

## TRATAMENTO ACÚSTICO DO AUDITÓRIO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS - FACISA

José Tadeu de Almeida Pereira\*

### RESUMO

Considerando que a acústica arquitetônica apresenta-se como uma das áreas de conforto ambiental e, portanto, de grande importância para a qualidade do espaço no que diz respeito ao grau de satisfação do usuário, o tema desta pesquisa abordou a questão do tratamento acústico para ambientes fechados. Trata-se de uma proposta de tratamento acústico que teve como objeto o auditório da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas – FACISA, local que será dedicado especialmente à realização de palestras, eventos, simpósios, projeções e que, apesar de encontrar-se em fase de execução é objeto de atenção especial quanto ao conforto e à adequação acústica. Desta forma, desenvolveu-se, inicialmente, a coleta de dados do referido auditório sobre suas características físicas, utilizando-as para análise e comparação com uma base analítica e referencial. Desenvolveu-se, ainda, um levantamento bibliográfico acerca das diretrizes necessárias para o desenvolvimento da proposta. Conclui-se, portanto, que o tratamento acústico apresenta-se como uma das formas viáveis para se alcançar um conforto em relação à intangibilidade da palavra falada. Por isso, a proposta apresentada trata-se não de um trabalho de crítica e/ou mudança do espaço projetado, mas de aperfeiçoamento e adequação às necessidades acústicas manifestadas. Portanto, torna-se relevante, contribuindo, inclusive, para a fomentação de trabalhos futuros nesta especificidade.

Palavras-chave: Tratamento Acústico. Reverberação Sonora. Auditório.

### 1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, o tratamento acústico tem sido preocupação central por parte daqueles que têm interesse por empreendimentos de teatros, cinemas e outras formas de construções, considerando que a acústica implica diretamente na forma como as ondas sonoras se propagam no ambiente, garantindo, assim, um cenário harmonioso.

Nesta perspectiva, o objeto de estudo desta pesquisa foi o auditório da Faculdade de Ciências

Sociais Aplicadas – FACISA, em Campina Grande, cuja obra encontra-se em fase de execução, tendo como projetista o arquiteto Jacques Bianchi Gusmão Nery. O referido auditório dará suporte a eventos internos da Faculdade mencionada, além de abarcar as atividades desenvolvidas pela TV Itararé, bem como outros eventos externos.

O interesse pelo tema em questão surgiu a partir da análise do ambiente em que se encontra o prédio da Faculdade citada, visto que ela se localiza próxima a uma via de tráfego, havendo necessidade de uma proteção contra ruídos externos que interfiram diretamente nas atividades

\* Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas (FACISA), Pós-graduando em Master em Arquitetura pelo Instituto de Pós-Graduação (IPOG). E-mail: tadeu.almeida@hotmail.com.

desenvolvidas no ambiente do auditório. Destacam-se, ainda, os aspectos relacionados às fenestrações, abertura de janelas ou frestas, pontos, inclusive, destacados pelo arquiteto projetista, que termina por interferir nos cuidados relacionados à transmissão sonora. Cabe destacar que o presente trabalho apresenta-se como estudo de caso, ou seja, de uma realidade específica, cujas conclusões extraídas não são possíveis de serem aplicadas em todas as formas arquitetônicas possíveis.

Pretendeu-se, em linhas gerais, observar as especificidades próprias de um determinado local - de uma realidade singular - para se aplicar as técnicas gerais proporcionadas pelo estudo da arquitetura. Nesta perspectiva, o estudo adquire importância ao contribuir com estudos em torno da temática em questão e reforçar a imprescindibilidade do conhecimento do profissional arquiteto sobre os princípios básicos que determinam os fenômenos acústicos e as formas como eles interferem no homem.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi pensado o seguinte objetivo: apresentar uma proposta de tratamento acústico para o auditório da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Campina Grande, a qual proporcionará um alerta aos profissionais de engenharia e arquitetura sobre a importância desta variável de projeto de arquitetura, além de auxiliar no desenvolvimento de um ambiente perfeitamente ajustado aos problemas referentes à propagação das ondas sonoras.

Nestes termos, foi levado em consideração cada local que poderia se apresentar como mais suscetível à influência de agentes externos, como, por exemplo, o local para uso da palavra falada, além de se observar a quantidade de pessoas que o ambiente pretende acolher (500 pessoas), visto que a extensão do espaço também é fator fundamental no desenvolvimento do tratamento acústico. Assim,

a partir da análise de todos os detalhes que envolviam o local estudado, pode-se dar a devida visualização das necessidades apresentadas, sendo possível propiciar ao auditório os materiais dos quais não se pode prescindir em relação aos cuidados frente à reverberação sonora, garantindo, desta forma, a inteligibilidade em seu uso.

## 2 ACÚSTICA ARQUITETÔNICA

Segundo De Marco (1982, p. 3), dentro de um leque de atividades sobre as quais a acústica tem influência, a acústica arquitetônica delimita-se em duas áreas específicas:

- a) defesa contra o ruído: sons indesejáveis devem ser eliminados, ou então amortecidos. Isto se refere tanto à intromissão de ruídos alheios ao local, através dos diferentes fechamentos, quanto àqueles produzidos no próprio interior;
- b) controle de sons no recinto: nos locais onde é importante uma comunicação sonora (salas de aula, teatros, auditórios), necessita-se de uma distribuição homogênea do som que preserve a qualidade e a inteligibilidade da comunicação, evitando defeitos acústicos comuns (ecos, ressonâncias, reverberação excessiva).

Para resolver este e outros problemas que se apresentam para o arquiteto, é necessário conhecer os princípios básicos que determinam os fenômenos acústicos e as formas como eles interferem no homem, tanto as formas de emissão do som, sua propagação nos meios materiais e seu comportamento frente às barreiras, como os critérios de interferência com as comunicações

sonoras, sempre subjetivas e de difícil generalização. Devem também ser levadas em conta as propriedades acústicas dos materiais, forma e tamanho dos locais, disposição dos diferentes elementos, etc.

## 2.1 ONDA SONORA

Segundo De Marco (1982, p. 10), a onda se desloca com uma velocidade que independe da frequência e da amplitude da oscilação. Depende, porém, das características do meio, da pressão, da umidade e, especialmente, da temperatura. O seu valor é de 345 m/s para 22°C aproximadamente. A sua variação com a temperatura pode ser indicada como:

$$C = (3331,4 + 0,607 t) \text{ m/s}$$

Equação 1 – Velocidade de onda  
Fonte: De Marco (1982)

$$\begin{matrix} C = \text{velocidade} \\ t = \text{temperatura} \end{matrix}$$

De Marco (1982, p. 11) diz que se imaginarmos a fonte sonora como pontual e o meio de propagação como homogêneo, as ondas emitidas serão esferas concêntricas que se dilatarão à velocidade do som. Observando essas ondas a uma distância suficientemente afastada da fonte, pode-se assumir, para entorno pequeno, que as ondas são planas.

De Marco (1982) denomina frente de onda o conjunto de pontos onde há num determinado instante, a mesma fase de rarefação ou compressão do meio. Para este autor, raio sonoro é uma linha teórica perpendicular às frentes de onda.

Huygens, segundo De Marco (1982), lançou a teoria de que, na propagação do som, cada molécula vem constituir uma nova fonte sonora secundária, de emissão também esférica, sendo que, devido à contraposição das moléculas vizinhas, só poderá propagar-se na direção do raio sonoro.

Comprimento de onda (  $\lambda$  ) é a distância entre

duas frentes de onda consecutivas, ou seja, a distância percorrida pela onda no período, como:

$$C = \lambda / t \quad \text{então} \quad C = \lambda / T \quad \text{e} \quad C = \lambda \cdot f \text{ (m} \cdot \text{s)}$$

Equação 2 – Comprimento de onda  
Fonte: De Marco (1982)

## 2.2 FREQUÊNCIA SONORA

A frequência é, conforme Silva (2005), determinada pelo número de oscilações completas por segundo, ou seja, o número de idas e voltas completas de particulares vibrantes. A frequência é medida em ciclos por segundos (C.P.S.) ou em Hertz (Hz). Observando a repercussão senoidal do movimento harmônico simples, concluímos que, para cada volta completa do ponto móvel, a senóide se repete.

Para representar o diagrama das pressões para um ponto qualquer de um determinado recinto, onde se propague o som, em função do tempo, encontraremos o gráfico da pressão em função do tempo.

Ainda de acordo com Silva (2005), a frequência da onda sonora é igual à da fonte de origem. É bom lembrar que apenas as vibrações dentro de certos limites de frequência são audíveis pelo homem. Quanto à frequência, os limites de audição estão compreendidos para um órgão auditivo humano normal médio, entre 16 a 30000 HZ. A frequência da onda sonora caracteriza a qualidade chamada de altura do som onde o som de baixa frequência diz-se grave, enquanto o de alta frequência diz-se alto ou agudo.

## 2.3 MATERIAIS

A boa acústica de um ambiente, segundo Souza (2006, p. 127), é obtida pelas formas irregulares e difusoras de superfície e,

principalmente, pela aplicação balanceada de materiais de construção, esses de forma que sua distribuição influencia na reverberação do ambiente. Com isso podemos dizer que o tempo de reverberação é inversamente proporcional à quantidade de materiais fonoabsorventes. Portanto, na acústica do ambiente, a escolha dos materiais das superfícies é relevante, pois estes influenciarão na intensidade do som refletido, na porcentagem do som absorvido, na distribuição das frequências, reverberação e nível de ruído, ou seja, são em grande parte responsáveis pela quantidade acústica do som.

Os materiais de construção têm uma característica comum que é a capacidade de absorção sonora, diferenciando-os pelo grau com que absorvem e a maneira pela qual promovem a absorção. Essa absorção promove a alteração da energia sonora em outra forma de energia, principalmente calor, dependendo do coeficiente de absorção do material que representa a porcentagem do som absorvente, podendo variar com valores entre 0 e 1.

#### a) Materiais Fonorrefletores

São materiais que apresentam valores de absorção próximos a zero e têm características de impermeáveis, grande resistência à passagem do ar (pouca porosidade), como, por exemplo, pedras, azulejos, resinas, e os utilizados na construção do auditório tratado nesta pesquisa que são madeira, vidro e blocos cerâmicos.

#### a) Materiais fonoabsorventes

São materiais com coeficiente de absorção próximo de 1,00, citados por alguns autores, e cuja característica predominante é a absorção sonora,

razão por que são chamados de materiais acústicos. Esses materiais são divididos em porosos, painéis e ressoadores.

À exceção de outros autores, De Marco (1982) afirma que todo material é fonoabsorvente, porém alguns têm característica excelente de absorção sonora e outros, de péssima absorção sonora.

## 2.4 TRATAMENTO ACÚSTICO

Conforme De Marco (1982), o tratamento acústico tem a função de reduzir todos os ruídos (exteriores e interiores) a níveis muito baixos, tomando como base alguns cuidados com o ambiente que é relevante para o estudo do caso. Em primeira análise, todo auditório grande, ao ser projetado numa área urbana, deve ter um setor de locais insensíveis ao ruído (dependências, por exemplo) entre o exterior e o auditório, ou então um sistema de duas paredes de isolamento. A mesma idéia deverá ser utilizada no teto, se o nível médio de ruído externo for alto. Isto é especialmente importante em relação a ruídos de aviões, que podem prejudicar muito uma apresentação que esteja se realizando no auditório.

De forma geral, as janelas devem ser evitadas, pois uma construção apropriada para estas seria pouco prática, ou de alto valor. Quando as janelas são indispensáveis, devem ser tão pequenas quanto possível, com fechamentos especiais (vidro laminado).

As portas devem ser pesadas e, quando separam o auditório das áreas ruidosas ("foyer", vestíbulos), devem ser hermeticamente fechadas, ou melhor, ser duplas com espaços intermediários.

Todos os espaços de circulação terão forros absorventes e todos os pisos que rodeiam o auditório terão acabamentos macios. Salas de ensaio, se



elaborado pelo escritório Isay Weinfeld Arquitetura.

### 2.5.1 AUDITÓRIO DA ESCOLA IBMEC

A edificação está localizada em uma das mais movimentadas avenidas da cidade de São Paulo. Um dos maiores obstáculos do projeto acústico foi o tratamento do auditório, o qual tem capacidade para 250 pessoas. Para aproveitar a utilização do lote, o auditório foi implantado no piso térreo e próximo à avenida de maior fluxo, que é rota de ônibus e carros, os quais são fontes de geração de ruído. Para solucionar este problema, o projeto acústico do auditório teve como objetivo alcançar o tempo ótimo de reverberação de fonte sonora falada, de forma a distribuir o revestimento fonorrefletente na área do palco, fazendo uso de madeira como revestimento do piso, e de materiais lisos nas paredes laterais. No restante do ambiente é usado material fonoabsorvente, fazendo-se uso do carpete no piso da platéia e de materiais porosos nas paredes de fundo e laterais, além do teto. O projeto utilizou formas ou inclinações para eliminação do paralelismo das paredes laterais, com o objetivo de evitar ecos.

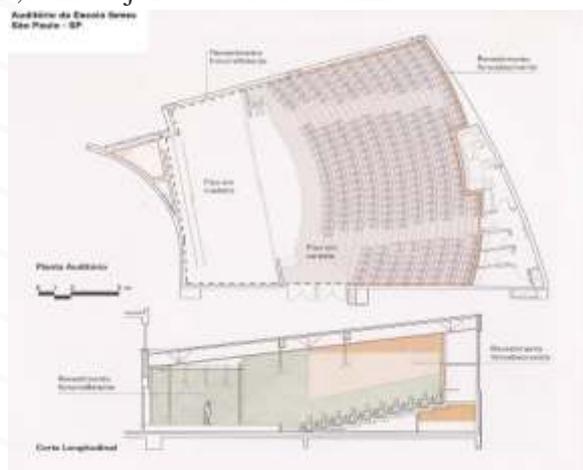


Figura 1 - Planta baixa e corte do Auditório da Escola Ibmecc  
Fonte: Grunow (2008)



Figura 2 - Auditório da Escola Ibmecc  
Fonte: Grunow (2008)

### 2.5.2 AUDITÓRIO DA LIVRARIA DA VILA

O Auditório da Livraria da Vila, localizado no shopping Cidade Jardim em São Paulo, é constituído por volume envidraçado. Seu projeto acústico teve que considerar a interferência do ruído interno da loja ao ambiente do auditório. Para isolar o ruído, foi especificado vidro duplo na espessura de 10 mm, em toda a sua extensão, sem que tenham sido instalados esquadrias ou alguns elementos aparentes de fixação, o que tornou o ambiente simples. Para o ambiente em estudo, este material pode ser usado adequadamente, já que o projeto contempla janelas nas paredes laterais, evitando, assim, ruídos indesejáveis que podem interferir na acústica do ambiente. Embora o vidro possa parecer uma solução inadequada ao conceito arquitetônico em relação à vedação, sua utilização ficará evidenciada a partir do momento em que o projeto e suas especificações mostrarem as vantagens arquitetônicas e acústicas do ambiente.



Figura 3 - Planta baixa do Auditório da Livraria da Vila  
Fonte: Grunow (2008)



Figura 4 - Auditório da Livraria da Vila (1)  
Fonte: Grunow (2008)

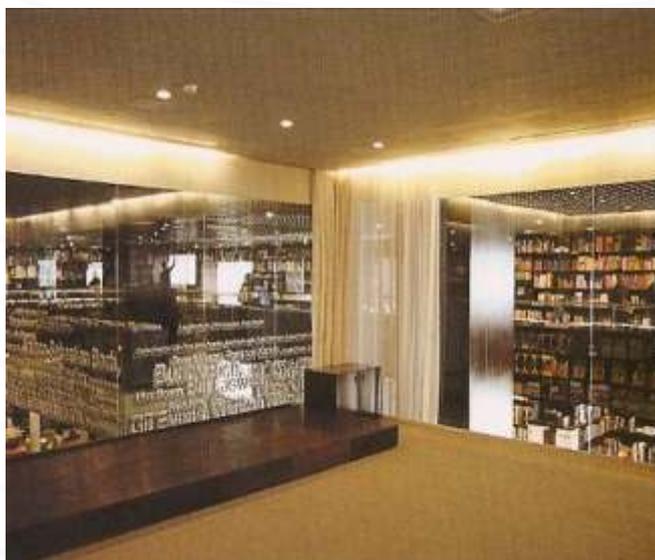


Figura 5 - Auditório da Livraria da Vila (2)  
Fonte: Grunow, (2008)

Através destes exemplos, podemos garantir a real importância deste assunto, devido, principalmente, em relação à qualidade e inteligibilidade do ambiente, à necessidade de proporcionar conforto, em relação à acústica, a locais fechados. Faz-se necessário ao arquiteto ter conhecimentos das técnicas, processos e materiais a serem utilizados para um melhor acondicionamento acústico dos ambientes de trabalho, das residências, entre outros, tornando este profissional cada dia mais imprescindível à sociedade.

### **3 A PROPOSTA: TRATAMENTO ACÚSTICO PARA O AUDITÓRIO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS**

#### **APLICADAS (FACISA)**

O projeto de tratamento acústico no Auditório da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas – FACISA, cuja edificação encontra-se em fase de execução da obra, situada na Av. Argemiro de Figueiredo, 1901, bairro do Itararé em Campina Grande-PB. O projeto foi elaborado pelo arquiteto “Jacques Bianchi Gusmão Nery”, o que nos impede de realizar alterações, por questão de ética.

Nesta etapa, foi feito um tratamento acústico, visando melhorar a forma como as ondas sonoras se propagam dentro deste ambiente, corrigindo-se problemas de ondas estacionárias. Para tanto, foi utilizado o método de Sabine (De Marco, 1982), com objetivo de evitar as reflexões exageradas ou uma acústica muito morta e amenizar alguma frequência que soe muito alta. Com base nestas informações, faz-se necessário um projeto de concepção arquitetônica de interior para o ambiente em estudo, com base na memória de cálculo (*equação de Sabine*), fundamentado no tempo ótimo de reverberação. Propôs-se a utilização de novos materiais aplicados à acústica, que se encontra em tendência de uso no mercado.

#### **3.1 O RUÍDO NO ENTORNO**

O auditório em estudo fica localizado às margens da Av. Argemiro de Figueiredo, que é conhecida por alça sudoeste, principal via de ligação entre a capital do estado da Paraíba, João Pessoa, e o sertão paraibano, além do acesso, ao sul, à cidade de Caruaru, em Pernambuco. A via produz um ruído intermitente, com pouca frequência, proveniente do tráfego de veículo leve e pesado, na ordem de 65dB (A), valor que, em função da distância entre a fonte e o auditório e o sentido da ventilação, que empurra o ruído para o lado oposto ao auditório (sentido noroeste), decresce



Figura 6 - Planta de localização  
Fonte: Arquivo em CAD do projeto executivo da FACISA

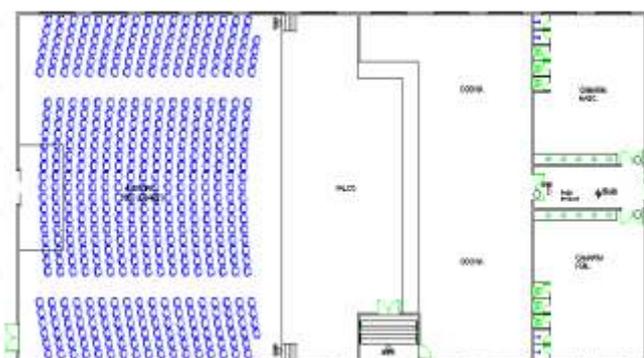


Figura 7 - Planta de baixa do auditório  
Fonte: Arquivo em CAD do projeto executivo da FACISA

O auditório dispõe de 950.000 m<sup>2</sup> de área e tem capacidade para 500 pessoas, além de contar com ambiente tipo camarins masculino e feminino, área da cochia, que fica localizada atrás do palco, e a sala de projeção do som, que fica na entrada do auditório na parte superior. O auditório tem um pé direito de aproximadamente 9,00m a partir do palco.

As paredes laterais dispõem de 12 janelas com 5,90m<sup>2</sup>, contrapondo-se a De Marco (1982) que sugere evitar janelas em auditório. Neste caso não podemos intervir pelo motivo citado anteriormente. Isto será solucionado através da

escolha dos materiais (vidro) que melhor atenderão ao objetivo do projeto. A porta de entrada principal conta com dimensões de 2,50 x 2,00, e existe uma porta de emergência, medindo 2,50 x 1,60 m, além de outra, de acesso ao palco pela fachada oeste, com medidas iguais às da porta de emergência que dá acesso à cochia. O teto possui vigas transversais para vencer a distância do vão de 20,80 m entre as paredes laterais.

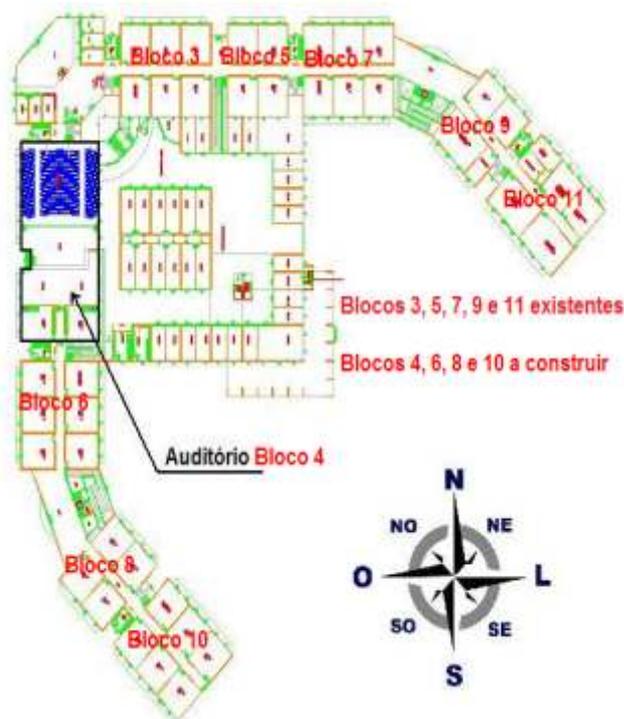


Figura 8 - Planta de situação  
Fonte: Arquivo em CAD do projeto executivo da FACISA

### 3.2 DIRETRIZES A SEREM CONSIDERADAS NO TRATAMENTO ACÚSTICO.

Em um projeto de tratamento acústico devem ser consideradas algumas diretrizes, tais como:

- Evitar paralelismo das paredes: as paredes laterais, sempre que possível, deverão possuir ligeira inclinação, ou seja, não devem ser paralelas, para evitar reflexões nocivas com os ecos sucessivos (DE MARCO, 1982);
- Evitar as vedações em vidro simples, uma vez

que o coeficiente de transmissão do vidro simples é alto, podendo gerar um desconforto sonoro;

- c) Teto: Conforme Silva (2005), o teto deve ser refletor nas proximidades do palco e absorvente no fundo do auditório;
- d) Cuidados com as poltronas: as cadeiras deverão ser do tipo poltrona, e estofadas, para aumentar a superfície de absorção. O recomendado é que o coeficiente de absorção seja equivalente a uma pessoa média sentada;
- e) Cuidado com o volume de ar do local: obtido através dos cálculos das dimensões do auditório, retirando desse valor as áreas não contempladas, ou seja, objetos que estão inseridos no ambiente;
- f) Reverberação: para equacionar a reverberação do caso em estudo, é necessário que os materiais fonoabsorventes sejam distribuídos de forma homogênea, ou seja, não podem concentrar-se só na parede, ou só no piso: têm que ser iguais à distribuição;
- g) Materiais: para os cálculos matemáticos, os materiais de absorção sonora são inversamente proporcionais ao tempo de reverberação.

### 3.3 TRATAMENTOS ACÚSTICOS

De acordo com as diretrizes acima mencionadas, elaboramos, em nível de anteprojeto, intervenções no ambiente do auditório, mais precisamente no teto, paredes laterais e sala de som, conforme descrito a seguir:

#### 3.3.1 PRÉ-DEFINIÇÃO DA FORMA

De acordo com o projeto, a área do teto mede, aproximadamente, 500m<sup>2</sup>, onde propomos a instalação de placas em gesso em toda a área mencionada e distante 0,50m da laje do 2º andar,

além de 20 placas rebatedoras em forma de quadrado, medindo 3,125 x 3,125m, com espessura de 0,20m, distribuídos de forma simétrica, com espaçamento entre as paredes laterais de 1,38m e fundo de 1,30m e entre si de 0,60m. As vigas existentes entre as paredes laterais serão o apoio para as luminárias do palco.

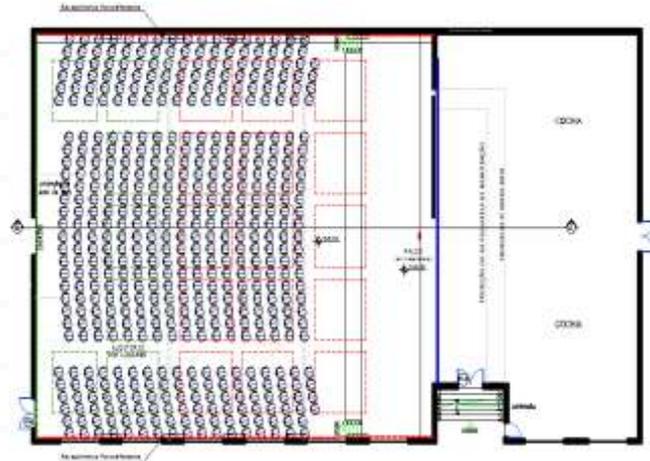


Figura 9 - Planta baixa com detalhamento dos materiais acústicos  
 Fonte: Acervo próprio do autor

O projeto contempla janelas nas paredes laterais, o que não é comum em auditórios (SILVA, 2005). Entre elas serão instaladas peças com 5,96m de altura, 1,26m de largura e 0,25m de espessura, com a função de quebrar o paralelismo, ou seja, de tornar a estrutura das paredes heterogêneas, o que é favorável à distribuição do som. Com isso, evitam-se os ecos e, conseqüentemente, reduz-se o volume de ar do auditório, alcançando o objetivo, que é o tempo ótimo de reverberação.

Com relação à sala de som, propõe-se o seu fechamento através de vidros especiais, para não torná-la desconectada do ambiente.

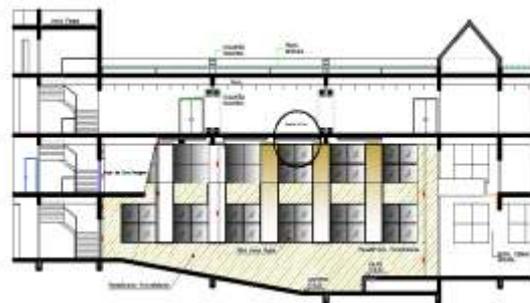


Figura 10: Planta de corte com detalhamento dos materiais acústicos  
 Fonte: Acervo próprio do autor

### 3.3.2 VOLUME DO AR

O volume do ar, segundo De Marco (1982), do ambiente como do auditório, é importante para determinar o tempo ótimo de reverberação que é o tempo em que o som decresce em 60 dB. Esse volume é calculado a partir das dimensões do auditório, subtraindo desse valor calculado as áreas não contempladas, como, por exemplo, o palco, a sala de som e os detalhes entre as janelas. Em uma análise matemática, pode-se observar que o volume do ar no recinto é diretamente proporcional ao tempo de reverberação.

O volume é dado por  $m^3$ . Através de dados obtidos do projeto, tem-se um valor de  $3.985,79 m^3$ , aproximadamente  $4.000 m^3$ , correspondentes ao volume do auditório em estudo.

### 3.3.3 PRÉ-DEFINIÇÃO DOS MATERIAIS

Para chegar ao tempo de reverberação que encontramos através do gráfico de Sabine, propõe-se alguns materiais fonorrefletentes e fonoabsorventes, que serão necessários para atingir o objetivo desta pesquisa, que é a boa acústica do local. Tomando com base as diretrizes mencionadas anteriormente, o palco foi contemplado com tábua de madeira de encerado normal em toda a sua extensão, pois tem característica de material fonorrefletente e ajudará na reflexão do som (palavra falada) para a platéia. A cortina será de veludo ( $0,6 kg/m^2$ ) com dobras de 50% de sua área, pois se trata de um material muito absorvente, o que evita os ecos no palco.



Figura 11 - Perspectiva do auditório (1)  
Fonte: Acervo próprio do autor

Nas paredes laterais e nas peças entre as janelas foram projetadas tábuas de fibra de madeira polida, também com as mesmas características do material do palco, e na parede de trás do auditório pré-definiu-se lã de rocha apoiada à parede para que o som não seja refletido, evitando o eco.



Figura 12 - Perspectiva do auditório (2)  
Fonte: Acervo próprio do autor



Figura 13 - Perspectiva do auditório (3)  
Fonte: Acervo próprio do autor

Nas janelas, propõem-se vidros laminados (duplo), que é o envidraçamento formado por dois ou mais vidros unidos pela interposição de uma ou de várias lâminas de etil, vinil e acetato (EVA). Este material possui boa aderência devido ao sanduíche formado pelo vidro e o EVA.

No teto os materiais devem trazer equilíbrio à acústica de forma que seja utilizado material como gesso em 80% do teto, pois ele tem características de superfície porosa para frequências altas, sendo utilizado no restante o forro modulado Tile CLPI-IN ao fabricante Hunter Douglas que é um sistema com características de painéis quadrados com dimensões de 625 X 625 mm, lisos ou perfurados com junta seca e perfil de sustentação.

Esse sistema é fabricado em Aluzinc e pintura à base de poliéster, que garante alta resistência e longevidade ao produto. Os painéis perfurados com manta acústica têm excelente absorção sonora. Como o sistema permite a montagem com vários blocos, propõe-se a instalação de cinco blocos com 25 peças e dois blocos com 20 peças do Sistema Tile Clip-in cada um, de forma que esses blocos sejam distribuídos para criar uma simetria, evitando uma rigidez ao ambiente. Estes blocos dispõem de uma estrutura heterogênea, com 0,20 m de espessura a partir do teto, localizado na parte de trás do auditório, e são responsáveis por boa parte da absorção sonora.

As poltronas são do moderno marquee E-Linc do fabricante Giroflex. São ideais para uso de notebooks, com pranchetas equipadas com sistema de recolhimento através de mecanismo antipânico e estruturas internas dos pedestais laterais preparadas para receberem calhas customizadas para passagem de cabeamento elétrico, dados e voz, e com característica de absorção sonora média.

O piso será revestido com carpete que tem características como resistência, isolante térmico,

elétrico e acústico, alta densidade.

Para quantificação dos materiais, os dados foram lançados na tabela do método de Sabine.

### 3.3.4 TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Fazendo uso do gráfico 2 para o volume obtido através de cálculos matemáticos, chega-se a um valor de 1,3s, o tempo ótimo de reverberação. Através desse tempo obtido, estuda-se a sua influência em três frequências que são 500, 1000 e 2000 Hz (Tabela 2). Juntamente com os valores de coeficiente de absorção dos materiais a serem aplicados no ambiente, propostos anteriormente, alcançar-se-á o objetivo do projeto, que é dotar o ambiente para o tempo ótimo de reverberação obtido no gráfico, com tolerância de 0,1s para mais ou para menos.

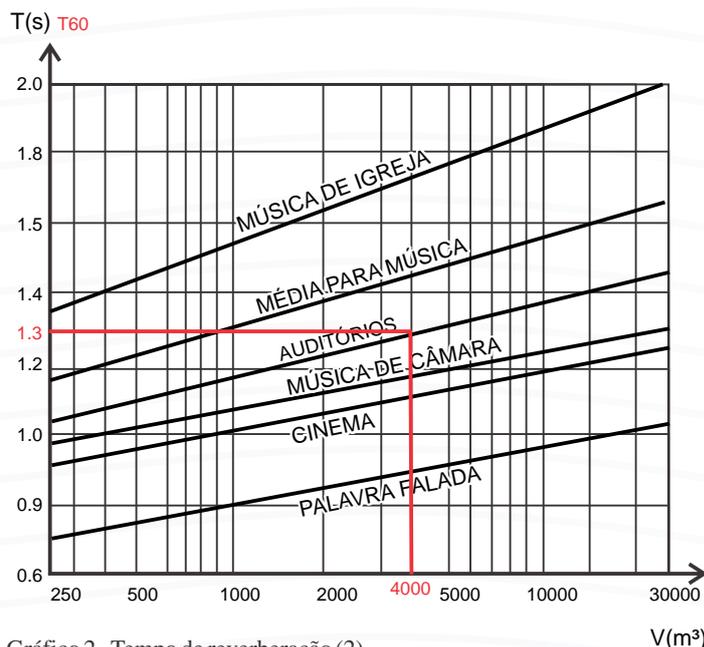


Gráfico 2 - Tempo de reverberação (2)  
Fonte: De Marco (1982)

A partir desses dados, calculou-se a absorção ideal (A), de modo a garantir a exigência anteriormente citada, através da seguinte equação:

$$T60 = 0,161 \cdot V/A$$

T60 = Tempo de Frequência em estudo  
V = Volume  
A = Absorção Ideal

Fonte: De Marco (1982)  
Equação 5: Tempo de reverberação (2)

Para chegar aos valores de tempo para as frequências em estudo (500, 1000 e 2000), obteve-se o valor em  $m^2$  da superfície. Multiplicando este valor pelo coeficiente de absorção do material que propomos para superfície do ambiente, ao final teremos um somatório do tempo, com a contribuição de todos os materiais propostos, obtendo os seguintes valores através da equação de absorção ideal, de acordo com a tabela abaixo:

**Tabela 2: Tabela do método de Sabine (2)**

Sistematização dos Dados

Edificação	Item	Descrição do Material	Materiais	S <sub>ref</sub>	500			1000			2000		
					α	S	T	α	S	T	α	S	T
P00	08	Cimento	Plata	708,28	0,100	70,83	0,100	70,83	0,100	70,83	0,100	70,83	
	13	Fita de lã de rocha, sobre ojetos acústicos convencionais (em 100 cm de comprimento)	Plata	121,96	0,700	85,37	0,800	97,57	0,900	109,77	0,900	109,77	
P01	09	Revestimento de gesso, sobre ojetos convencionais, em 100 cm	Cimento	807,36	0,020	16,15	0,020	16,15	0,020	16,15	0,020	16,15	
	41	Cimento acústico (MgO) com espuma 10% de espuma de uretano	Plata	144,62	0,500	72,31	0,700	101,23	0,800	115,70	0,900	130,16	
P02	40	Tela de lã de rocha para vidro laminado duplo	Alumínio	32,71	0,700	22,90	0,800	26,17	0,900	29,44	0,900	29,44	
	42	Tela de lã de rocha para vidro laminado duplo	Alumínio	124,38	0,700	87,07	0,800	99,50	0,900	111,94	0,900	111,94	
P03	37	Tela de lã de rocha sobre ojetos convencionais	Alumínio	20,02	0,700	14,01	0,800	16,02	0,900	18,03	0,900	18,03	
	43	Lã de rocha aplicada à parede	Lã de rocha	80,71	0,050	4,04	0,050	4,04	0,050	4,04	0,050	4,04	
P04	44	Módulo acústico absorvedor	Plata	0,00	0,600	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
	45	Vidro laminado duplo	Alumínio	81,72	0,010	0,82	0,010	0,82	0,010	0,82	0,010	0,82	
P05	46	Vidro com parede acústica	Alumínio	37,80	0,600	22,68	0,800	30,24	0,900	34,02	0,900	34,02	
	47	Tela de lã de rocha para vidro laminado duplo	Alumínio	124,38	0,700	87,07	0,800	99,50	0,900	111,94	0,900	111,94	
RESERVADO (00)	0	Abstração acústica, acústica convencionais	Alumínio	45,00	0,100	4,50	0,100	4,50	0,100	4,50	0,100	4,50	
	10	Polímero acústico sobre ojetos convencionais	Alumínio	108,61	0,200	21,72	0,300	32,58	0,400	43,44	0,500	54,30	
48	Al. gr. 07		888,70	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
			<b>Absorção Proposta</b>			<b>400,000</b>	<b>500,000</b>	<b>600,000</b>	<b>700,000</b>	<b>800,000</b>	<b>900,000</b>		
			<b>Absorção Ideal</b>			<b>400,000</b>	<b>400,000</b>	<b>400,000</b>	<b>400,000</b>	<b>400,000</b>	<b>400,000</b>		

Tempo Proposto

**Cálculo da Absorção Ideal**

= 1,3

T	α	S	T
100 m <sup>2</sup>	0,60	60	100
1000 m <sup>2</sup>	0,60	600	1000
10000 m <sup>2</sup>	0,60	6000	10000

Fonte: Silva (2005)

De posse da convergência entre a técnica (equação de Sabine) e a proposta arquitetônica, conclui-se a proposta de tratamento acústico de acordo com as tabelas, gráficos e perspectivas apresentadas.

## 4 CONCLUSÃO

A implementação para soluções de caráter acústico tem um impacto positivo na qualidade total do edifício, visto que a qualidade do espaço é avaliada pelo equilíbrio e harmonia da forma e função, pela sua iluminação, sua temperatura e pelo ambiente sonoro. Por isso, tem recebido atenção

especial nas construções de auditórios, cinemas, teatros que priorizam o conforto e a adequação do som em tais ambientes.

Importa destacar que é nessas construções, sejam elas quais forem, nas quais passamos a maior parte do nosso tempo em atividades de lazer, trabalho ou repouso, o que torna imprescindível a sua qualidade acústica, garantindo-se o maior e melhor aproveitamento das atividades desenvolvidas em tais locais.

Até o início do século vinte, pouca importância se atribuía à acústica em início de projetos, ou seja, após o desenvolvimento completo do projeto verificava-se a ausência de um ambiente acusticamente confortável, diante da presença de ruídos externos e internos, o que implicava na necessidade de uma tomada de posição e isso, conseqüentemente, resultava em mais custos, por se tratar de um projeto “pronto”.

Atualmente, a acústica e a arquitetura tomam-se cada vez mais interligadas durante o projeto e a construção. A maioria dos problemas de ordem acústica poderia ser solucionada durante o projeto de arquitetura. Para tanto, seria necessário, no mínimo, conhecer o funcionamento do edifício e os princípios da acústica arquitetônica, identificando as fontes de ruído, conhecendo os materiais com características de absorção e isolamento e usando o bom senso, para compor o espaço com a implantação, a forma e os materiais adequados. Diante de tais assertivas, podemos concluir que a preocupação em fase inicial de projetos, com o tratamento acústico adequado, contribui de forma significativa para o conforto e bom andamento de projetos arquitetônicos, tornando-os mais completos, desde o início, e menos onerosos.

O desenvolvimento do presente trabalho se deu a partir da tomada de uma análise comparativa

com alguns grandes auditórios que se apresentaram adequadamente quanto aos princípios da acústica e arquitetura. Todavia, destaca-se que a proposta para o tratamento acústico de auditório, a qual tem como quesitos principais a absorção sonora, isolamento sonoro, coeficiente de absorção sonora de forma economicamente viável, não objetiva reproduzir tais modelos, mas, destacar para os profissionais e acadêmicos da área a importância da acústica em ambientes fechados, demonstrando de forma prática que é possível se projetar um ambiente com um mínimo de ruídos, convivendo com eles, inclusive sem causar incômodo aos usuários, à vizinhança

e/ou interferência na boa acústica do recinto.

É certo que há muito a se pesquisar e descobrir em relação ao tratamento acústico do referido ambiente. Destaque-se, inclusive, que a proposta ora apresentada poderá posteriormente, diante dos avanços científicos, tecnológicos e mudanças no ambiente, receber adaptações e melhorias. Portanto, pode-se afirmar que esta é apenas mais uma forma de trazer benefícios para a FACISA, através da melhoria dos ambientes.

## **TREATMENT OF ACOUSTIC AUDITORIUM COLLEGE OF APPLIED SOCIAL SCIENCES - FACISA**

### **ABSTRACT**

Whereas the sound architectural presents itself as one of the areas of environmental comfort, and therefore of great importance to the quality of space, with respect to the degree of user satisfaction, this study aims to address the issue of treatment acoustic for indoors. This is in other words, a proposal for acoustic treatment, which has as object the auditorium of the Faculty of Applied Social Sciences - FACIS, place to be especially devoted to realization of lectures, events, symposia, screenings and even to find is under implementation, it is able to show how good tool for the development of work on screen, since such environments need to focus on the acoustic comfort and appropriateness. Thus, it is essential to use appropriate methodology able to support theoretical and methodological development work, therefore, has developed an initial collection of data of the auditorium, with regard to their physical characteristics, using them for analysis and comparison with an analytical basis and reference, it was developed further, a bibliography on the guidelines for the development of the proposal. It follows therefore that the acoustic treatment is presented as one of possible ways to achieve a comfort for inviolability of the spoken word, so the proposal it is not a work of critical and / or change of designed space in question, but needs improvement and adaptation acoustic expressed, therefore, becomes relevant, even in helping to encourage future work in this specificity.

Keywords: Acoustic treatment. Reverb sound. Auditorium.

## REFERÊNCIAS

DE MARCO, Conrado Silva. **Elementos de acústica arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1982.

DECIBELIMETRO ITDEC-4000. Disponível em: < <http://www.instrutemp.com.br>>  
Acesso em: 20 maio 2009.

FORRO MODULADOS TILE CLIP-IN. Disponível em: <<http://www.hunterdouglas.com.br>>. Acesso em: 20 mar. 2009

GRUNOW, Evelise. **Acústica questão ambiental**. São Paulo: Editora C4, 2008.

MADEIRA. Disponível em: < <http://www.dipiupisoslaminadosmadeira.com.br>>  
Acesso em: 25 abr. 2009.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO. Disponível em: < <http://www.google.com>>  
Acesso em: 15 maio 2009.

MATERIAL POROSO. Disponível em: < <http://www.construnario.es>>  
Acesso em: 18 maio 2009.

PAINEL. Disponível em: < <http://www.martecaima.com.br>>  
Acesso em: 21 maio 2009.

POLTRONA MARQUEE E-LINC. Disponível em: <<http://www.giroflex.com.br>>.  
Acesso em: 15 mar. 2009.

RESSOADOR. Disponível em: <<http://www.playtech.com.br>>.  
Acesso em: 25 maio 2009.

SILVA, Perides. **Acústica arquitetônica e condicionamento de ar**. 5. ed. Belo Horizonte: EDTAL E. T. Ltda, 2005.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica**. São Carlos: EDUFSCAR, 2006.

VIDRO. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br>>.  
Acesso em: 25 maio 2009.

VIDRO DUPLO. Disponível em: <<http://www.tecnovidro.com.br>>.  
Acesso em: 26 maio 2009.