

ACÚSTICA DE AMBIENTES: CORREÇÃO SONORA DAS SALAS DE CONCERTO DO CURSO DE MÚSICA DA UFSM

**Oliveira, Marco Aurélio de
Santos, Jorge L. Pizzutti dos**

Universidade Federal de Santa Maria

Centro de Tecnologia - DECC - Laboratório de Termo-Acústica

Fone/Fax: (055) 220-8313 celular: (055) 99568145 email: acoustics@uol.com.br

RESUMO

A necessidade de ambientes acusticamente dimensionados para a realização de shows e eventos musicais, tem motivado inúmeros pesquisadores e profissionais da área de acústica na busca de soluções que atendam a esta finalidade. Em nosso país, o conforto ambiental ainda é uma questão relativamente recente, pois o número de salas e auditórios sem a mínima qualidade acústica ainda prevalece em relação aos ambientes que tiveram projeto acústico. Dentre estes recintos edificadas sem qualquer planejamento prévio incluem-se as salas de concerto do curso de música da Universidade Federal de Santa Maria, construídas durante a década de sessenta. Tais salas se constituem em objeto de estudo deste trabalho. Inicialmente fez-se um levantamento da problemática existente nestes recintos, determinando-lhes o tempo de reverberação por meio de medição com equipamentos. Em uma segunda etapa do projeto foi feita uma intervenção nas salas propostas, instalando-se materiais acústicos adequados que pudessem corrigir-lhes a reverberação.

ABSTRACT

The need for acoustically well designed environments where shows and musical events are to be performed has motivated a great number of researchers and professionals in the area of acoustics to find solutions to improve these kinds of rooms. In our country environments acoustically treated are quite new since the number of rooms and auditoriums with the minimum acoustic quality still prevail compared to environments which were acoustically projected. The Universidade Federal de Santa Maria, built in the 1960's, presents such places: the Course of Music concert halls and auditorium had no previous acoustic planning. Therefore, these rooms have been the object of a research generating the present paper. First, data were collected concerning the acoustic problems in these places and the reverberant time was determined through measurements with adequate equipment. Second acoustic treatment was done in the rooms with appropriate acoustic materials so that reverberation could be corrected in these rooms.

1. INTRODUÇÃO

Existe um consenso compartilhado entre músicos e ouvintes de que uma sala de concerto com adequada sonoridade é imprescindível para o êxito de um evento. Assim, nas últimas duas décadas o setor de construção civil no Brasil tem verificado uma demanda cada vez maior por salas e auditórios com qualidade acústica adequada. Atendendo a esta crescente demanda, estão sendo construídos ambientes conforme os mais recentes padrões acústicos de qualidade. Entretanto, constata-se que a grande maioria dos espaços disponíveis e destinados a eventos musicais não dispõe de uma infraestrutura acústica conveniente por ter sido desconsiderada, ou mesmo negligenciada, a questão do conforto ambiental na construção de tais ambientes. Dentro deste elenco de salas com sonoridade insatisfatória estão as salas de concerto do Curso de Música da Universidade Federal de Santa Maria, construídas durante a década de 1960: Sala Sebastian Benda e Anfiteatro do CAL. A proposta do presente trabalho foi a de intervir nestes recintos visando corrigir os índices de reverberação sonora existentes, a fim de garantir que tanto os alunos quanto os professores do curso de música da UFSM pudessem estar em situação favorável para o pleno desenvolvimento de atividades didáticas e artísticas.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RESULTADOS

2.1 Levantamento Subjetivo da Sonoridade das Salas Pesquisadas

Inicialmente foi feita uma avaliação subjetiva da sonoridade das duas salas propostas na pesquisa, por meio de entrevistas com os usuários dos referidos ambientes: professores e alunos do curso de música da UFSM, bem como o público ouvinte. As respostas obtidas foram as seguintes:

- Sala Sebastian Benda
 - a) Esta sala foi considerada pelos usuários como sendo uma “sala muito seca”, com as notas musicais sendo percebidas em “stacatto”, ou seja, uma parcela do tempo de duração normal das notas musicais terminava por não ser ouvida devido à alta absorção do ambiente.
 - b) O ambiente gerava dificuldades de interpretação ao músico, pois os sons perdiam expressão dinâmica. Sons que deveriam ser ouvidos como “fortíssimo” o eram, na verdade, ouvidos apenas como “forte” ou “mezzo-forte”.
 - c) Havia sensação de perda de timbre dos instrumentos musicais.
 - d) Os sons eram ouvidos desarticuladamente, pois as notas musicais não chegavam a reverberar no ambiente durante o tempo necessário.
- Anfiteatro do Centro de Artes e Letras
 - a) A sala foi descrita como sendo muito reverberante com sobreposição excessiva dos sons, ocasionando alterações na percepção da estrutura melódica, rítmica e harmônica da música.
 - b) O fato das notas musicais perdurarem no ambiente além do tempo de duração representado na partitura, fazia com que houvesse distorções sonoras e estridência das notas musicais durante a performance dos instrumentistas.
 - c) O excesso de reverberação dificultava aos músicos ouvirem-se uns aos outros, de forma nítida e clara.

2.2 Levantamento Quantitativo da Sonoridade

Na avaliação quantitativa da sonoridade das salas pesquisadas foi determinado o tempo de reverberação por meio de ensaio acústico normalizado. Tais ensaios foram conduzidos utilizando-se os seguintes equipamentos: microfone B & K tipo 4166 instalado em um Rotating Boom B & K tipo 3923, Building Acoustic Analyser B & K tipo 4418 e Sound Source B & K tipo 4224. A partir dos dados obtidos nos ensaios acústicos acima mencionados, foram elaborados gráficos de tempo de reverberação x frequência (desde 125 Hz até 4.000 Hz) para cada sala, considerando-se três situações possíveis: sala lotada, sala com 50 % da capacidade e sala vazia. Nestes gráficos a reverberação

existente nas salas sem correção é confrontada com valores ideais de tempo de reverberação previstos em norma. As tabelas 1 e 2 e os gráficos 1 e 2 mostram os valores de tempo de reverberação obtidos:

Tabela 1: Valores de Tempo de Reverberação do Anfiteatro do CAL

Frequência (Hz)	TR Máximo	TR Ideal	TR Mínimo	TR Vazia	TR 50%	TR Cheia
125	1,48	1,28	1,08	3,13	3,00	2,88
250	1,44	1,24	1,05	2,33	2,24	2,16
500	1,39	1,20	1,02	2,79	2,63	2,48
1000	1,35	1,17	0,99	1,91	1,82	1,73
2000	1,30	1,13	0,95	1,70	1,62	1,55
4000	1,25	1,09	0,92	1,50	1,44	1,39

Gráfico 1: TR (s) x Frequência (Hz) – Anfiteatro do CAL

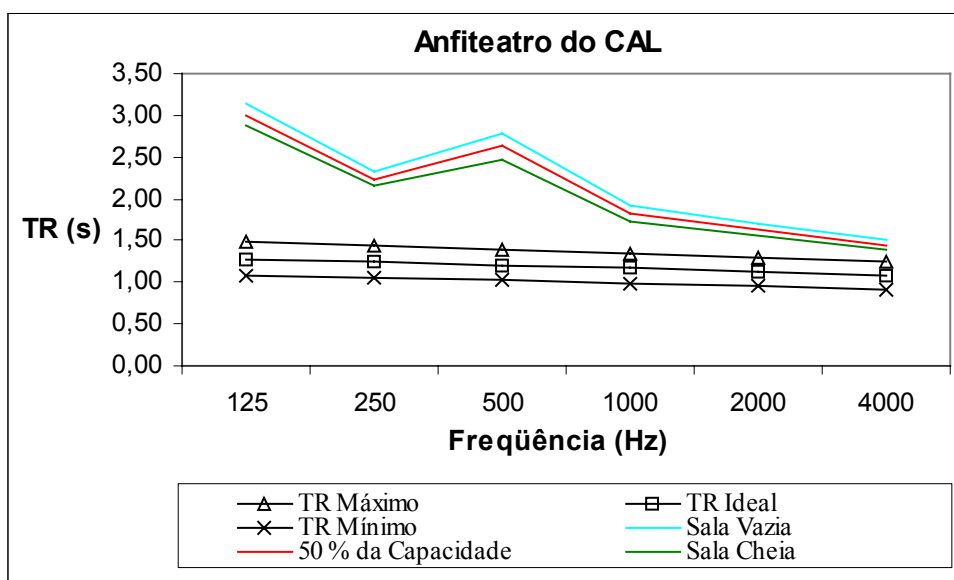
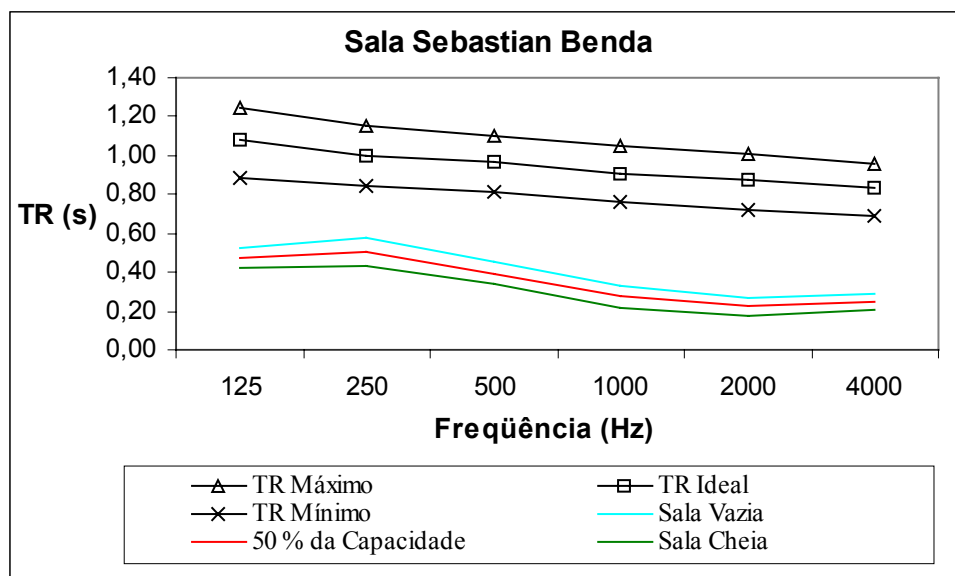


Tabela 2: Valores de Tempo de Reverberação da Sala Sebastian Benda

Frequência (Hz)	TR Máximo	TR Ideal	TR Mínimo	TR Vazia	TR 50%	TR Cheia
125	1,25	1,08	0,89	0,53	0,47	0,42
250	1,15	1,00	0,84	0,58	0,50	0,43
500	1,10	0,97	0,81	0,45	0,39	0,34
1000	1,05	0,91	0,76	0,33	0,28	0,22
2000	1,01	0,87	0,72	0,27	0,23	0,18
4000	0,96	0,83	0,69	0,29	0,25	0,21

Gráfico 2: TR (s) x Freqüência (Hz) – Sala Sebastian Benda



2.3 Análise dos Dados para Instalação de Materiais Acústicos

A sala Sebastian Benda demonstrou ter valores de tempo de reverberação bastante abaixo do estabelecido pela norma. Esta baixa reverberação em todo o espectro de freqüência considerado (125 Hz a 4.000 Hz) foi ocasionada porque as paredes laterais e o forro da referida sala eram totalmente revestidos com painéis de absorção sonora do tipo ressonadores de Helmholtz. Portanto, uma abstração dos baixíssimos valores de tempo de reverberação nela medidos, permitiu classificar tal ambiente como sendo pouquíssima e insuficientemente reverberante para a finalidade à qual se destina. A partir desta constatação, foi feito um cálculo da área de materiais refletores que pudesse revestir parte do material absorvente elevando assim a reverberação da sala a índices aceitáveis. Optou-se então pela instalação de chapas de aço galvanizado nas paredes da referida sala, na forma de pequenos quadros emoldurados com 50 x 50 cm, conforme demonstra a figura 1 a seguir:



Figura 1: Curso de Música da UFSM – Placas de Reflexão Sonora

Foi proposto também a instalação de difusores parabólicos suspensos (figura 2) no forro da sala, como forma de melhor distribuir a energia sonora:



Figura 2: Curso de Música da UFSM – Difusores Parabólicos Suspensos

Contrariamente à Sala Sebastian Benda, o anfiteatro do Centro de Artes e Letras da UFSM apresentou altos valores de tempo de reverberação em todo o espectro de frequências considerado. Tal fato foi ocasionado pela inexistência de material de absorção sonora em quantidade suficiente que pudesse garantir uma reverberação adequada à finalidade de uso do espaço. Tal anfiteatro foi classificado como muito reverberante e dele se inferiu que apresentava também flutter-eco e ineficiente espalhamento do som. A redução do tempo de reverberação em altas e baixas frequências foi conseguida a partir da instalação de painéis acústicos de feltro automotivo colados sobre caixilhos de madeira a 5 cm das paredes. Inicialmente pensou-se em instalar os painéis acústicos de feltro automotivo diretamente sobre as paredes, sem caixilhos de madeira, conforme os procedimentos usuais de instalação recomendados pelo fabricante. Entretanto, como havia a necessidade de absorver não só altas e médias frequências como também frequências de 100 Hz e 125 Hz, decidiu-se ensaiar em laboratório que tipo de performance tais painéis teriam, quando montados de forma estanque sobre caixilhos de madeira. A figura 3 a seguir mostra a preparação do material para ensaio de absorção na câmara reverberante do Laboratório de Termo-Acústica da UFSM:



Figura 3: Painéis de Feltro Automotivo – Montagem para Ensaio de Absorção Sonora

Os ensaios de absorção dos painéis de feltro automotivo, montados sobre caixilhos, demonstraram que o material de fato se comportou eficazmente como absorvedor de baixas frequência. A fim de que se pudesse melhorar os índices de difusão sonora no anfiteatro em estudo, foram instalados no teto do anfiteatro vários difusores parabólicos suspensos por correntes. A figura a seguir ilustra a instalação dos difusores parabólicos suspensos e dos painéis de feltro automotivo, montados e fixados com estanqueidade nas paredes do anfiteatro:



Figura 4: Anfiteatro do CAL – Painéis Acústicos e Difusores Parabólicos

3. CONCLUSÕES

O condicionamento acústico interno das salas propostas foi realizado com êxito, pois se conseguiu agregar tecnologia e estética aos espaços arquitetônicos pesquisados. Ao término do projeto verificou-se que:

- A sala Sebastian Benda passou a ter valores de tempo de reverberação maiores e os sons musicais nela gerados passaram a ter uma maior mistura entre si e com mais harmônicos. Paralelamente a isto, verificou-se também uma melhor distribuição energética do som, pois há agora uma boa audibilidade do som em qualquer posição do espaço interno.
- O anfiteatro do Centro de Artes e Letras teve uma redução nos valores de tempo de reverberação com ganho nos índices de inteligibilidade dos sons musicais e da palavra. Verificou-se também que os problemas de eco foram significativamente reduzidos, tendo havido também uma melhoria na distribuição da energia sonora.
- Embora não tenham sido feitas ainda novas medições de tempo de reverberação nos ambientes, após a intervenção proposta no projeto, constatou-se um índice considerável de satisfação por parte dos usuários destes ambientes. Uma pesquisa realizada com os professores do Curso de Música da UFSM demonstrou que 90% dos entrevistados perceberam mudanças apreciáveis na qualidade e sonoridade dos ambientes corrigidos. Tal avaliação subjetiva condiz com a área de materiais dimensionada e instalada no ajuste do tempo de reverberação, para a finalidade à que se destinam os ambientes pesquisados.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRÜEL & KJAER. **Measurements in Building Acoustics**. Copenhagen: B. K., 1998
- [2] DAVIES, Don. **Sound System Engineering**. Indiana: Sams & Co., 1986
- [3] DOELLE, Leslie L. **Environmental Acoustics**. New York: McGraw-Hill, Inc. 1972
- [4] GERGES, S. **Controle de ruído**. UFSC, 1992
- [5] KUTTRUFF, H. **Room Acoustics**. London: Elsevier Applied Science, 1991
- [6] MENDES, A. M. **Acústica Arquitetônica**. Buenos Aires: UMSA, 1994.
- [7] NEWMAN, Robert B. **Acústica Arquitetural**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Acústica, 1962.
- [8] OLSON, Harry F. **Music, Physics and Engineering**. New York: Dover Publications Inc., 1967

5. AGRADECIMENTOS

A realização deste projeto foi possível com o apoio e engajamento científico das seguintes pessoas e entidades, aos quais o autor deste artigo quer prestar um agradecimento:

Prof. Dr. Jorge Luiz Pizzutti dos Santos: pela orientação, incentivo e apoio na condução do projeto.

Professores e alunos do Curso de Música da UFSM: pela credibilidade em viabilizar o projeto.

Engenheiro Honório, da Waytech Engenharia: por ter gentilmente nos cedido os painéis acústicos de feltro automotivo de que precisávamos.