1.2. Reverberação**

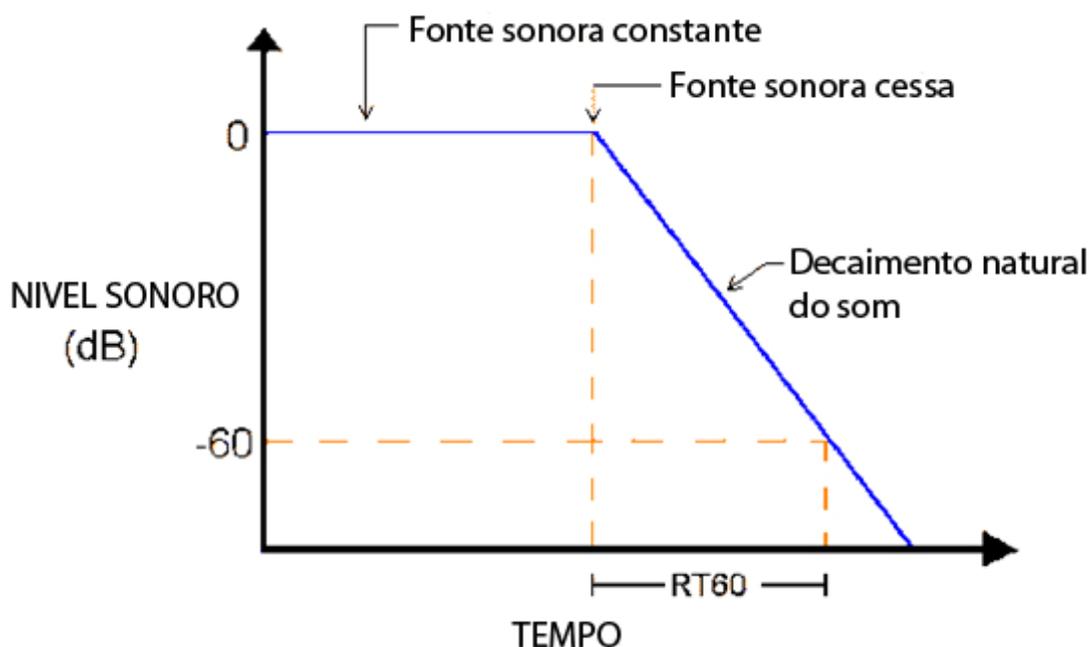
É chamada reverberação a continuação de um som após o cessar da fonte que o emitiu, o que ocorre em espaços fechados, nos quais o som é

refletido por diversas superfícies. Esta reflexão faz com que o som percorra maiores distâncias do que o som direto, demorando mais para atingir o ouvinte.

O tempo de reverberação (*Reverberation time* ou RT) é o tempo que um som leva, em um espaço fechado, para ficar praticamente inaudível após sua fonte parar de produzi-lo. Mais especificamente, é o tempo que um som leva para decair 60 dB (um milhão de vezes abaixo da potência máxima medida) após a fonte cessar (como ilustra a FIGURA 18), o que é chamado de processo de decaimento do som (*sound decay process*).

Beranek (1996) cita que as mais famosas salas de concerto possuem RT de frequências médias (entre 350 e 1400 Hz – ver ANEXO 1 e 2) entre 1,8 e 2,0 segundos. Além disso, recomenda que o RT de frequências baixas (menores que 500 Hz) seja aproximadamente 1,2 vezes o valor de frequências de 500 a 1000 Hz.

Esse assunto é aprofundado no item 2.2.1.



**FIGURA 18** – Definição do RT60  
**FONTE:** Somaovivo, 2010.

### **2.1.3. Vivacidade (*Liveness*) e Frequências médias (*mid-frequencies*)**

Uma sala “viva” possui um longo tempo de reverberação, já uma sala com um tempo de reverberação curto é chamada de “morta” ou “seca”.

A vivacidade corresponde geralmente a tempos de reverberação de frequências entre 350 e 1400 Hz (frequências médias). Normalmente, é nessa região de frequência que as pessoas possuem uma audição mais aguçada.

A vivacidade concede "preenchimento sonoro" (*fulness of tone*) à música tocada em uma sala.

Segundo Beranek (1996), que descreveu os parâmetros para salas de concerto e apresentação, para que uma sala seja viva, o RT das frequências médias deve ser de 1,5 a 2,2 segundos.

### **2.1.4. Intimidade ou presença (*intimacy or presence*) e *Initial-Time-Delay Gap* (ITDG)**

Uma sala dita “íntima” é aquela que dá a impressão de que a música tocada em seu interior está sendo reproduzida em um ambiente pequeno.

O grau da intimidade musical em um espaço corresponde a quão cedo chega ao ouvido de um ouvinte a primeira reflexão depois do som direto. Esse tempo que demora entre a chegada do som direto e do primeiro som refletido é chamado de *Initial-Time-Delay Gap* ou ITDG. Quanto menor o ITDG maior a intimidade. Músicos apontam que as mais apreciadas salas com intimidade possuem ITDG em 25 ms ou menos.

Normalmente a primeira reflexão chega das paredes laterais ou um balcão frontal. Assim, para um baixo ITDG a sala deve ser estreita e possuir paredes laterais paralelas e próximas.

### **2.1.5. Definição ou Clareza (*definition or clarity*)**

A música tocada em uma sala com boa definição soa de forma limpa, enquanto a tocada em uma sala com definição precária soa confusa ou “turva” (fazendo uma analogia com o sentido da visão). Tecnicamente pode-se dizer que clareza é o grau com que cada ouvinte pode distinguir sons em uma performance musical. Esta definição pode ser classificada de duas formas: horizontal, relativa a tons tocados em sucessão, e a vertical, relativa a tons tocados simultaneamente.

Segundo Figueiredo, Iazzetta e Masiero (2004), os primeiros 50 ms após a chegada do som ao ouvido são particularmente importantes para certas propriedades da percepção sonora, entre elas a clareza. Além disso, a reverberação é o atributo decisivo para este parâmetro subjetivo. Quanto maior reverberação menor a clareza, principalmente com relação a inteligibilidade da fala. Por exemplo, um padre falando em uma igreja muito reverberante pouco se entenderá, pois as sílabas ouvidas decorrentes das reflexões vão se sobrepondo sobre as oriundas do som direto sucessivamente.

Beranek (1962) vai mais além ao dizer que existem quatro fatores, além da velocidade em que uma música é tocada, que afetam a clareza do som em uma sala. O primeiro é o ITDG que se for curto o suficiente a primeira reflexão adiciona força ao som direto aumentando a clareza. O segundo, o som direto deve ser suficientemente intenso. O terceiro, o som reverberante não pode ser tão forte que mascare o som direto. E por último, não deve haver ecos para se garantir uma boa definição do som em uma sala.

### **2.1.6. Calor (*Warmth*)**

O calor está relacionado com a duração dos sons de baixa frequência quando uma orquestra está tocando, por exemplo. Tecnicamente, “calor” na música é determinado pela presença dos tons baixos (menores que 250 Hz).

Músicos às vezes descrevem como “escura” ou “quente” uma sala que possua um baixo muito forte. Isso ocorre quando as altas frequências são

atenuadas por cortinas, carpetes ou outros materiais absorvedores de som na sala. Por outro lado, uma sala não terá “calor” suficiente se as paredes forem revestidas de painéis de madeira, por exemplo, que absorvem baixas frequências.

Para que um som se perceba como “quente” é preciso que o tempo de reverberação das frequências baixas em uma sala seja 1,2 vezes maior do que das frequências médias, diz Josse (1975).

#### **2.1.7. Brilho (*Brilliance*)**

O brilho de uma sala está relacionado com as frequências altas e o seu baixo decaimento. De acordo com Figueiredo, Iazzetta e Masiero (2004), é afetado pelo tempo entre a chegada do som direto e das primeiras reflexões e também pela razão entre os tempos de reverberação das frequências médias e altas.

#### **2.1.8. Espacialidade (*Spaciousness*)**

Esse fenômeno está relacionado com as reflexões do som dentro de uma sala. É o efeito que elas causam no ouvinte por chegarem até este de várias direções, dando uma impressão espacial. Isso se deve à diferença de sons captados por cada ouvido de um indivíduo.

#### **2.1.9. Envolvimento (*Envelopment*)**

Envolvimento se refere ao grau no qual o som reverberante parece cercar o ouvinte, que vem de todas as direções ao invés de direções limitadas.

Este fenômeno está relacionado com a difusão. A presença de qualquer irregularidade significativa e de ornamentação nas paredes laterais, teto, e balcões (no caso de salas de concerto) irá ajudar a espalhar as reflexões de som em todas as direções.

#### **2.1.10. Força do som e intensidade (*Strength and loudness*)**

A palavra intensidade, como empregada na acústica, tem uma forte semelhança com o uso do termo feito por leigos: a percepção subjetiva do volume ou força de um som em nossos ouvidos. Essa força é medida em decibels (ver ANEXO 3).

Pode-se estimar níveis diferentes de intensidade sonora de sala para sala, dependendo da forma de cada uma. Um som emitido uniformemente em uma sala de concerto de 1.000 ouvintes seria mais intenso do que em uma sala de 3.000 a 5.000 se ambas as salas tiverem o mesmo tempo de reverberação. A música também soa mais intensa em uma sala reverberante do que em uma sala morta ou seca do mesmo tamanho.

#### **2.1.11. Timbre e coloração**

Timbre é a qualidade do som que diferencia um instrumento de outro ou uma voz de outra. Por exemplo, um Dó central (C4) no piano equivale a uma frequência de 261 hz assim como um dó no violino, entretanto pode-se diferenciar claramente o timbre de um instrumento do outro. Esta diferença está relacionada com os harmônicos que cada um desses instrumentos excitam ao tocarem a mesma nota fundamental.

Coloração descreve o equilíbrio entre as intensidades de baixas, médias e altas frequências e o ambiente acústico em que a música é produzida a afeta. Se, por exemplo, uma sala amplifica somente o som agudo, ocorre um desequilíbrio de frequências que pode prejudicar a música. Se as paredes do palco ou o teto direcionam o som para apenas certas partes da sala, a coloração será afetada de forma diferenciada.

#### **2.1.12. Reflexo/brilho acústico: (*acoustical glare*)**

Se as paredes laterais de uma sala são planas e lisas e estão posicionadas de tal forma que produzem reflexões precoces do som, este pode

assumir qualidade frágil, dura, ou áspera. O reflexo/brilho acústico pode ser evitado, quer por adição de irregularidades de pequena escala às superfícies ou curvando-as. Nos séculos XVIII e XIX, talhas barrocas e ornamentações de gesso providenciavam pequenas irregularidades nas superfícies refletoras de som, o que reduzia o brilho de forma muito eficaz.

O quadro a seguir relaciona algum parâmetro subjetivo com um índice objetivo:

| Parâmetro Subjetivo | Índice Objetivo | Expressão Física  |
|---------------------|-----------------|---|
| Vivacidade          | RT 60           | Schroeder (1965)  |
| Calor               | BR              | $\frac{RT_{125} + RT_{250}}{RT_{500} + RT_{1000}}$                                      |
| Brilho              | TR              | $\frac{RT_{2000} + RT_{4000}}{RT_{500} + RT_{1000}}$                                    |
| Nível de som        | L               | $10 \log [ E_d / E_r ]$   |
| Intimismo           | ITDG            | $t_d - t_r$   |
| Clareza             | C50             | $10 \log \left[ \frac{\int_0^{50ms} p^2(t) dt}{\int_{50ms}^{\infty} p^2(t) dt} \right]$ |

**QUADRO 1**– Parâmetros acústicos e suas expressões matemáticas  
 FONTE: Figueiredo, Iazzetta e Maseiro, 2004

Sendo que:

RT60 é o tempo de reverberação, ou seja, o intervalo de tempo que o sinal sonoro leva para decair em 60 dB;

RT<sub>125</sub>, RT<sub>250</sub> e RT<sub>500</sub> são os tempos de reverberação das frequências 125 Hz, 250 Hz e 500 Hz, respectivamente;

BR é a razão de graves (*bass ratio*);

TR é a razão de agudos (*treble ratio*);

$t_d$  é o instante em que o som direto chega em determinado ponto e  $t_r$  é o instante em que chega a primeira reflexão, e a diferença entre esses dois instantes é o ITDG (*initial time delay gap*);

$E_d$  e  $E_r$  são energia de som direto e reverberante, respectivamente;

$p(t)$  é o valor da pressão acústica em um determinado instante;

Clareza C50 é a razão da energia que chega nos primeiros 50 ms pela energia total. Clareza C80 toma como medida os 80 ms;

## 2.2. Características acústicas desejáveis

Ribeiro, Cardoso e Santos (2008) citam uma frase de Cyril Harris<sup>7</sup>: “as escolas têm como função a promoção da aprendizagem, a qual é majoritariamente conseguida através da comunicação oral e da audição.”

Sendo assim, a acústica desses espaços é uma das propriedades físicas mais importantes para determinar o sucesso de um edifício em cumprir com sua função: a de proporcionar um espaço de ensino e aprendizagem de qualidade. Para tanto, são indispensáveis a eliminação do ruído e a adequação da reverberação em salas de aula para a instrução oral (RIBEIRO, CARDOSO, & SANTOS, 2008). Uma sala sem forro, cortinas, ou algum material absorvedor de som, não serviria para aulas, pois a alvenaria reflete as ondas sonoras e eleva o tempo de reverberação e com isso a voz de um professor, por exemplo, ficaria confusa e pouco inteligível.

Segundo os mesmos autores, as principais deficiências dos espaços de ensino em edifícios degradados, ou que não foram originalmente desenhados para esse fim são: o nível de isolamento sonoro entre os espaços, que então são contaminados por ruídos de outros locais ou do exterior que interferem na concentração; e as más condições acústicas das salas, que comprometem a inteligibilidade da palavra, ou no caso do ensino de música, a correta propagação do som.

---

<sup>7</sup> Professor emérito de arquitetura da Universidade de Columbia, EUA, e PhD em física (especializado em acústica) pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT).

Ao se falar em espaços voltados ao ensino de música, além dessas preocupações é necessário ter em mente outros pontos, como o tipo de instrumento que será tocado e se a sala é destinada ao ensino individual ou coletivo.

Nesses espaços a questão principal é o ambiente acústico, então deve-se considerar a distribuição do som dentro do local, as propriedades materiais das superfícies utilizadas na sala e o controle de ruídos externos. A questão primordial para o sucesso de um ambiente de ensaio é que seja propício para a discriminação da audição, isto é, para que nuances de entonação e outros meandros musicais possam ser ouvidos pelos músicos e condutores (OSAKI & SCHMID, 2009).

Não se pode esquecer também que no caso de salas de ensino de música, ela própria pode ser uma fonte de ruído para as salas e espaços adjacentes.

Segundo o depoimento de vários professores e regentes, salas de ensaio de qualidade melhoram a eficiência dos alunos nos ensaios e eles se sentem mais motivados e exibem melhor comportamento. Um ambiente acústico apropriado para ensaio permite aos músicos que se ouçam e aos outros muito mais facilmente fazendo com que o bom entrosamento e balanço se tornem mais regra do que exceção (McCUE & TALASKE, 1990).

O tempo de reverberação é um dos parâmetros mais importantes a serem levados em conta em salas destinadas ao ensino ou ensaio musical sem amplificação, e é normalmente mais elevado do que nas salas destinadas apenas ao uso da palavra.

Volume e forma das salas também são fatores que influenciam na acústica. Pode-se estabelecer uma relação entre o volume por ocupante no caso de prática coletiva (RIBEIRO, CARDOSO, & SANTOS, 2008). Essa relação do volume de uma sala de ensaio será abordada posteriormente. No caso de salas para prática de instrumentos é importante evitar o paralelismo das paredes para evitar ecos flutuantes que ocorrem quando se observam sucessivas reflexões entre paredes paralelas, e ondas estacionárias que

consistem na superposição de duas ondas de igual frequência, mesma amplitude, direção e comprimento, que se propagam em sentidos opostos, que produzem uma sensação de desconforto auditivo (CARVALHO, 2010).

Além disso, excessiva potência sonora em salas pequenas pode causar danos auditivos, principalmente a professores que possam estar sujeitos a isso dia após dia (McCUE & TALASKE, 1990).

Geerdes (1991) sugere algumas dicas para melhorar a acústica de espaços existentes: pode-se controlar o som em salas muito vivas adicionando painéis absorvedores ou cortinas. Uma sala morta pode ser avivada mediante adição de superfícies refletoras e remoção de carpetes e cortinas. Para adicionar flexibilidade acústica a uma sala com vários propósitos pode-se adicionar cortinas que podem ser retraídas para corais, por exemplo, e estendidas para bandas ou orquestras.

### **2.2.1. Tempo de reverberação e volume de uma sala para ensino e prática de música**

Como já explicado no item 2.1.2, o tempo de reverberação é definido como o tempo necessário para um som decair 60 dB. Esse tempo varia em uma sala dependendo da frequência medida.

De acordo com Building Bulletin 93 (2003), salas para performance musical não amplificadas normalmente necessitam de tempos de reverberação maiores que salas para a oralidade.

Existe uma relação entre reverberação e o volume da sala. De acordo com a fórmula de Sabine, será maior o tempo de reverberação para salas conforme for maior a razão entre volume e capacidade de absorção:

$$RT = 0,161 \times V / A$$

Onde:

V = volume (m<sup>3</sup>)

$A$  = área efetiva de absorção ( $m^2$ )

Cabe observar que esta fórmula vale para uma banda específica de frequência, ou seja, calcula-se individualmente para 250, 500, 1000, 2000 Hz, por exemplo.

Beranek (1962) e Geerdes (1991) afirmam que se o tempo de reverberação em uma sala de música for muito curto, as notas serão ouvidas isoladas umas das outras. Entretanto, se o RT é muito longo, os sons das últimas notas tocadas se chocam com as das notas tocadas anteriormente, formando um som muito misturado e confuso.

Além disso, se o volume da sala for muito pequeno, mesmo com tempo de reverberação julgado adequado o som parecerá muito forte. Esse é um problema comum em pequenas salas de prática musical com insuficiente absorção acústica (BUILDING BULLETIN 93, 2003).

O manual Building Bulletin 93 (2003) aconselha, para uma escola de ensino médio, as seguintes salas para música para os diferentes fins: de 65 a 85 $m^2$ , com pé-direito de aproximadamente seis metros, para salas de ensino médias a grandes; 20 $m^2$ , com pé-direito de pelo menos três metros, para salas de conjuntos; e 8 $m^2$ , com os mesmos três metros de altura, para salas de prática ou pequenos grupos.

McCue e Talaske (1990) sugerem que uma sala de ensaio deva seguir a proporção de 1,40  $m^2$  por vocalista sentado ou o dobro (2,80  $m^2$ ) por instrumentista, deixando uma distância cômoda entre os músicos e garantindo espaço suficiente de circulação. Também afirmam que uma sala deve possuir 6 metros de altura e aproximadamente 11,33  $m^3$  por músico para atender a necessidade de bandas até orquestras e uma sala para um coral deve possuir ao menos 4,50 metros de altura e 8,50  $m^3$  por cantor.

Existem pesquisas, como a de Beranek (1996), visando estabelecer o RT ideal para salas de apresentações musicais. No escopo dessa pesquisa estão grandes salas para orquestras, apresentação de óperas e sinfonias.

Para esses espaços o tempo de reverberação normalmente é elevado, podendo chegar a aproximadamente dois segundos, como visto na TABELA 1 a seguir:

**TABELA 1** – Valores preferenciais de parâmetros acústicos em salas diferentes salas.

**FONTE:** Beranek, 1996.

| Condições                                     | RT (s)    |
|---|-----------|
| Repertório sinfônico (acima de 1.400 lugares) | 1,8 a 2,1 |
| Música de câmara (menos de 700 lugares)       | 1,6 a 1,8 |
| Opera (acima de 1.200 lugares)                | 1,4 a 1,6 |

A tabela acima reforça os indícios de que o valor preferencial do tempo de reverberação não depende apenas do volume da sala, mas também do propósito para o qual a sala será utilizada. Ou seja, o RT para uma sala para oratória deve ser diferente de uma sala destinada à música. E não somente isso, para a música, o RT depende do estilo musical que será executado.

Fasold, Sonntag e Winkler (1987) concordam que há a expectativa do ouvinte que espaços maiores, comparados a outros menores, possuam uma natural reverberação maior. Entretanto, também afirmam que a dependência do **tempo de reverberação ótimo do volume** não é muito grande, considerando espaços voltados para uma função específica. Esta dependência se explica pela relação entre o volume e a área de absorção, ou seja, quando aumentado o volume também é aumentada a superfície que absorve o som. E para aumentar consideravelmente o tempo de reverberação de uma sala, mantendo a mesma absorvidade média, tem-se que aumentar muito seu volume.

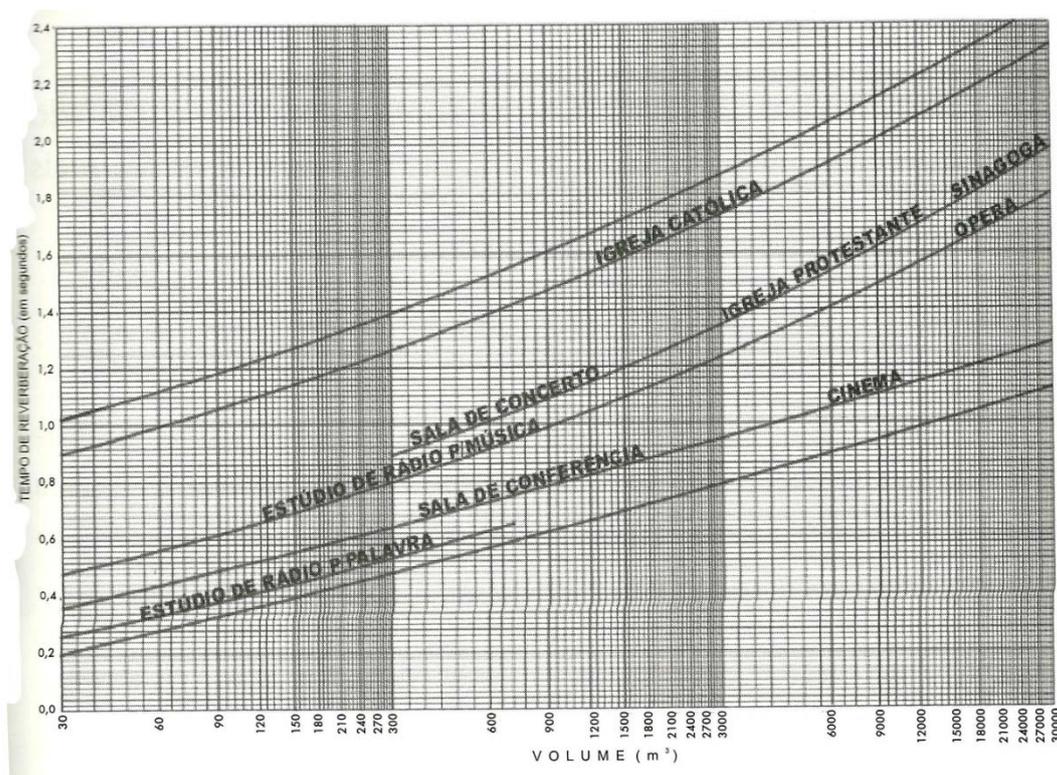
Isto é melhor explicado com um exemplo matemático. Se houver uma sala de 10x10x10 m, possuirá 1000 m<sup>3</sup> e, por exemplo, uma das paredes com 100 m<sup>2</sup> com absorvidade média de 0,5. Aplicando na fórmula de Sabine se tem:

$$RT = 0,161 \times [1000 / (100 \times 0,5)] = 3,22 \text{ s}$$

Se as dimensões da sala forem dobradas (20x20x20 m) e a absorvidade média for trabalhada da mesma forma, se tem:

$$RT = 0,161 \times [8000 / (400 \times 0,5)] = 6,44 \text{ s}$$

Ou seja, para o RT ser dobrado, é necessário que o volume da sala seja multiplicado por oito. É por isso que devido à pequena dependência que têm o tempo de reverberação ótimo do volume, é comum usar-se valores fixos (independentes do volume), ou faixas, conforme FIGURA 19.



**FIGURA 19** – Tempo ótimo de reverberação para 500Hz.  
Fonte: Carvalho, 2010.

Faz-se também outra afirmação: se buscássemos obter em uma sala de, por exemplo, 5.000 m³ um RT julgado ideal para uma sala de 500 m³ seria necessário o uso extenso de materiais e técnicas que absorvam o som e com isso outros parâmetros acústicos, como difusão sonora, seriam prejudicados. Sendo assim, a qualidade acústica de uma sala de um modo geral ficaria comprometida.

Vários outros autores como: Figueiredo (2005), Mannis (2008), o próprio Carvalho (2010), fonte da ilustração acima, e até na NBR 12.179 citam e apresentam gráficos semelhantes que afirmam ter como fonte Bolt, Beranek e Newman, entretanto nenhum disponibiliza a referência de forma completa de

tal modo que seja possível se comprovar tal fonte. Além disso, não apresentam explicações da constituição desse gráfico.

Apesar da FIGURA 19 ser um bom resumo sobre tempos de reverberação preferenciais, Rocha (2010) afirma que não há um consenso entre professores e autores do que seja o ideal, principalmente quando falado sobre salas de ensino e prática musical. Sentindo esta dificuldade em encontrar um padrão de preferência Meyer (2009) fez uma compilação comparativa entre autores quanto ao uso, volume e tempo de reverberação julgado ideal:

| PESQUISADOR                  | SALA                           | VOLUME (m <sup>3</sup> )                 | FREQUÊNCIA (Hz) | RT (s)                   |
|------------------------------|--------------------------------|--|-----------------|--------------------------|
| Yang e Gales (1956)          | Sala ensaio de banda orquestra | 707                                      | 500             | 1                        |
| Yang e Gales (1956)          | Sala de coral                  | 566                                      | 500             | 0,4 a 2,3                |
| Karsai (1974)                | Prática coro                   | 182                                      | 500             | 0,9                      |
| Karsai (1974)                | Prática coro                   | 182                                      | 125             | 0,5                      |
| Karsai (1974)                | Prática                        | 105                                      | 500             | 0,4                      |
| Karsai (1974)                | Prática                        | 105                                      | 125             | 0,8                      |
| Creighton e Lamberty (1978). | Prática de percussão           |  |                 | 0,75                     |
| Cohen (1992)                 | Prática individual             | 30 a 40                                  |                 | 0,3 a 0,4                |
| Cohen (1992)                 | Piano de cauda                 | 1000                                     |                 | 0,4 a 0,5                |
| Cohen (1992)                 | Piano                          | 400 a 600 <sup>(1)</sup>                 |                 | 0,8 a 0,9                |
| Tennhardt e Winkler (1994)   | Prática de orquestra           | 25 a 30 por músico<br>2000m <sup>3</sup> |                 | 0,5 a 0,7 <sup>(1)</sup> |
| Tennhardt e Winkler (1994)   | Prática de orquestra           | 25 a 30 por músico<br>2000m <sup>3</sup> |                 | 0,8 e 1,1 <sup>(2)</sup> |
| Völker (1988)                | Prática de orquestra           | 1200                                     | 500             | 0,5 a 0,7                |

- (1) Para salas ocupadas.  
 (2) Para salas de prática.

**QUADRO 2** - Comparativo de salas de prática e ensaio de instrumento e canto.  
 FONTE: Rocha, 2010. Baseado em Meyer, 2009.

Ao analisar os dados do quadro acima, nota-se afirmar que dificilmente o tempo de reverberação ultrapassará 1 s em salas onde ocorre o estudo de música, mas não poderão ser muito “secas” como salas voltadas para a oratória.

Para somar aos dados de Meyer, Rocha (2010) buscou tabular a preferência de outros autores (QUADRO 3). Essa compilação deve ser utilizada apenas como guia para projetos de salas, uma vez que a opinião de músicos poderá variar quando considerar quais aspectos constituem uma boa acústica. O aconselhável é estabelecer meios precisos para cada caso isolado.

Embora haja disparidades, percebe-se que a maioria dos autores não julga adequados valores de RT acima de um segundo.

| SALAS DE PRÁTICA E ENSAIO DE INSTRUMENTO E CANTO                    | COMPARATIVO DOS TEMPOS DE REVERBERAÇÃO EM SALAS PARA PERFORMANCE MUSICAL |  |                          |                           |                                  |                          |  |                      |                   |                             |
|---|--|--|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------|-------------------|-----------------------------|
|   | Ensaio de conjunto de sopro  | Ensaio de conjunto de banda/ orquestra | Ensaio de coral          | Pequenas salas de prática | Performance individual e recital | Ensino (Teoria musical)  | Prática de piano                                     | Prática de percussão | Ensaio individual | Sala de prática de conjunto |
| Lane e Mikeska (1955)   |  |  |                          | 0,4 a 0,5 <sup>(1)</sup>  |                                  | 0,55-0,65 <sup>(2)</sup> |  |                      |                   |                             |
| Blankeship, Fitzgerald e Lane (1955)                                |  |  |                          |                           | 0,4 a 0,5                        |                          |  |                      | 0,4 a 0,5         |                             |
| Young e Gales (1956)  |  | 0,4 a 2,3 <sup>(3)</sup>               | 1,1                      |                           |                                  |                          |  |                      |                   |                             |
| Karsai (1974)   |  |  | 0,5 a 0,9 <sup>(3)</sup> |                           |                                  |                          |  |                      |                   | 0,4 a 0,8                   |
| Creighton e Lamberty (1978)   |  |  |                          |                           |                                  |                          |  | 0,75                 |                   |                             |
| Völker (1988)   |  | 0,5 a 0,7 <sup>(3)</sup>               |                          |                           |                                  |                          |  |                      |                   |                             |
| Cohen (1992)  |  |  |                          | 0,3 a 0,4                 |                                  |                          | 0,4 a 0,5 <sup>(3)</sup><br>0,8 a 0,9 <sup>(3)</sup> |                      |                   |                             |
| Tennhardt e Winkler (1994)  |  | 0,5 a 0,7<br>0,8 a 1,1                 |                          |                           |                                  |                          |  |                      |                   |                             |
| Geerds (1996)   |  | 0,8 a 1                                |                          | 1,2 a 2s                  |                                  | 1,2 a 2                  |  |                      |                   |                             |
| Boner e Cofen (2000) National Association Of Schols Of Music (Nasa) | 0,7 a 0,9  | 0,9 a 1,5                              | 0,9 a 1,5                |                           |                                  |                          |  |                      |                   |                             |
| Seep <i>et al.</i> (2000)   |  |  |                          |                           | 0,6 a 1,1                        |                          |  |                      | 0,6 a 1,2         |                             |
| BB93 (2003)   |  | 0,6 a 1,2                              |                          | <0,8s                     | 0,6 a 1,2                        |                          |  |                      |                   |                             |
| Ryherd (2008)   |  | 0,8 a 1                                | 1,0 a 1,3                |                           |                                  | 0,4 a 0,5                |  |                      |                   |                             |
| Ozaki e Schmid (2009)   |  | 0,5 a 1,0                              |                          | 0,5 a 1,0                 | 1,0 a 1,5                        | 0,4 a 0,8                |  |                      | 0,3 a 0,6         | 0,5 a 1,0                   |

(1) Podendo variar de 0,6 ou 0,7 a 100 Hz

(2) Podendo variar para 0,8 a 100 Hz

(3) Depende do volume da sala

**QUADRO 3** – Comparativo de salas de prática e ensaio de instrumento e canto e tempo de reverberação (s) indicado por diversos pesquisadores

FONTE: Rocha, 2010

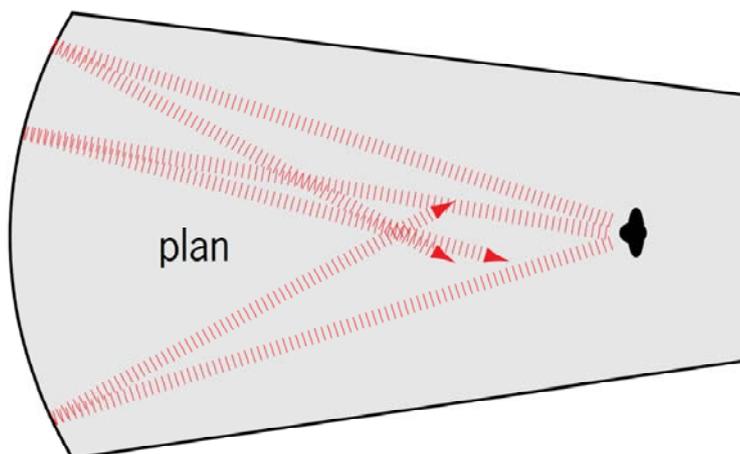
### 2.2.2. Influência da forma da sala

Esse ponto é muito importante, por exemplo, para os arquitetos que projetam espaços destinados à música. Blesser e Salter (2007) afirmam que um arquiteto aural, atuante como artista e engenheiro social, é aquele que seleciona atributos aurais de um espaço que são desejáveis para um contexto específico. Para isso, deve-se ter em mente as consequências da conformação de um espaço na acústica produzida por e dentro dele.

Em uma sala, tanto sua forma quanto proporção influenciam em sua acústica. A geometria de uma sala irá definir a sequência das reflexões sonoras que chegam ao ouvinte de uma determinada fonte sonora.

Se não bem planejada, uma sala pode produzir reflexões que se sobressaiam ao som direto. Podem ser tão fortes a ponto de fazer com que haja a sensação de que o som chega das superfícies reflexivas ao invés da fonte sonora (BUILDING BULLETIN 93, 2003).

Esse efeito pode ser amplificado de acordo com a forma das salas. Superfícies côncavas como paredes curvadas ou domos fazem com que o som refletido seja focado em um determinado ponto, o centro da curvatura, como se pode ver na FIGURA 20.



**FIGURA 20** – Superfície côncava provoca o surgimento de foco nas reflexões.  
**FONTE:** Building Bulletin 93, 2003.

Em salas pequenas, como salas de ensaio e prática musical, podem ocorrer outras deficiências, como o caso da presença de ondas estacionárias, principalmente de baixas frequências.

Quando a distância entre duas paredes paralelas coincide ou é múltipla de um comprimento de onda sonora particular, uma onda estacionária pode ser amplificada, se sobressaindo das demais. Com isso, o balanço tonal fica prejudicado (BUILDING BULLETIN 93, 2003) o que pode ser evitado desalinhando levemente uma das paredes para que essas deixem de ser paralelas. Sendo assim, formas como quadrados ou hexágonos devem ser evitadas.

O guia Building Bulletin 93 (2003) aconselha para uma sala destinada à prática musical uma proporção entre largura, comprimento e altura de **1:1,25:1,6**. Blazak (2008) conclui que, para pequenas salas retangulares, seria de **1:1,2:1,4**. E Brown e Ryan (2007) aconselham uma proporção de **1,8:1,3:1,0**. Entretanto nenhum dos autores explica a fundamentação para tais proporções.

### **2.2.3. Materiais absorvedores e difusores do som**

Além do volume, forma e proporção das salas de ensaio, há outro elemento que participa da caracterização da acústica desse ambiente: os acabamentos do interior.

Materiais refletores do som permitem aos músicos ouvir eles próprios e direcionar seu som através da sala para os outros músicos, o maestro e outros ouvintes. Durante o ensaio, as paredes, teto e chão precisam refletir um pouco do próprio som de cada músico para eles mesmos para que assim possam comparar seu ritmo e entonação com os outros membros do conjunto. Para aqueles que tocam instrumentos de madeira e de cordas, as reflexões vindas do chão são particularmente importantes, sendo assim salas de ensaio de orquestras não devem ser acarpetadas (McCUE & TALASKE, 1990).

Superfícies difusoras do som espalham principalmente as médias e altas frequências que definem timbre e articulação. Superfícies difusoras no

teto e paredes ajudam a distribuir o som das vozes e instrumentos pela sala de ensaio e são usualmente a melhor solução para evitar ecos flutuantes.

Pode-se adequar a reverberação utilizando materiais cujas curvas de absorvidade compensem deficiências encontradas nas salas. Os materiais, em geral, fazem uma absorção seletiva em relação à frequência da onda sonora, ou seja, a absorção depende do comprimento de onda. Materiais com pouca espessura só absorverão ondas de pouco comprimento, logo de alta frequência (sons agudos).

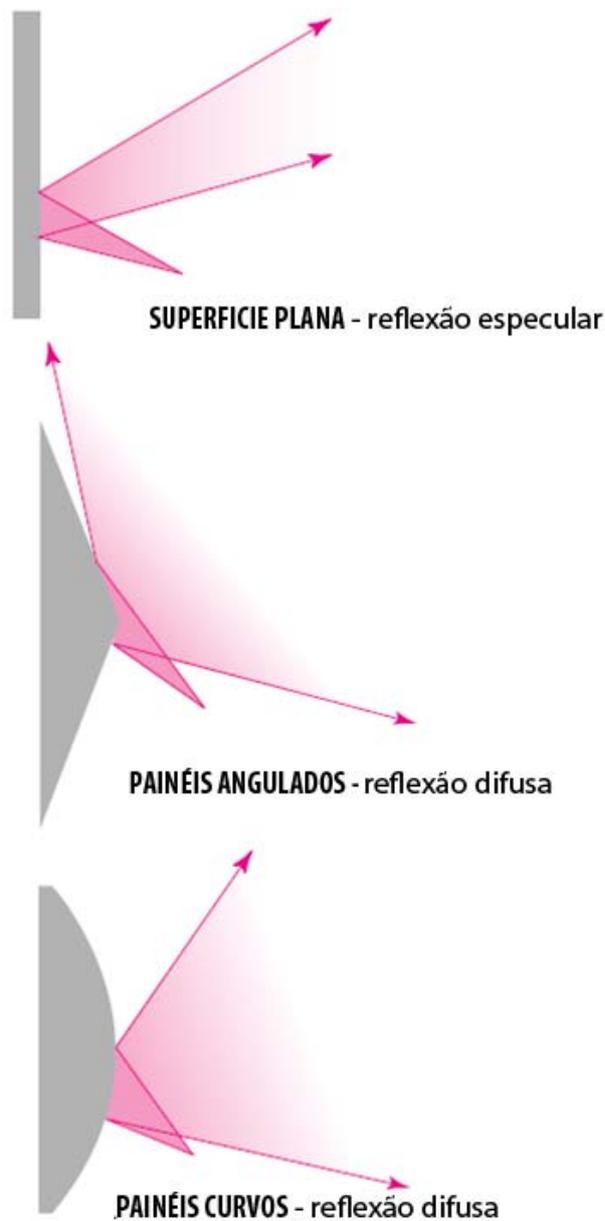
Para se absorver ondas sonoras longas seriam necessários vários metros (equivalente ao comprimento da onda) de materiais porosos. Como isso seria inviável para salas, adotam-se algumas alternativas. Uma delas são painéis com membranas, fixas no seu perímetro e tensionadas que, estimuladas a vibrar pela energia sonora, produzem calor e dissipam parte do som.

Como a absorção dos materiais depende da frequência do som, a quantidade de som reverberante e o tempo de reverberação também dependerão dela.

Absorção pode também ser usada para corrigir problemas acústicos ocasionados pela geometria da sala. Colocar materiais absorvedores nos cantos das salas pode ser útil para suprimir ressonâncias e controlar a potência sonora dos instrumentos próximos a essas posições (McCUE & TALASKE, 1990).

O som reverberante é definido pelas ondas sonoras refletidas por superfícies no interior de uma sala. Essa reflexão pode se dar de diferentes formas de acordo com a forma dessa superfície.

Superfícies convexas ou de formato irregular ajudam a difundir o som (FIGURA 21). Isso é útil, principalmente, para evitar ecos, ecos flutuantes e ondas estacionárias. Caso não seja possível evitar o paralelismo de paredes em uma sala para a música, deve-se revestir ao menos uma delas com material difusor de ondas sonoras (BUILDING BULLETIN 93, 2003).



**FIGURA 21** – Tipos de reflexão de acordo com o tipo de superfície refletiva.  
**FONTE:** Building Bulletin 93, 2003

Brown e Ryan (2007) afirmam que para salas de ensaio de conjuntos musicais, deve haver seis preocupações principais: um tempo de reverberação apropriado; uma boa comunicação através da sala para permitir tocar em conjunto e para fácil entendimento de orientações e instruções; um bom retorno para que os músicos possam se ouvir; uma prevenção de intensidade sonora excessiva; uma prevenção de ecos e ecos flutuantes; e uma prevenção de ruídos vindos do exterior, de ocupantes e/ou sistemas operacionais do edifício.

Para todas estas questões, soluções e estratégias podem ser adotadas tomando partido dos materiais internos de revestimento.

Para adequar a reverberação, além das questões de volume, forma e proporção da sala, pode-se utilizar materiais de acabamento absorptivos e difusores do som.

Os autores entendem que para se proporcionar clareza ao ambiente garantindo o fácil entendimento das instruções e o entrosamento do grupo duas soluções podem ser aplicadas: prateleiras acústicas que difundam o som (FIGURA 22) a uma altura de aproximadamente 3,5 a 4 metros do chão e refletores difusores ocupando uma área de 50% do teto.



**FIGURA 22** – Prateleiras acústicas.  
FONTE: ARCHIEXPO, 2012.

Tais refletores também auxiliam no retorno do som para os músicos. Para isso também se aconselha o uso de estratégias difusoras do som nas paredes laterais. Existem vários materiais com esse objetivo, como os apresentados na FIGURA 23.

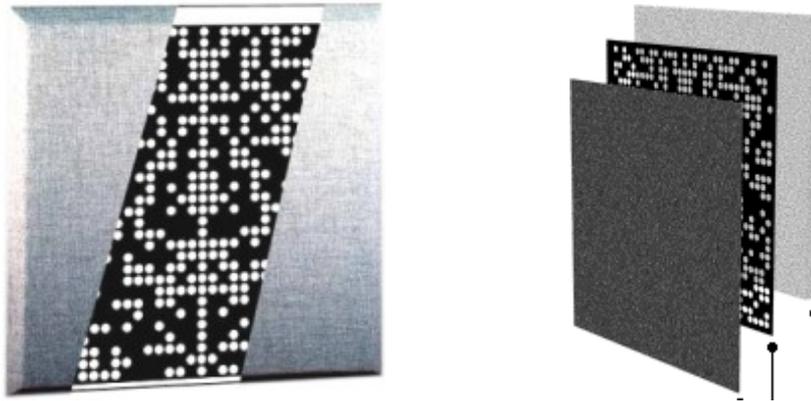


**FIGURA 23** – Estratégias para difundir o som.  
 FONTE: RPG, 2012

Para prevenir a intensidade sonora excessiva, Borwn e Ryan (2007) sugerem aplicação de materiais que absorvam o som na parte superior das prateleiras acústicas e, nas paredes laterais, na metade superior das superfícies. Na parede posterior, de 60 cm a 2,5 m de altura, são indicados materiais chamados “difusoabsorvedores”<sup>8</sup> que difundem parte de som e absorvem outra. A FIGURA 24 mostra um desses painéis, que consistem em três camadas: uma exterior de tecido, no meio uma placa perfurada que reflete parte do som e permite que outra passe adiante e encontre a última camada que é de fibra de vidro.

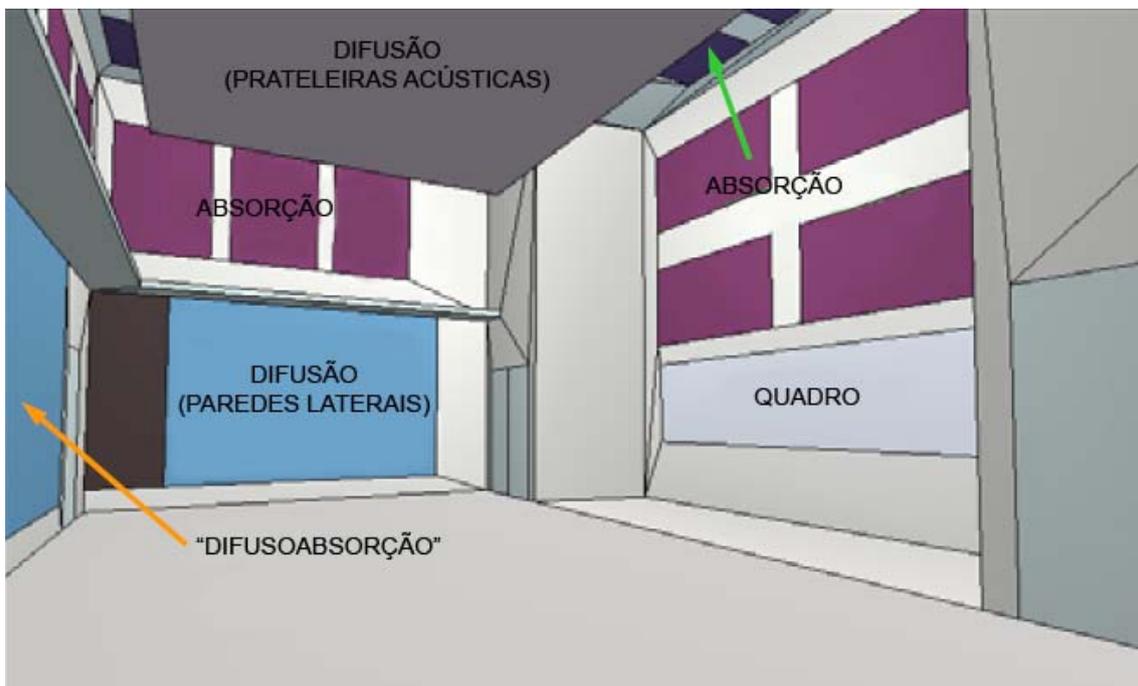
---

<sup>8</sup> Livre tradução do autor.



**FIGURA 24** – Painéis BAD.  
 FONTE: RPG, 2012.

De uma forma geral, o esquema a seguir apresenta a sugestão de revestimentos para uma sala de ensaio de música de Borwn e Ryan:



**FIGURA 25** – Características dos materiais de revestimento de uma sala de ensaio musical.  
 FONTE: BROWN e RYAN, 2012.

Os mesmos autores apontam estratégias para salas de ensaio menores, por exemplo, para prática individual. Eles apresentam uma proporção básica na qual 40% de todas superfícies do ambiente devem difundir o som, 40% absorver, e 20% devem ser superfícies especulares, ou seja, que reflitam o som, sem difundi-lo.

## **2.3. Conclusões da revisão bibliográfica**

Foram definidos vários conceitos para estabelecer um vocabulário objetivo para a descrição da acústica de salas. Esta terminologia serviu de matéria-prima para o desenvolvimento da ação sobre uma amostra de professores de música.

Acredita-se que são conceitos que não são totalmente claros para esta população e que muito da falta de consenso sobre os parâmetros preferenciais para uma sala de prática e ensino musical se dá por esta deficiência teórica. Muitas vezes há um mau entendimento semântico de termos acústicos, ou seja, seus reais significados. Por exemplo, é comum a confusão entre eco e reverberação, ou entre brilho e timbre.

Não se obteve na bibliografia pesquisada um consenso sobre quais os parâmetros acústicos preferenciais para uma sala destinada à prática e ensino de música. Há recomendações e guias internacionais para auxiliar no projeto de salas com esse fim, entretanto não dão parâmetros fixos e objetivos.

É por esse motivo que se buscou levantar a opinião de professores sobre suas preferências para um ambiente onde o intuito é aprender e ensinar música.

Conclui-se que uma sala voltada para música é bastante diferente de uma sala voltada para oratória. Sendo assim, não é desejável que se utilize a mesma sala para ambas. Caso isso não seja possível é necessário adotar mecanismos flexíveis para adequação da acústica da sala ao seu uso, como cortinas ou painéis móveis.

Como inferido na bibliografia pesquisada, vários fatores influenciam na determinação de um ambiente com acústica de qualidade para a música. Para uma sala de ensino e prática musical os fatores principais são a destinação da sala, o seu volume e o tempo de reverberação em seu interior.

### 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

No Capítulo 1 foi apresentado o método de pesquisa adotado, bem como os critérios para o preparo, aplicação do questionário e tabulação dos dados. No presente capítulo, será apresentada a sistematização dos principais resultados obtidos por meio da aplicação da pesquisa (*survey*).

Como apresentado no item 1.6.6, o questionário foi enviado para aproximadamente 350 músicos e professores de música, por correio eletrônico, além de outros contatos feitos por redes sociais e pessoas conhecidas do autor e seu orientador. Entretanto, somente um pequeno número de pessoas respondeu.

No início do questionário foram solicitados nome e *e-mail* dos respondentes para possíveis contatos posteriores. Além disso, pediu-se que definissem sua formação e qual instrumento lecionavam. Com estas respostas foi possível excluir aqueles que não fossem professores de música para análise dos dados.

Fazendo esta filtragem, a amostra desta *survey* foi de 30 professores de música de diferentes locais do Brasil. Mais da metade (60%) ministram aulas particulares em escolas de música particulares ou na casa dos alunos. Outros 27% lecionam no Ensino Superior em faculdades de música e o restante (13%) em escolas públicas e particulares do Ensino Fundamental e Médio.

Em sequência eles deveriam informar onde lecionavam. Notou-se que muitos daqueles que lecionavam aulas particulares o faziam em sua casa ou na casa do aluno, locais estes que se supõem não serem espaços adequados e planejados para este fim.

De todos os respondentes, apenas um indivíduo afirmou desconhecer a Lei Federal nº 11.769 de 2008 que, conforme explicado no início deste trabalho, estabelece a obrigatoriedade do ensino de música em todo Ensino Básico.

A única questão que não era obrigatória foi “Qual seria o tamanho estimado da sala onde você leciona?”, onde se pedia para registrar a largura x comprimento x altura. Essa pergunta serviu apenas como parâmetro de comparação, e calculando a média dos volumes das salas apresentadas, obteve-se o valor de 78,47 m<sup>3</sup>.

Para o autor este número não parecia muito correto, sendo assim tentou-se encontrar divergências nas respostas e notou-se que algumas talvez não fossem confiáveis. É provável que os respondentes não soubessem estimar o tamanho das salas, por exemplo, alguns professores afirmavam lecionar normalmente na casa de alunos e estimavam salas de 5m de largura, por 6m de comprimento, por 4 m de altura e para um padrão normal de construção estas dimensões são um pouco exageradas. Outro fato que fez a média subir um pouco foi a tendência de professores de Ensino Superior lecionarem em salas de aula grandes, como o caso de uma de 5m x 25m x 3m.

Prosseguindo, quando perguntados sobre quanto acreditavam que a geometria das salas e os materiais influenciam na acústica de uma sala, todos afirmaram que ambos os aspectos influenciam de “muito” a “bastante”. Aproximadamente 77% dão o mesmo peso à geometria e aos materiais. Outros 17% crêem que os materiais de revestimento da sala são um pouco mais relevantes do que a geometria e os 7% restantes, ou seja, apenas duas pessoas, acreditam que a geometria é mais relevante comparada aos materiais.

Algumas questões foram feitas de modo a se responder de forma livre. Uma delas era “Qual a maior dificuldade enfrentada em suas aulas?” e outra “Liste os problemas mais frequentes nas aulas de música”. Esta estratégia foi utilizada justamente para tentar captar as dificuldades mais frequentes sem induzir a uma resposta. As respostas na íntegra estão no quadro a seguir:

| #  | Qual a maior dificuldade enfrentada nas aulas de música?  | Liste os problemas mais frequentes nas aulas de música.   |
|----|---|---|
| 1  | No meu caso: não só nas aulas como para estudo próprio, dificuldade em encontrar um local apropriado para tocar   | Má formação de professores.<br>Aulas monótonas.<br>Infra-estrutura precária   |
| 2  | Ambiente propício para que o aluno e professor possam escutar somente o que está sendo feito em aula, sem interferências externas   | A sala onde as bandas ensaiam vaza muito som, o que atrapalha as outras salas ao redor.   |
| 3  | O ruído exterior proveniente do trânsito nas ruas, construções, etc.  | - Barulho exterior;<br>- Dificuldade de atenção do aluno;<br>- Falta de dedicação.  |
| 4  | Pouco reverberante, ergonomia, barulho externo  | Som externo das outras salas, falta de reverberação, moveis inadequados, iluminação deficiente (reflexo)  |
| 5  | Isolamento acústico/ Ventilação   | Isolamento acústico/ Ventilação   |
| 6  | Salas não isoladas.   | Salas não isoladas, muito vivas ou muito mortas.  |
| 7  | Do ponto de vista das condições da sala, o maior problema é a falta de isolamento em relação às salas vizinhas. O som dos outros instrumentos vaza para dentro da sala e impede a percepção de sons formadores, harmônicos, diferenças sutis de afinação e batimentos. Às vezes impede inclusive que eu escute meus alunos. | Isolamento acústico em relação a salas vizinhas, condições de acústica da própria sala (muito seca ou muito molhada), condições de temperatura em geral (muito quente no verão, muito fria no inverno), falta de mobiliário adequado e equipamento (computador, datashow, aparelho de som). |
| 8  | No meu caso (aulas na casa de cada aluno), na maioria das vezes não há um ambiente adequado para realizar a aula, principalmente devido ao barulho das outras pessoas das casa. As aulas geralmente são na saa de estar do aluno, ou as vezes no quarto, este ambiente um pouco mais silencioso.                            | -Instrumentos de baixa qualidade, prejudicam o aprendizado<br>-Local da aula não é apropriado, nem sempre tem uma acústica boa (por exemplo, ambientes com sofás, camas e tapetes, que "matam o som") e as vezes são barulhentos, com pessoas sempre passando ou barulho da rua.            |
| 9  | "Vazamento" de som.   | Vazamento do som para as salas ao redor. Na escola regular acredito que seja a reverberação dentro da sala... (começa-se a elevar a voz e paira aquele "desconforto acústico").   |
| 10 | Falta de interesse dos alunos   | Falta de interesse dos alunos, falta de material, falta de estrutura no espaço destinado às aulas.  |
| 11 | Não tem tratamento de isolamento acústico, ouve-se sons de outros instrumentos vindos de outras salas.  | Dificuldade de concentração<br>Dificuldade de percepção sonora e musical  |
| 12 | A acústica da sala, pois no caso da bateria, o som torna-se incômodo para o aluno, causando muita reverberação e intensidade.   | Local, dedicação dos alunos.  |
| 13 | Entre uma série de coisas, certamente a falta de um ambiente adequado é uma delas.  | Poluição sonora vinda de fora<br>Ambiente mau adequado para projeção do som do instrumento<br>Instrumentos musicais de baixa qualidade, etc.  |

|    |  |  |
|----|--|--|
| 14 | A sala é muito pequena e não possui Ar condicionado, como as aulas são de instrumento, fica inviável uso de ventilador.  | Sala com pouco espaço.<br>Falta de planejamento acústico, "vaza" som das outras salas.<br>Falta de ar condicionado   |
| 15 | No meu caso, como divido a sala com profissionais de outras áreas, a maior dificuldade é em todas as aulas ter que arrumar tudo, como a disposição das cadeiras, estantes para os alunos e buscar fazer 10 pessoas ao mesmo tempo executarem "música". | Estudantes que não estudam e querem milagre!<br>Falta de comprometimento e pensamentos de que aula de música é só para lazer.<br>Desgaste de voz muito grande para poder realizar a comunicação com os alunos, tendo em vista que cada um possui um violão na mão e muita energia para gastar.       |
| 16 | No Local onde leciono, não há dificuldades, pois é um ambiente preparado para esse fim.  | Problemas frequente que ocorrem nas aulas que tenho na Faculdade de Musica e Belas Artes do Paraná, são acústica nas salas, onde na maioria dos casos são salas altamente reverberante. Com pouco material para absorção dessas reflexões. O que nas aulas de percepção musical é um problema grave. |
| 17 | Alunos têm dificuldade com ritmo e coordenação das duas mãos.  | Isolamento acústico, pouco espaço, reverberação em excesso   |
| 18 | No meu caso o ambiente é muito reverberante.   | Ambiente escuro, apertado, pouco arejado, muito úmido. Sala com ambiente reverberante ao extremo (ou muito seca ou muito reverberante).  |
| 19 | As salas não estão adequadamente tratadas para aulas desse tipo.<br>Há muita reverberação.   | Difícil ouvir música clássica, contemporânea em algumas das salas, pois elas têm muita reverberação, o som é muito difuso. Por outro lado, a proximidade entre as salas e a falta de tratamento adequado para o som, faz com que haja "vazamento de som" de uma sala para outra.                     |
| 20 | Vazamento sonoro e interferência dos sons de outras salas.<br>Pobreza da acústica da sala em si.   | Vazamento sonoro e interferência dos sons de outras salas.   |
| 21 | Isolamento acústico externo, reverberação  | Interferência de ruídos externos, aparelhos de som de baixa qualidade, acústica péssima para instrumentos ou vozes   |
| 22 | Falta de isolamento acústico na sala, portanto barulho exterior (telefone, conversas), trânsito na rua, ambulâncias, barulho ao redor.   | Os mesmos listados acima, barulho do exterior.   |
| 23 | Leciono em duas salas diferentes. Uma o principal problema é a altura (uns 5 metros) que faz o som reverberar muito. Outra é o barulho externo que influencia, fazendo eu falar muito alto.  | - salas acusticamente inapropriadas;<br>- barulho externo;<br>- grande quantidade de alunos na salas, logo, grande quantidade de instrumentos tocando ao mesmo tempo.<br>- má qualidade sonora dos instrumentos.<br>- aparelhos de som ineficientes, com pouca potência.                             |
| 24 | Estrutura não ser adequada para aplicar as aulas.  | Acústica<br>Materiais<br>Barulho externo   |

|    |  |  |
|----|--|--|
| 25 | Controle do ruído externo e tratamento do som produzido internamente   | Falta de reverberação interna;<br>Excesso de reverberação interna<br>Falta de filtros para ruídos externos<br>Qualidade do som ouvido internamente<br>Ventilação |
| 26 | Ter uma sala com condições mínimas de isolamento acústico, para que ruídos externos (da rua ou das salas ao lado) não perturbem o bom andamento da aula e a concentração do aluno. | Falta de condições acústicas adequadas.<br>Falta de isolamento acústico.<br>Falta de mobiliário adequado.  |
| 27 | Reverberação   | Muita reverberação   |
| 28 | Falta de isolamento acústico.  | Indisposição<br>Interferência  |
| 29 | Barulho externo, eco.  | Sons consecutivos ficam muito fortes.  |
| 30 | A acústica   | A acústica<br>umidade  |

**QUADRO 4** – Respostas das questões “Qual a maior dificuldade enfrentada nas aulas de música?” e “Liste os problemas mais frequentes nas aulas de música.”

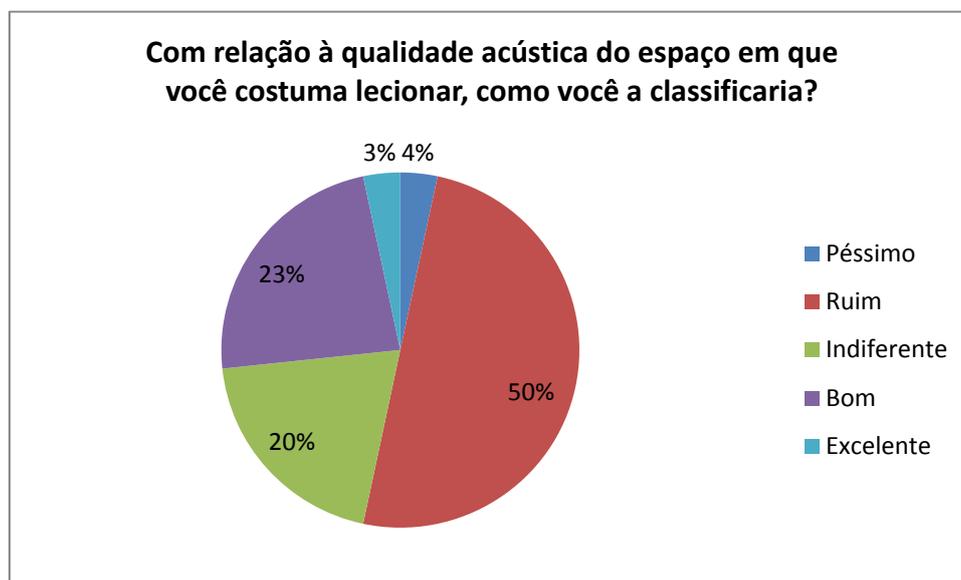
FONTE: O Autor

Das 30 respostas analisadas, 22 citam de alguma forma a falta de isolamento acústico das salas. Ou seja, 73% dos professores se sentem incomodados, por exemplo, ou com ruídos externos vindos da rua ou de outros cômodos da edificação. Uma resposta que evidencia isso é: *do ponto de vista das condições da sala, o maior problema é a falta de isolamento em relação às salas vizinhas. O som dos outros instrumentos vaza para dentro da sala e impede a percepção de sons formadores, harmônicos, diferenças sutis de afinação e batimentos. Às vezes impede inclusive que eu escute meus alunos.*

Analisando a mesma questão, apenas 7 indivíduos (23%) mencionaram incômodo com a reverberação da sala, a maioria devido a salas que julgam possuir muita reverberação. Outros temas ocorrentes foram a falta de controle térmico da sala e/ou ventilação, dificuldades de coordenação dos alunos, falta de interesse dos mesmos e a queixa de compartilhar a sala com outros usos. Apenas uma pessoa afirmou não ter problemas com sua sala, pois ela foi prevista para este uso específico.

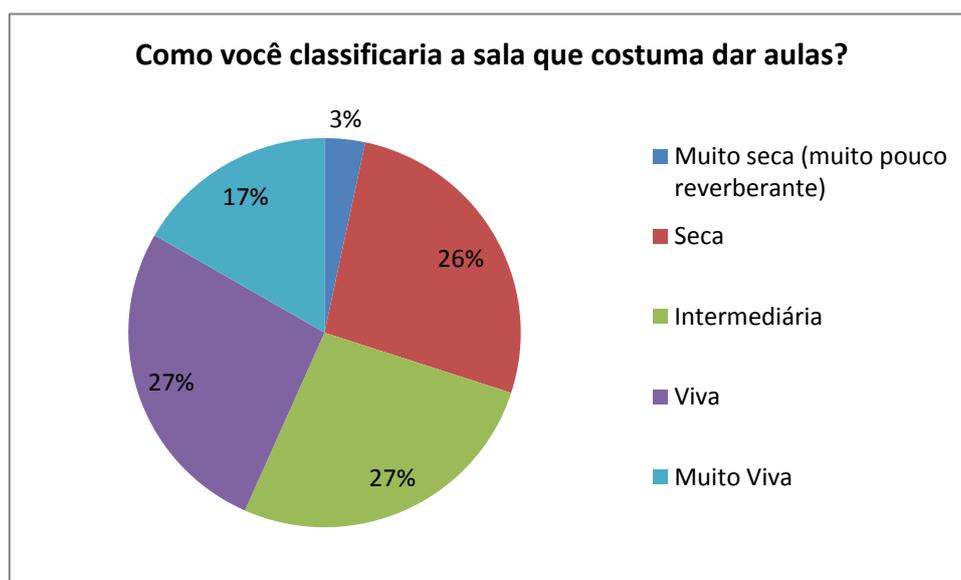
De acordo com as respostas da questão “Com relação à qualidade acústica do espaço em que você costuma lecionar, como você a classificaria?”, a pesquisa explicitou o descontentamento de mais da metade da amostra (54%) que respondeu **ruim** ou **péssimo**, enquanto outros 20% se declararam

**indiferentes**, e 26% consideram sua sala **boa** ou **excelente**, conforme exposto na figura a seguir:



**FIGURA 26** – Com relação à qualidade acústica do espaço em que você costuma lecionar, como você a classificaria?

Com o intuito de fazer um paralelo com essas respostas, foi indagado como classificariam suas salas: **muito seca** (muito pouco reverberante); **seca** (pouco reverberante); **intermediária**; **viva** (reverberante); ou **muito viva** (muito reverberante) (FIGURA 27).

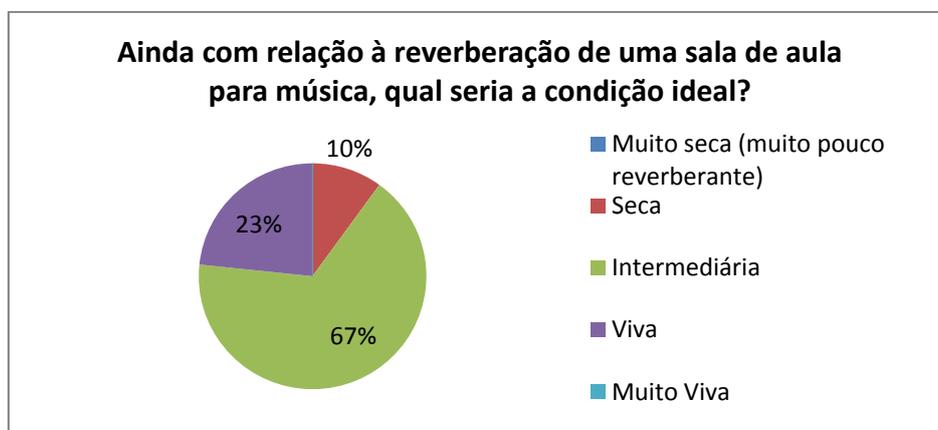


**FIGURA 27** - Como você classificaria a sala que costuma dar aulas?

Entretanto, não foi possível estabelecer um paralelo representativo devido ao reduzido número de respostas. Analisando, por exemplo, todos que classificaram sua sala como **ruim**, praticamente um número equivalente assume a sala ou como **muito viva** ou **seca** (QUADRO 5).

Porém, um comentário interessante pode ser tecido analisando as respostas de dois professores (número 10 e 12). Ambos afirmaram que suas salas são vivas (reverberantes), mas um considera esta condição acústica **ruim** enquanto outro considera ser **boa**. Esta diferença talvez se explique pelo instrumento que cada um ensina. O primeiro leciona clarineta, um instrumento de grande potência sonora e o fato da sala ser viva pode amplificar o som do instrumento, e considerando uma sala pequena (12m<sup>2</sup>) este efeito pode ser considerado desagradável aos ouvidos. Já o segundo dá aulas de violino e é de conhecimento geral que este instrumento requer uma sala com certa reverberação, que produz um som mais bonito e torna possível explorar melhor harmônicos.

Na sequência perguntou-se qual seria a condição ideal para lecionar pensando em reverberação, dando as mesmas opções de respostas: **muito seca** (muito pouco reverberante); **seca** (pouco reverberante); **intermediária**; **viva** (reverberante); ou **muito viva** (muito reverberante) e 67% dos respondentes afirmaram que seria algo **intermediário**, ou seja, nem uma sala muito viva nem muito seca. Apenas 10% entendem como ideal uma sala **seca** e 23% uma sala **viva** (FIGURA 28).



**FIGURA 28** - Ainda com relação à reverberação de uma sala de aula para música, qual seria a condição ideal?

Para a mesma questão, procurou-se fazer outra análise dos resultados interpretando-os por grupos de instrumento, tendo em vista necessidades diferentes para instrumentos distintos (FIGURA 29). Ainda se nota a maior tendência de preferência para salas com reverberação intermediária, mas ao mesmo tempo fica evidenciado a que instrumentos se referem às porcentagens de sala viva e seca da FIGURA 28. Professores de acordeon, canto e percepção musical julgam serem melhores salas **vivas** e o professor de bateria opta por uma sala **seca**.

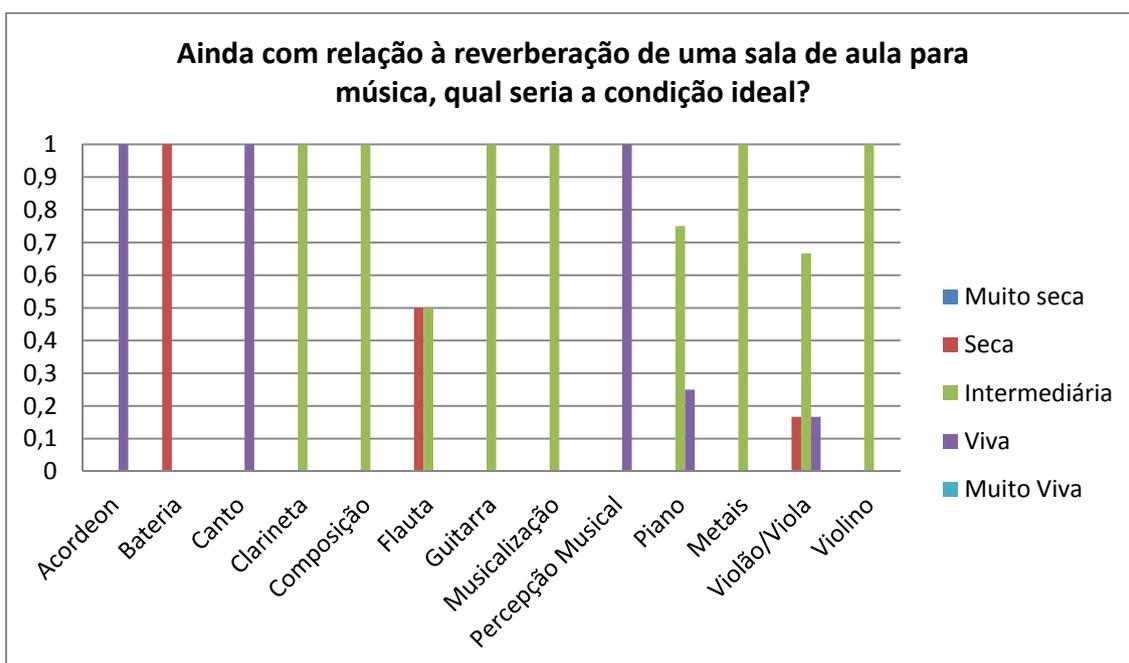


FIGURA 29 – Condição ideal por instrumento.

De um modo resumido apresenta-se a tabela a seguir com o tipo de instrumento e a tendência da característica acústica da sala desejada para cada qual:

TABELA 2 – Característica acústica da sala preferencial para cada tipo de instrumento.

| Instrumento | Característica da sala |
|-------------|------------------------|
| Acordeon    | Viva                   |
| Bateria     | Seca                   |
| Canto       | Viva                   |
| Flauta      | Seca a intermediária   |
| Metais      | Intermediária          |
| Piano       | Intermediária          |
| Violão      | Intermediária          |
| Violino     | Intermediária          |

Em seguida foi feita uma questão de resposta livre para que expressassem como seria uma sala ideal. A maioria mencionou novamente o desejo de uma sala livre de interferências externas (ruídos), além disso, sobre a reverberação, a predileção por salas com um moderado tempo de reverberação, apontada no parágrafo anterior, fica confirmada. Uma resposta que representa a maioria é: *uma sala com uma reverberação moderada, que dê um brilho ao som do instrumento mas não tanto ao ponto de embolar o som, e que também seja silenciosa.*

Outro desejo que ficou evidenciado foi o de as salas possuírem condições adequadas de conforto, principalmente lumínico e térmico desses espaços. Alguns citaram necessidade de ar-condicionado, boa ventilação e iluminação. Por exemplo, o respondente número 7 “...condições de umidade, luminosidade e temperatura que tragam conforto aos ocupantes da sala” e o número 5 “Espaço amplo , tratamento acústico, temperatura amena, ventilação e iluminação adequada”.

Outra questão interessante lembrada pelo professor número 18 foi a “flexibilidade acústica”: “...quanto a reverberação o que mais atrapalha são os extremos (muito seca ou muito reverberante). **O ideal seria um ambiente de fácil modificação acústica, para que se possa simular várias situações de palco**”. Salas que possuíssem estratégias de modificação acústica de forma ágil e prática seriam interessante não só para simular diferentes situações, mas também devido à diferentes necessidades que diferentes professores venham a ter. Por exemplo, conforme a TABELA 2 para canto pressupõem-se uma sala mais viva que para piano. Se houvesse uma aula de piano após uma de canto, rapidamente se poderia adaptar o tempo de reverberação da sala utilizando cortinas que pudessem ser fechadas ou painéis móveis que possuíssem de um lado um material reflexivo e do outro absorvedor.

Uma resposta para “Como seria uma sala ideal?” que soma todos os atributos solicitados de modo a atender o maior numero de pessoas poderia ser: uma sala com um tempo de reverberação moderado, mas com dispositivos e estratégias de fácil aplicação que permitissem uma variação para este tempo, deixando a sala mais viva ou mais seca, assim permitindo que aulas de

diferentes instrumentos ocorram em sequência no mesmo espaço. Além disso, deve possuir técnicas e tecnologias de isolamento sonoro para aluno e professor não receber e nem causar interferência para possíveis ambientes contíguos à sala. E por fim, o espaço deve ser bem iluminado de forma natural, com o mínimo de ventilação e temperatura adequada para garantir o conforto dos ocupantes.

| # | Com relação à qualidade acústica do espaço em que você costuma lecionar, como você a classificaria? | Como você classificaria a sala que costuma dar aulas? | Ainda com relação à reverberação de uma sala de aula para música, qual seria a condição ideal? | Em sua opinião, como seria uma sala de aula ideal para o ensino de música?   | Você leciona que instrumento? |
|---|---|---|--|--|-------------------------------|
| 1 | Ruim  | Muito viva (reverberante)                             | Intermediária  | Com um piano afinado a disposição, cadeiras e estantes para partitura... Isolada o melhor possível e com tratamento acústico razoável, onde não somente os agudos sejam tratados (com espumas) mas os médios e graves também com tapetes grossos forrando o chão). Uma sala não muito pequena, sendo que não tenha paredes paralelas e que não gere ondas estacionárias... | Trombone                      |
| 2 | Indiferente   | Viva (reverberante)                                   | Intermediária  | Espaço adequado, para permitir mobilidade e o desenvolvimento de outras atividades se necessário. Isolada acusticamente e com uma reverberação não muito intensa.  | Piano                         |
| 3 | Ruim  | Seca (pouco reverberante)                             | Viva (reverberante)  | Uma sala que proporcione qualidade na emissão do som, que mantenha um nível equilibrado entre reverberação e abafamento do som produzido pelo instrumento.   | Piano                         |
| 4 | Indiferente   | Seca (pouco reverberante)                             | Intermediária  | Reverberação intermediária para não camuflar ruídos, espaço confortável livre de interferências externas, apenas móveis utilizados na aula, iluminação adequada.   | Violino                       |
| 5 | Bom   | Intermediária   | Intermediária  | Espaço amplo, tratamento acústico, temperatura amena, ventilação e iluminação adequada.  | Piano                         |
| 6 | Indiferente   | Viva (reverberante)                                   | Intermediária  | Isolada e com condições ideais de reverberação.  | Guitarra                      |
| 7 | Ruim  | Intermediária   | Intermediária  | Uma sala que seja isolada do exterior mas que tenha uma acústica viva, porém não exagerada. Simplesmente uma sala que propicie a reverberação natural do instrumento. Somam-se a isso condições de umidade, luminosidade e temperatura que tragam conforto aos ocupantes da sala.  | Flauta doce                   |
| 8 | Ruim  | Seca (pouco reverberante)                             | Viva (reverberante)  | Uma sala com uma reverberação moderada, que dê um brilho ao som do instrumento mas não tanto ao ponto de embolar o som, e que também seja silenciosa.  | Violão                        |
| 9 | Excelente   | Intermediária   | Viva (reverberante)  | Sala planejada por profissional especializado em tratamento acústico de ambientes musicais para atender tanto às especificidades da sala de aula comum quanto às de prática musical.   | Piano                         |

|    |             |                           |                           |   |               |
|----|-------------|---------------------------|---------------------------|---|---------------|
| 10 | Bom         | Viva (reverberante)       | Intermediária             | Uma sala devidamente equipada com um bom aparelho de som, quadro branco, estante e sem barulho externo que atrapalhe o rendimento da aula.  | Violino       |
| 11 | Ruim        | Viva (reverberante)       | Intermediária             | Uma sala com isolamento acústico, temperatura ambiente estável e com uma acústica que possibilite o reconhecimento das qualidades timbricas e expressivas dos instrumentos.   | Clarinetas    |
| 12 | Ruim        | Viva (reverberante)       | Seca (pouco reverberante) | Com acústica adequada, espaço suficiente e isolamento suficiente para não criar problemas com vizinhos, etc.  | Bateria       |
| 13 | Indiferente | Seca (pouco reverberante) | Intermediária             | Sem muita reverberação, porém com alguma reverberação. Um ambiente que não seja muito pequeno para não "cortar" o som. Também seria bom que não tivessem muitos móveis, que também anulam a reverberação. E também não acho que é o caso de fazer da sala de aula um estúdio, porque isso seria um ambiente um pouco estressante para o ensino da música. E até acho também que aulas de música ao ar livre são muito convenientes.                                 | Viola Caipira |
| 14 | Indiferente | Seca (pouco reverberante) | Seca (pouco reverberante) | Com preparação acústica, espaço apropriado e com ar condicionado.   | Flauta        |
| 15 | Bom         | Intermediária             | Seca (pouco reverberante) | Uma sala com algum tipo de relevo para realizar diferentes disposições de grupos, separando por famílias e abrindo um leque maior para a experimentação e a organização. Equipamentos de qualidade para audição e também gravações de modo instantâneo (as gravações não necessitam ser de qualidade profissional, e sim com fins pedagógicos). Espaço para realizar atividades que envolvam a movimentação do corpo para uma maior compreensão e vivência musical. | Violão        |
| 16 | Bom         | Intermediária             | Intermediária             | Uma sala onde não deteriore o som que o aluno está ouvindo, sem ondas estacionárias e cancelamentos. Com esse problema resolvido, pode haver estímulo do aluno em relação aos resultados obtidos do seu som.  | Violão        |
| 17 | Ruim        | Muito viva (reverberante) | Viva (reverberante)       | Com bom isolamento acústico, reverberação adequada, bom espaço, iluminação e ventilação.  | Acordeon      |
| 18 | Ruim        | Muito viva (reverberante) | Intermediária             | Uma sala clara, ampla para que se possa ouvir um instrumento a partir de distâncias variadas. Quanto a reverberação o que mais atrapalha são os extremos (Muito seca ou Muito reverberante). O ideal seria um ambiente de fácil modificação acústica, para que se possa simular várias situações de palco.  | Violino       |

|    |             |                                       |                     |   |                   |
|----|-------------|---------------------------------------|---------------------|---|-------------------|
| 19 | Ruim        | Muito viva (reverberante)             | Intermediária       | Uma sala em que o professor e os alunos pudessem se ouvir, perfeitamente; uma sala em que os alunos pudessem ouvir os exemplos musicais e compreendê-los. Uma sala em que se pudesse cantar e se ouvir mutuamente.                  | Composição        |
| 20 | Ruim        | Seca (pouco reverberante)             | Viva (reverberante) | Com acústica viva e reverberante.   | Percepção Musical |
| 21 | Indiferente | Seca (pouco reverberante)             | Intermediária       | Esse é o seu trabalho!  | Piano             |
| 22 | Ruim        | Viva (reverberante)                   | Intermediária       | Uma sala ampla, clara e com total isolamento acústico do exterior.  | Piano             |
| 23 | Péssimo     | Muito viva (reverberante)             | Intermediária       | Uma sala de música ideal para o ensino regular seria uma que fosse espaçosa, mas não muito alta, com piso de madeira mas com tapetes. Com revestimento acústico.  | Piano             |
| 24 | Ruim        | Muito seca (muito pouco reverberante) | Viva (reverberante) | Sala com estrutura adequada e equipamento apropriado.   | Canto             |
| 25 | Bom         | Intermediária                         | Intermediária       | Dotada de ar condicionado silencioso, de janelas acústicas e com tratamento interno do som.   | Violão            |
| 26 | Ruim        | Seca (pouco reverberante)             | Intermediária       | Uma sala que não fosse muito seca, mas que também não reverberasse demais, para não "embolar" o som. Deveria ter também o isolamento acústico, que na minha opinião seria condição indispensável, além de uma boa acústica interna. | Violão            |
| 27 | Bom         | Viva (reverberante)                   | Intermediária       | Com revestimento para diminuir a reverberação   | Saxofone          |
| 28 | Ruim        | Intermediária                         | Viva (reverberante) | Uma sala que tenha apenas os materiais referentes a aula, com boa acústica e longe do barulho do trânsito   | Canto             |
| 29 | Bom         | Intermediária                         | Intermediária       | Sala com isolamento acústico.   | Musicalização     |
| 30 | Ruim        | Viva (reverberante)                   | Intermediária       | Uma sala ampla, iluminada, arejada e com uma reverberação intermediária   | Piano             |

**QUADRO 5** – Questões de 14 a 18 da *survey*.

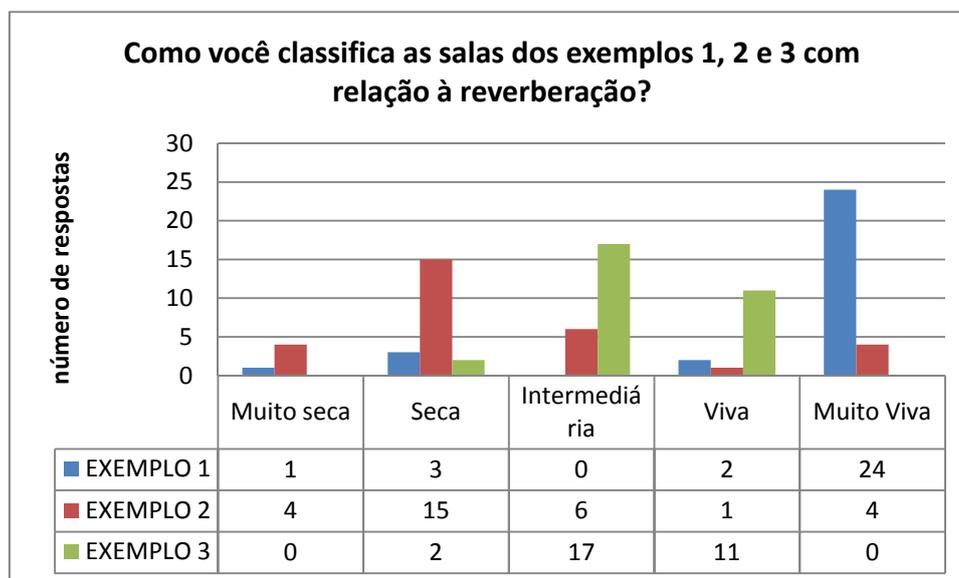
Na fase final da *survey*, os respondentes foram solicitados a ouvirem três exemplos do mesmo trecho sonoro, porém sob diferentes tempos de reverberação e que classificassem a sala em que cada exemplo estava sendo tocado. Cada respondente podia ouvir a simulação de um instrumento. O quadro a seguir mostra as respostas de cada professor para essas últimas questões, agrupadas pelo tipo de instrumento ouvido em cada exemplo.

| #  | Instrumento escutado | Como você classifica a sala do exemplo 1 com relação à reverberação? [Exemplo 1:] | Como você classifica a sala do exemplo 2 com relação à reverberação? [Exemplo 2:] | Como você classifica a sala do exemplo 3 com relação à reverberação? [Exemplo 3:] | Em qual dos exemplos você julga o timbre do instrumento mais bonito? | Em qual deles você gostaria de lecionar suas aulas? |
|----|----------------------|---|---|---|--|---|
| 24 | Canto                | Seca  | Muito viva  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 28 | Canto                | Muito viva  | Seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 14 | Flauta               | Muito viva  | Muito seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 2  | Piano                | Muito viva  | Seca  | Viva  | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 3  | Piano                | Muito viva  | Intermediária   | Viva  | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 5  | Piano                | Muito viva  | Seca  | Seca  | Exemplo 2  | Exemplo 2   |
| 9  | Piano                | Muito viva  | Intermediária   | Viva  | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 21 | Piano                | Muito viva  | Seca  | Viva  | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 22 | Piano                | Muito seca  | Muito viva  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 23 | Piano                | Muito viva  | Seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 30 | Piano                | Seca  | Muito viva  | Intermediária   | Exemplo 1  | Exemplo 1   |
| 1  | Violão               | Muito viva  | Seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 6  | Violão               | Muito viva  | Intermediária   | Viva  | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 7  | Violão               | Muito viva  | Viva  | Viva  | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 8  | Violão               | Muito viva  | Seca  | Viva  | Exemplo 2  | Exemplo 2   |
| 11 | Violão               | Viva  | Intermediária   | Viva  | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 12 | Violão               | Muito viva  | Seca  | Intermediária   | Exemplo 2  | Exemplo 2   |
| 13 | Violão               | Muito viva  | Seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 15 | Violão               | Muito viva  | Seca  | Viva  | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 16 | Violão               | Muito viva  | Muito seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 17 | Violão               | Muito viva  | Seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 19 | Violão               | Muito viva  | Muito seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 20 | Violão               | Seca  | Muito viva  | Seca  | Exemplo 2  | Exemplo 2   |
| 25 | Violão               | Muito viva  | Intermediária   | Viva  | Exemplo 2  | Exemplo 2   |
| 26 | Violão               | Viva  | Seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 27 | Violão               | Muito viva  | Intermediária   | Viva  | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 29 | Violão               | Muito viva  | Seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 4  | Violino              | Muito viva  | Seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 10 | Violino              | Muito viva  | Muito seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |
| 18 | Violino              | Muito viva  | Seca  | Intermediária   | Exemplo 3  | Exemplo 3   |

**QUADRO 6** – Questão 19 a 23.

O exemplo 1 simulava um espaço bastante reverberante, o segundo um ambiente quase sem reverberação e o terceiro um espaço com moderado

tempo de reverberação. Em uma graduação de RT do menor para o maior a resposta seria exemplo 2, 3 e 1 e praticamente todos professores julgaram desta forma. Apenas 4 indivíduos julgaram o exemplo 1 como representando um ambiente mais seco que o exemplo 2, e isto mostrou ainda a falta de entendimento de vocabulário, ou de conceitos acústicos (FIGURA 30).



**FIGURA 30** – Como você classifica as salas dos exemplos 1,2 e 3 com relação à reverberação?

Posteriormente, perguntou-se “em qual dos exemplos você julga o timbre do instrumento mais bonito?” e “imaginando o local dos três exemplos, em qual você gostaria de lecionar?”. Aproximadamente 80% da amostra afirmaram achar mais bonito o timbre do instrumento no exemplo 3, que simula uma reverberação intermediária e que também gostariam de lecionar neste ambiente. Apenas um participante cogitou ensinar em uma sala bastante reverberante, o que foi recebido com estranheza, já que este professor (número 30) leciona e ouviu exemplos de piano, instrumento este que já possui própria reverberação (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou elevar o nível de discussão sobre as condições acústicas, se não ideais, preferenciais para salas de ensino e prática de música na opinião de especialistas, ou seja, professores de música.

Inicialmente, a partir da pesquisa bibliográfica foi possível confirmar o pressuposto de Rocha (2010) de que ainda não há na literatura uma indicação definitiva sobre parâmetros acústicos desejáveis nestas salas. Nem mesmo todos os participantes do programa Abramus reunidos chegaram a este consenso. Entretanto, há sim indícios com os quais pode-se afirmar que o tempo de reverberação para salas de música dificilmente deve ultrapassar 1 segundo.

Com os dados obtidos através da *survey* feita com professores de música, apesar de não serem resultados estatísticos, é possível notar a preferência destes para salas com **RT intermediário**, conforme a literatura apontou. Ou seja, são propícios espaços que não sejam muito **secos**, o que ao ver dos professores agrega valor ao som do instrumento e, por exemplo, pode-se explorar melhor harmônicos. Mas não deve-se exagerar na reverberação, pois se demasiada acarreta a dificuldades como a confusão do som, ou falta de clareza, o que é um parâmetro importante para o desenvolvimento do músico em sua prática. E além disso, nota-se coerente uma solução intermediária pois certamente a comunicação entre professor e alunos ocorrerá em uma sala de ensino de música e deve-se garantir a inteligibilidade da palavra que fica prejudicada com uma reverberação exacerbada assim como em uma sala muito seca, onde talvez falte reforço para a voz.

É importante observar o tipo de instrumento ensinado ao se falar sobre reverberação. Como explicitado nos dados obtidos com o questionário, por exemplo, para violino a reverberação seria desejada como citado no parágrafo anterior, mas para uma bateria é necessário um RT menor. Uma possível regra seria: quanto maior a potência sonora do instrumento mais seca a sala deve ser, ao mesmo tempo em que a sala deve ser maior. Como a reverberação é

diretamente proporcional ao volume da sala, cabe então o trabalho com materiais e técnicas que absorvam o som.

Considerando esta possível necessidade de que professores diferentes terão demandas diferentes de acordo com o instrumento e tipo de aula, da mesma forma, cabe frisar a importância da inclusão de estratégias variáveis de adaptação da sala. Para tanto, seria útil, por exemplo, uma sala feita mais reverberante, porém provida de modos de operação que a tornem mais seca como abertura de cortinas ou a remoção de painéis que ocultem elementos absorvedores. Tal medida se mostra simples e efetiva, e certamente mais realista que qualquer tentativa de imitar o teto da Sala São Paulo, que sobe e desce de acordo com a necessidade.

Isto é um objetivo do programa Abramus – Arquiteturas para um Brasil Musical: chegar a mais que uma padronização de salas, ou seja, a solução para salas que sejam diferentes, permitindo a diferentes professores escolher aquela que mais atende às suas expectativas, ou uma sala que possa facilmente ser adaptada causando mudanças em suas características acústicas.

Apesar deste trabalho ter como proposta, desde o início, definir parâmetros objetivos sobre a acústica de salas através de opiniões de professores, com o desenvolver do trabalho notou-se uma questão que talvez seja tão importante quanto a definição do RT: o **isolamento acústico**.

Como justificativa deste trabalho foi usada a Lei Federal 11.769 de 2008 que torna obrigatório o ensino de música em todas as escolas brasileiras. É notória a situação das salas de aula por este país, e os resultados obtidos pela *survey* apresentam a insatisfação dos professores com suas salas. Sendo assim, mesmo que se definam os parâmetros subjetivos preferências e que sejam traduzidos em parâmetros objetivos mensuráveis aplicados nas salas de aula deste país, sem o controle de ruído nas salas estas continuarão sem proporcionar qualidade de ensino e aprendizado.

## 4.1. Sugestão para trabalhos futuros

Com esta conclusão sugere-se para trabalhos futuros:

Investigação das principais patologias construtivas e/ou a falta de tratamento acústico que causam a entrada de ruído e/ou o vazamento do som do interior da sala de música para seu exterior;

Pesquisa sobre as melhores maneiras de isolamento acústico, tanto estratégias concebidas em projeto quanto aquelas possíveis de serem realizadas como solução para espaços existentes;

Pesquisar ou desenvolver estratégias que facilmente adaptem a acústica da sala de ensino ou prática musical;

Realização do *survey* deste trabalho em maior escala, a fim de possivelmente obter dados que permitam uma inferência estatística sobre as preferências acústicas dos professores de música.

## 5. REFERÊNCIAS

BERANEK, L. L. **Music, acoustics & architecture**. New York: Wiley, 1962.

\_\_\_\_\_. **Concert halls and opera houses: music, acoustic, and architecture**. 2a Ed. ed. New York: Springer, 1996.

BLASZAK, M. A. **Acoustic design of small rectangular rooms: Normal frequency statistics**. Poznan (Polônia): Science Direct, p. 1356-1360, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acessado em: 15.abr.2010.

BLESSER, B.; SALTER, L.-R. **Book overview: Spaces speak, are you listening?**. Cambridge: MIT Press, 2007.

BROWN, S.; RYAN, T. **Difuse seminar: Music rooms**. [s.l.]: RPG Difusor Systems, Inc., 2007.

BRUNDTLAND, G. **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

BUILDING BULLETIN 93. **Acoustic, design of schools**. Londres: [s.n.], 2003. Disponível em: <<http://www.teachernet.gov.uk/docbank/index.cfm?id=5640>>. Acessado em: 05.abr.2010.

CARPEAUX, O. M. **Uma nova história da música**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

CARVALHO, R. P. **Acústica Arquitetônica**. Brasília: Thesaurus, 2010

EDWARDS, B. **O guia básica para a sustentabilidade**. Londres: GG, 2005.

FASOLD, SONNTAG, WINKLER. **Bau- und Raumakustik**, 1a. edição, pp. 250-251. Berlim: Rudolf Müller, 1987

FERREIRA NETO, M. D. F.; BERTOLI, S. R. Conforto acústico entre unidades habitacionais em edifícios residenciais de São Paulo, Brasil. **Acústica 2008**, Coimbra, Portugal, 2008. Disponível em: <<http://www.sea-acustica.es/Coimbra08/id033.pdf>>. Acessado em: 01.out.2010.

FIGUEIREDO, F. L. **Parâmetros acústicos subjetivos: Critérios para avaliação da qualidade acústica de salas de música**. Dissertação do curso de Artes na área de Musicologia da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2005.

FIGUEIREDO, F. L.; IAZZETTA, F. Parâmetros acústicos em salas de música: análise de resultados e novas interpretações. **4o congresso da AES Brasil**, São Paulo, 08 a 10 Maio 2006.

FIGUEIREDO, F. L.; IAZZETTA, F.; MASIERO, B. **Análise de parâmetros acústicos subjetivos: critérios para avaliação da qualidade acústica de salas**

de música. Anais da 4ta. reunion anual de la sociedad argentina para las ciencias cognitivas de la música. Tucumã, Argentina: [s.n.]. 2004.

GEERDES, H. P. Tips: Improving Acoustics for Music Teaching. *In: Music educators national conference*. Reston: VA, 1991.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HILGENBERG, F. B. **Estudo do sistema de certificação ambiental para edifícios: estudo de caso AQUA**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Construção Civil). Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2010.

HUMMES, J. M. Por que é importante o ensino de música? Considerações sobre as funções da música na sociedade e na escola. *In: Revista da ABEM*, nº11. Porto Alegre: Associação Brasileira de Educação Musical, 2004.

INEP. **Censo da educação superior de 2006**. Brasília: Ministério da educação, 2006.

\_\_\_\_\_. **Sinopse estatística da educação básica 2008**. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/basica/censo/Escolar/Sinopse/sinopse.asp>>. Acessado em: 16.abr.2010. ed. Brasília: Ministério da educação, 2008.

JOSSE, R. **La acústica en la construcción**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 1975.

LOUREIRO, A. M. A. **O ensino de música na escola fundamental**. Campinas: Papyrus, 2003.

McCUE, E., & TALASKE, R. H. **Acoustical Design of Music Education Facilities**. Nova Iorque: Syracuse, 1990.

MEYER, J. **Acoustics and the Performance of Music: Manual for Acousticians, Audio Engineers, Musicians, Architects and Musical Instrument Makers (Modern Acoustics and Signal Processing)**. 5a Ed. ed. Nova Iorque: Springer, 2009.

OSAKI, A. G.; SCHMID, A. L. Tempo de reverberação de salas de ensino de música. *In: EVINCE. Anais*, Curitiba, 2009.

RIBEIRO, R. S.; CARDOSO, I. A.; SANTOS, L. C. A importância da acústica no processo de aprendizagem: diferentes estratégias de implementação. **ACÚSTICA**, Coimbra, Portugal, out. 2008. Disponível em: <<http://www.sea-acustica.es/Coimbra08/id234.pdf>>. Acesso em: 10.mar.2010.

ROCHA, L. **Acústica e educação em música: critérios acústicos preferenciais para sala de ensino e prática de instrumento e canto**. Dissertação para o Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2010.

ROMANELLI, G. **O espaço da música nas séries iniciais do ensino fundamental e sua mediação pelo professor unidocente**. XIX SEPE - Semana de ensino, pesquisa e extensão do setor de educação. Curitiba: UFPR. 2006.

SCHMID, A. L. Adequação acústica dos espaços para a música. Seleção de exemplos históricos de música e arquitetura como apoio à aprendizagem. **Arquitextos**. Jun.2011. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.135/4008>>. Acessado em: 10.ago.2011.

WHO - World Health Organization. **Environment and Health Information System (ENHIS)**. Disponível em: <<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/data-and-evidence/environment-and-health-information-system-enhis/health-effects-of-the-environment>>. Acessado em: 15.out.2010

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## 6. FONTES DE ILUSTRAÇÕES

AGÊNCIA DA ARTE. **Música no Egito Antigo**. Disponível em: <[http://3.bp.blogspot.com/\\_kKSMTp5RGbM/Rzw15WinQOI/AAAAAAAAAic/xI71MGftOLE/s400/untitled.bmp](http://3.bp.blogspot.com/_kKSMTp5RGbM/Rzw15WinQOI/AAAAAAAAAic/xI71MGftOLE/s400/untitled.bmp)>. Acessado em: 17.out.2011.

ALEXANDROFF. **Organização de uma orquestra atual**. Disponível em: <<http://www.alexandroff.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2010/08/orquestra-completo-ambiente-3d.jpg>>. Acessado em: 27.set.11.

ARCHIEXPO. **Prateleiras acústicas**. Disponível em: <[http://img.archiexpo.com/images\\_ae/photo-g/curved-ceiling-tile-286510.jpg](http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/curved-ceiling-tile-286510.jpg)>. Acessado em: 14.mar.2012.

BLOGSPOT. **Utilização de meios eletrônicos na música**. Disponível em: <[http://4.bp.blogspot.com/\\_OGMUB4YCOOk/SnYTxNwfFxl/AAAAAAAAABNQ/0LHUEofZUII/s400/Parte-do-rostode-uma-mulher-cantando-num-microfone-antigo\\_01.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_OGMUB4YCOOk/SnYTxNwfFxl/AAAAAAAAABNQ/0LHUEofZUII/s400/Parte-do-rostode-uma-mulher-cantando-num-microfone-antigo_01.jpg)>. Acessado em: 13.out.2011.

BUILDING BULLETIN 93. **Tipos de reflexão de acordo com o tipo de superfície refletiva**. *In*: Acoustic, design of schools. Londres: [s.n.], 2003.

\_\_\_\_\_. **Superfície côncava foca as reflexões**. *In*: Acoustic, design of schools. Londres: [s.n.], 2003.

CARVALHO, R. P. **Tempo ótimo de reverberação para 500Hz**. *In*: Acústica Arquitetônica. Brasília: Thesaurus, 2010

COLETIVOPEGADAS. **Comparativo entre a frequência em Hz de cada nota musical de um piano e outros instrumentos.** Disponível em: <<http://coletivopegada.files.wordpress.com/2009/04/pianotable1.gif>>. Acessado em: 20.abr.2010.

DREAMSTIME. **Catedral de Arnstad, Alemanha. Local onde Bach possivelmente escreveu Toccata e Fuga em Ré menor.** Disponível em: <[http://thumbs.dreamstime.com/thumblarge\\_561/12912462577S9bP1.jpg](http://thumbs.dreamstime.com/thumblarge_561/12912462577S9bP1.jpg)>. Acessado em: 22.set.2011.

FIGUEIREDO, F. L.; IAZZETTA, F.; MASIERO, B. **Parâmetros acústicos e suas expressões matemáticas.** *In:* Análise de parâmetros acústicos subjetivos: critérios para avaliação da qualidade acústica de salas de música. Anais da 4ta. reunion anual de la sociedad argentina para las ciencias cognitivas de la música. Tucumã, Argentina: [s.n.]. 2004.

FREEWEBS. **Típica orquestra barroca.** Disponível em: <<http://www.freewebs.com/fmusical/orqbarroca.jpg>>. Acessado em: 23.set.2011.

GUITAR-VACATION-RETREATS. **Frequência em Hz de cada nota musical em um piano.** Disponível em: <<http://www.guitar-vacation-retreats.com/resources/images/note-frequencies.jpg>>. Acessado em: 20.abr.2010.

HISTÓRIA DA MÚSICA. **Pintura Rupestre.** Disponível em: <<http://fotos.sapo.pt/Jdm4gefqERT9F2ptCW4y/s320x240>>. Acessado em: 17.out.2011.

IBIBLIO. **Pintura de Francesco Guardi, Concerto di dame al cassino Del Filarmonici.** Disponível em: <<http://www.ibiblio.org/wm/paint/auth/guardi/concert.jpg>>. Acessado em: 20.out.2011.

IHELPBR. **Aparelho de música pessoal, Ipod.** Disponível em: <<http://ihelpbr.com/wp-content/uploads/2010/05/iPod-4G.jpg>>. Acessado em 12.out.11

MEGACLIMA. **Nível de ruído em decibéis (dB).** Disponível em: <[http://www.megaclima.pt/images/Produtos/tabela\\_ruido.gif](http://www.megaclima.pt/images/Produtos/tabela_ruido.gif)>. Acessado em: 20.abr.2010.

RADIOANTIGO. **Aparelho de rádio.** Disponível em: <<http://www.radioantigo.com.br/foto78.jpg>>. Acessado em: 12.out.11.

ROCHA, L. **Comparativo de salas de prática e ensaio de instrumento e canto.** *In:* Acústica e educação em música: critérios acústicos preferenciais para sala de ensino e prática de instrumento e canto. Dissertação para o Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2010.

\_\_\_\_\_. Comparativo de salas de prática e ensaio de instrumento e canto e tempo de reverberação (s) indicado por diversos pesquisadores. *In: Acústica e educação em música: critérios acústicos preferenciais para sala de ensino e prática de instrumento e canto*. Dissertação para o Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2010.

RPG. – **Estratégias para difundir o som**. Disponível em: <<http://www.acousticvision.com.au/RPGDiffusers/RPGCommercial/tabid/228/Default.aspx>>. Acessado em: 14.mar.2012.

SILVA, Andrey da. **1º Seminário Abramus em Belém/PA**. 2012.

SOMAOVIVO.– **Definição do RT60**. Disponível em: <<http://i106.photobucket.com/albums/m262/somaovivo/dicionario/rt60b.gif>>. Acessado em: 05.abr.2010.

XARJ. **Sala dourada do Musikverein, em Viena**. Disponível em: <<http://www.xarj.net/wp-content/gallery/vienna-orchestra-fabio-luisi/Wiener-Symphoniker-Vienna-Austria-1107-31.jpg>>. Acessado em 25.set.11.

## **7. APÊNDICES**

## QUESTIONÁRIO SOBRE ACÚSTICA EM SALAS DE ENSINO DE MÚSICA

Parte da pesquisa QUALIDADE ACÚSTICA EM SALAS DE ENSINO DE MÚSICA do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil - PPGCC - da Universidade Federal do Paraná.

### QUESTIONÁRIO

Obrigado por acessar esse questionário! A partir de agora você deverá responder uma série de perguntas que serão de fundamental importância em uma pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – PPGCC – da Universidade Federal do Paraná, para levantarmos seu entendimento e sua preferência salas de ensino de música. Inicialmente, gostaríamos que você respondesse algumas questões sobre sua percepção e avaliação de suas aulas e espaços onde leciona. Depois de responder todas as perguntas clique em continuar. Na sequência você responderá algumas questões sobre alguns exemplos sonoros que se encontram na barra ao lado direito da página. Por favor, siga as instruções e só utilize os exemplos quando solicitado. Desde já agradecemos por sua participação.

\*Questão obrigatória

1. **Nome:** \* Por favor, para futuros contatos com relação à pesquisa, forneça seu nome.
2. **e-mail:** \* Por favor, para futuros contatos com relação à pesquisa, forneça seu e-mail.
3. Defina sua formação como professor \*
  - Licenciatura em música
  - Outro:
4. Você leciona que instrumento? Apenas para licenciados em música
  - Violino
  - Violoncelo
  - Flauta
  - Oboé
  - Canto
  - Violão

- Piano
- Outro:

5. Você leciona em: \*

- Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Ensino Superior
- Dá aulas particulares

6. Você leciona em: \*

- Escola Pública
- Escola Privada
- Dá aulas particulares

7. Se leciona em escola pública/particular, qual? Se dá aulas particulares, onde? \* Digite o nome da escola e/ou endereço ou onde (sua própria casa, casa do aluno, etc.)

8. Você tem conhecimento da lei 11.769 de 2008 que torna obrigatório o conteúdo de música na disciplina de artes? \*

- Sim
- Não

9. Qual seria o tamanho estimado da sala onde você leciona? largura x comprimento x altura

10. Você acredita que a geometria da sala influencia no som produzido dentro dela? \*

|              | Nada                                | Pouco                               | Mais ou menos                       | Bastante                            | Muito                               |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Sua opinião: | <input checked="" type="checkbox"/> |

11. Você acredita que os materiais da sala influenciam no som produzido dentro dela? \*

|              | Nada                                | Pouco                               | Mais ou menos                       | Bastante                            | Muito                               |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Sua opinião: | <input checked="" type="checkbox"/> |

12. Qual a maior dificuldade enfrentada nas aulas de música? \*

A large empty rectangular text box with a light gray border and a vertical scrollbar on the right side, intended for the user to write the answer to question 12.

13. Liste os problemas mais freqüentes nas aulas de música. \*

A large empty rectangular text box with a light gray border and a vertical scrollbar on the right side, intended for the user to list the most frequent problems in music classes.

14. Com relação à qualidade acústica do espaço em que você costuma lecionar, como você a classificaria? \*

Sua opinião:                      Péssimo   Ruim           Indiferente   Bom           Excelente

15. Como você classificaria a sala que costuma dar aulas? \*

- Muito seca (muito pouco reverberante)
- Seca (pouco reverberante)
- Intermediária
- Viva (reverberante)
- Muito viva (reverberante)

16. Ainda com relação à reverberação de uma sala de aula para música, qual seria a condição ideal? \*

- Muito seca (muito pouco reverberante)
- Seca (pouco reverberante)
- Intermediária
- Viva (reverberante)
- Muito viva (reverberante)

17. Como seria uma sala de aula ideal para o ensino de música? \*

## INSTRUÇÕES PARA PROSSEGUIR

A partir de agora, você terá que ouvir diversos exemplos de gravações para responder as perguntas. Para isso, será necessário a utilização de fones de ouvido, para que o local onde você está não interfira no julgamento. Por favor, só responda as questões se estiver escutando os exemplos com um fone de ouvido. Após colocar o fone de ouvido, faça um teste com o exemplo primeiro exemplo de seu instrumento na barra lateral direita chamado "Teste volume" para verificar se o volume está adequado. Uma vez ajustado, não mude o volume.

18. Para isso responda novamente a seguinte questão: Você leciona que instrumento? \*

- Violino
- Violoncelo
- Flauta
- Oboé
- Canto
- Violão
- Piano
- Outro:

### Professor de Violino

Na barra lateral direita você irá encontrar TRÊS exemplos do mesmo trecho de uma música executada em um violino. Escute cada um e responda as questões abaixo. Por favor, escute apenas os exemplos de violino.

V1) Como você classifica a sala do exemplo 1 com relação à reverberação? \*

Muito seca (muito pouco reverberante)    Seca (pouco reverberante)    Intermediária    Viva (reverberante)    Muito viva (muito reverberante)

Exemplo 1:                   

V2) Como você classifica a sala do exemplo 2 com relação à reverberação? \*

Muito seca (muito pouco reverberante)    Seca (pouco reverberante)    Intermediária    Viva (reverberante)    Muito viva (muito reverberante)

Exemplo 2:                   

V3) Como você classifica a sala do exemplo 3 com relação à reverberação? \*

Muito seca (muito pouco reverberante)    Seca (pouco reverberante)    Intermediária    Viva (reverberante)    Muito viva (muito reverberante)

Exemplo 3:                   

V4) Em qual dos exemplos você julga o timbre do instrumento mais bonito? \*

- Exemplo 1
- Exemplo 2
- Exemplo 3

V5) Imagine o local onde o instrumento está sendo tocado. Em qual deles você gostaria de lecionar suas aulas? \*

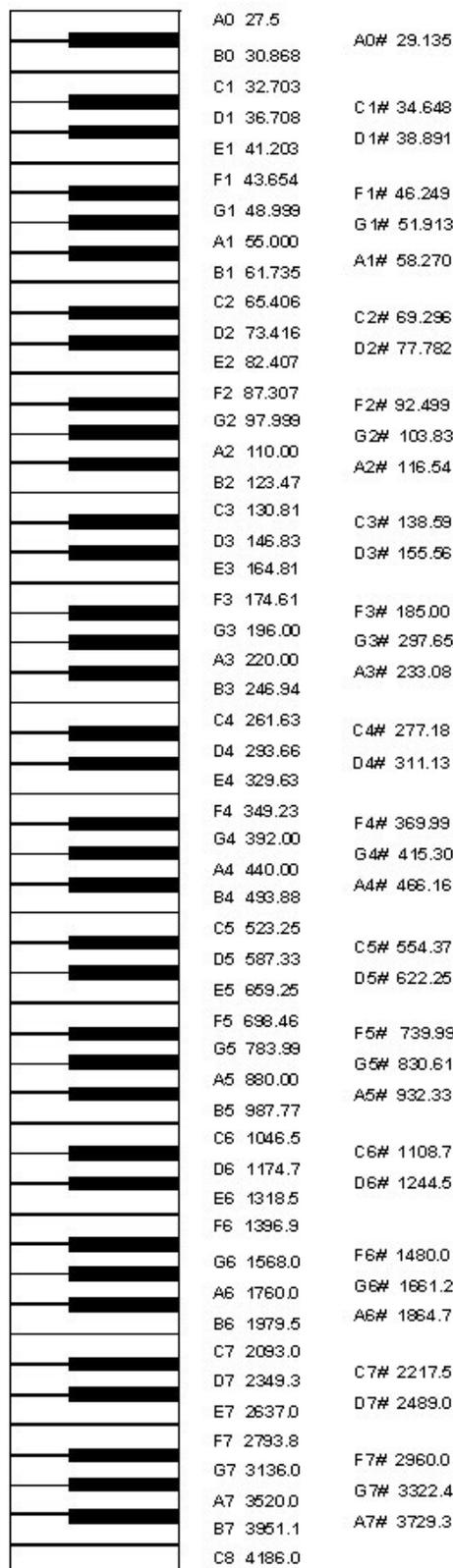
- Exemplo 1
- Exemplo 2
- Exemplo 3

**Muito bem. O questionário está completo!**

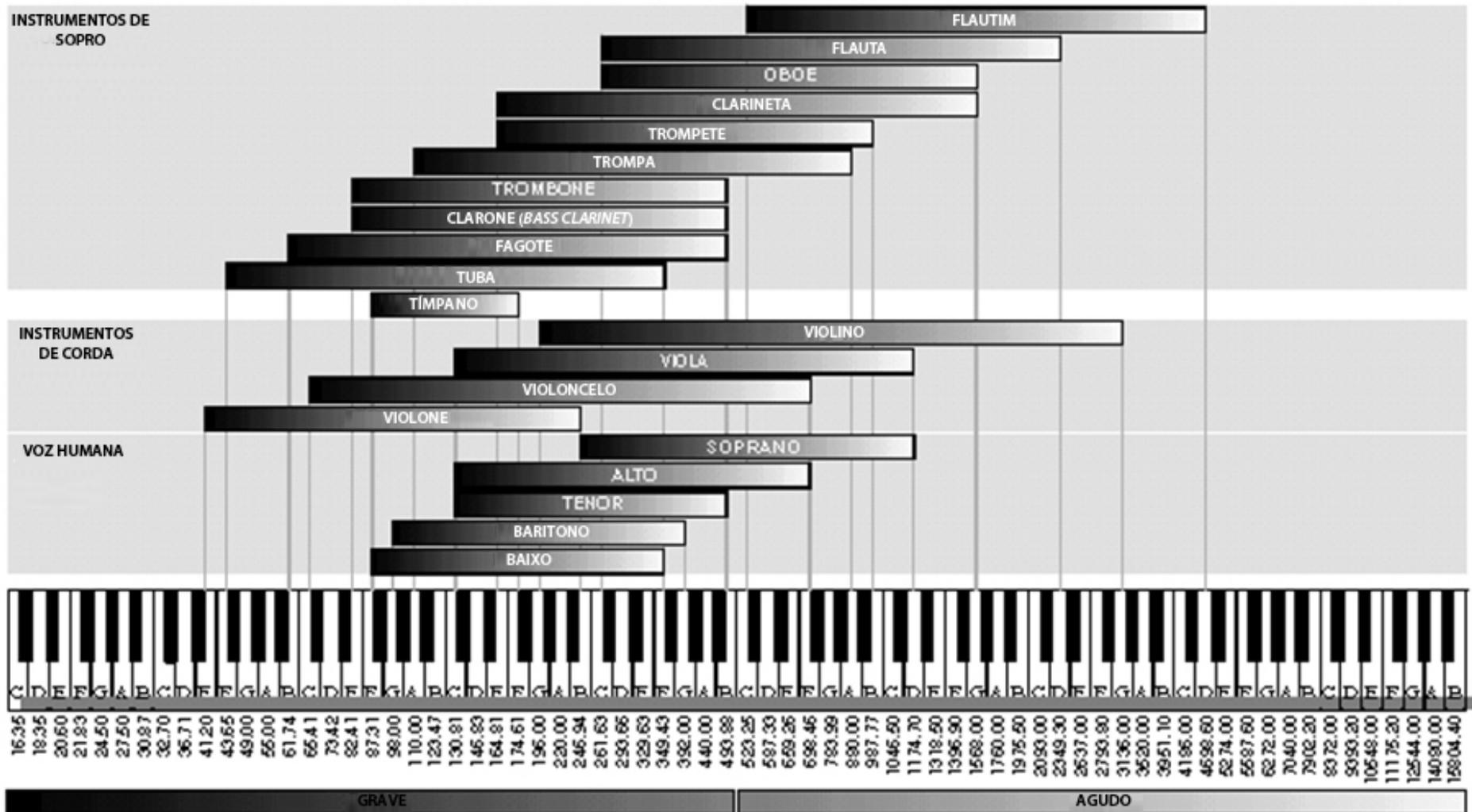
Clique no botão abaixo "submit" para finalizar e gravar seus dados.

## **8. ANEXOS**

Middle C

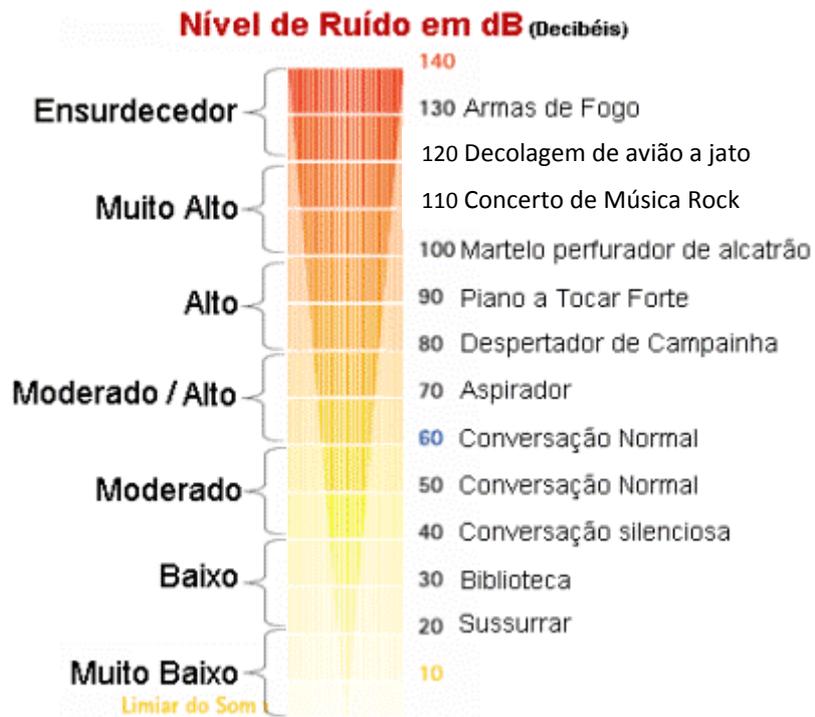


ANEXO 1 - Frequencia em Hz de cada nota musical em um piano.  
 FONTE: <http://www.guitar-vacation-retreats.com/resources/images/note-frequencies.jpg>



ANEXO 2 – Comparativo entre a frequência em Hz de cada nota musical de um piano e outros instrumentos.

FONTE: <http://coletivopegada.files.wordpress.com/2009/04/pianotable1.gif>



**ANEXO 3 – Nível de ruído em decibéis (dB)**

**FONTE:** Megaclima, 2010