

FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS: AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CONFORTO ACÚSTICO DE RESIDÊNCIA EM CONCRETO AUTO-PORTANTE – ESTUDO DE CASO

LAUXEN, Fabiane¹
SOUSA, Renata Esser²

RESUMO

Durante muito tempo, as questões relacionadas ao desempenho acústico das edificações tiveram pouca importância. Devido a isto, muitas das edificações além de não proporcionar um conforto acústico aos seus usuários, comprometem sua saúde física e psicológica. Através de pesquisa, foi constatado que não houve em Cascavel-PR um estudo realizado para averiguar o conforto acústico de edificações feitas de concreto auto-portante. Neste sentido, para suprir essa deficiência existente, buscou-se fazer uma avaliação dos parâmetros de conforto acústico de residências em concreto auto-portante (estudo de caso). Assim, espera-se que esse trabalho analise o conforto acústico em uma edificação em concreto auto-portante na cidade de Cascavel, indicando também se esta edificação está de acordo com o que recomenda a norma NBR 10152/87. Essa avaliação compreenderá revisão de literatura, seleção da edificação, coleta de valores dos níveis de ruído internos e externos da edificação em estudo e cálculo dos tempos de reverberação. Os dados obtidos serão confrontados com os valores estipulados pela norma, para então concluir-se a respeito do desempenho acústico de apartamentos feitos de concreto auto-portante na cidade de Cascavel – PR.

PALAVRAS-CHAVE: Conforto Acústico. Concreto Auto-Portante. NBR 10.152/87.

EVALUATION OF COMFORT ACOUSTIC PARAMETERS OF RESIDENCE IN CONCRETE SELF-SUPPORTING - CASE STUDY

ABSTRACT

For a long time, issues related to the acoustic performance of buildings had little importance. Because of this, besides many edifications don't provide an acoustic comfort for its users, they compromise their physical and psychological health. Gathering some resources and research it has been concluded that there wasn't in Cascavel - PR a study conducted to investigate the acoustic comfort in buildings made of self-supporting concrete. In this line of thinking, to supply this deficiency exists, we sought to evaluate the parameters of acoustic comfort of residences in self-supporting concrete (case study). Thus, it is expected that this work analyzes the acoustic comfort in a building in self-supporting concrete in the city of Cascavel, also indicating if this building is in tune with what recommends the regulation NBR 10152/87. This evaluation will include a literature review, selection of the building, collected the values of the levels of internal and external noise from the building under study and calculation of reverberation times. The data obtained will be compared with the values stipulated by the regulation, so the conclusions about the acoustic performance of self-supporting concrete edifications in Cascavel-PR can finally be taken.

KEYWORDS: Acoustic comfort. Self-supporting concrete. NBR 10.152/87.

1 INTRODUÇÃO

No passado, pouco se preocupava com os aspectos de conforto ambiental na hora de se projetar as edificações. Muitos projetos eram padronizados e em outros casos procurava-se adequar as edificações às condicionantes acústicas após o término da construção. Atualmente, os homens têm se tornado cada vez mais exigentes em relação à qualidade de vida, principalmente em relação ao conforto que os ambientes em que vivem lhes proporcionam.

Por outro lado, com o avanço das tecnologias surgem inúmeros materiais que são comumente utilizados nas construções civis destinadas, entre outros, ao uso residencial. A concepção correta de um sistema construtivo melhora a eficiência energética e o conforto ambiental de uma edificação.

Nesse contexto, percebe-se a prática de utilização de vários materiais no processo construtivo que se diferencia da alvenaria convencional, entre eles, o uso de concreto maciço, o chamado concreto auto-portante. Apesar desse sistema construtivo apresentar maior produtividade e menor desperdício, para a consolidação da utilização do mesmo ainda são necessários alguns estudos sobre as suas propriedades, principalmente para a sua utilização na cidade de Cascavel – PR, onde não houve ainda um estudo para se avaliar o conforto acústico que essas edificações proporcionam ao seu usuário.

Nesse sentido, há interesse em desenvolver um trabalho que contemplasse a verificação do desempenho acústico de apartamentos feitos de concreto auto-portante na cidade de Cascavel – PR, de maneira a possibilitar a orientação para o uso de referido material em novas construções de habitações.

O objetivo geral deste trabalho é realizar o estudo de caso, através de coleta de dados in loco, do conforto acústico em apartamentos feitos de concreto auto-portante, sendo os objetivos específicos:

- Realizar pesquisa bibliográfica para estudo da arte;

¹ Acadêmico de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Assis Gurgacz, formando em 2014. Aluno de PICV (Pesquisa de Iniciação Científica Voluntária) do Grupo de Pesquisa Guedau – Estudos e Discussão de Arquitetura e Urbanismo, em pesquisa que originou o presente artigo. E.mail: fafalauxen@hotmail.com.

² Professor orientador da presente pesquisa. Arquitecta Especialista em Projeto e Concepção do Espaço Construído e Mestranda no Programa Associado de Pós Graduação em Metodologia de Projeto de Arquitetura e Urbanismo (UEM-UEL). E.mail: re_esser@hotmail.com.

- Apresentar os diversos fatores que interferem no conforto acústico no que se refere às exigências de projeto;
- Avaliar o desempenho acústico da edificação a partir de metodologia específica.

A fundamentação teórica será dada, principalmente e não unicamente, por:

- ALMEIDA, M; SILVA, S; FERREIRA, T. Física das Construções: Acústica Ambiental e de Edifícios.

Licenciatura em Engenharia Civil. Cidade de Braga, Portugal. 2007.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

- _____. NBR 10152: Acústica – Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

O trabalho tratará de um estudo descritivo e observacional, onde será realizada a avaliação do atendimento às normas de conforto acústico definidas na NBR 12179/92. Essa avaliação compreenderá revisão de literatura, seleção da edificação, coletada de valores dos níveis de ruído internos e externos da edificação em estudo e cálculo dos tempos de reverberação. Os dados obtidos serão confrontados com os valores estipulados pela norma, para então concluir-se a respeito do desempenho acústico de apartamentos feitos de concreto auto-portante na cidade de Cascavel – PR.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 BREVE HISTÓRICO DA ACÚSTICA

Segundo Nepomuceno apud Ferreira (2006), observando-se a evolução da história, a acústica existe desde o renascimento da humanidade:

- Na China 30 a.C., relacionava-se a altura dos sons aos elementos fundamentais: terra, fogo, ar, vento e água.
- Os Indus em 20 a.C. limitavam seus estudos sobre acústica à música, dividindo a oitava em 22 tons simples.
- Em 6 a.C. Pitágoras verificou que o comprimento de uma corda estava ligado à altura do som e que reduzindo o comprimento desta corda pela metade originava um som duas vezes maior.

De acordo com o mesmo autor durante o período de desenvolvimento da cultura helênica, presumia-se que as propriedades do som e a sensação auditiva originaram-se na filosofia da propagação dos números e na harmonia dos tons.

Galileu descobriu o fenômeno da ressonância, no século XVII, quando ao constatar que uma corda, oscilando, provocava oscilações em outra corda igual que estivesse próxima. No mesmo século, Torricelle construiu o primeiro aparelho a vácuo e com o mesmo aparelho, Kiercher comprovou que o som não se propaga no vácuo.

Segundo os estudos de Donoso (SEM DATA), Marin Mersenne publicou L'harmonie universelle, no ano de 1627 e foi considerado o pai da acústica, em razão da abordagem teórico-prática dessa publicação conter relatos de experimentos engenhosos, estudos sobre o som e reflexões concernentes à relação entre matemática e música. Outrossim, precedeu a determinar a frequência de uma nota musical e explicar as características de colunas vibrantes de ar, assim como os fenômenos do eco e da ressonância.

Aconteceu então um enorme aumento da produtividade com a Revolução Industrial, resultado da função de utilizar-se os equipamentos mecânicos, da energia a vapor e, a posterior, da eletricidade. Por conseguinte, os problemas com os níveis de ruído começam a se delinear. Ohm e Seebeck, no século XIX, principiam a discussão sobre a sensibilidade do ouvido a vibrações senoidais, aonde, segundo Donoso (SEM DATA), Ohm estipulou que os sons musicais são funções periódicas, estando o ouvido apto para analisar qualquer som em suas componentes separadas.

Ernst Weber, um dos pioneiros a estudar a resposta humana a estímulos físicos (ainda no século XIX), constatou que a resposta do indivíduo era correspondente ao aumento relativo da carga, considerando que trabalhava com pesos.

No século XX, de acordo com o mesmo autor, a acústica passou a apresentar desenvolvimento e importância econômica considerável, e duas salas de concerto inauguradas no século mostraram aos especialistas que o acústico pode dar problemas e haver falhas. Segue abaixo notáveis falhas:

-A primeira sala, Royal Festival Hall, inaugurada em 1951 tinha o tempo de reverberação muito curto, onde o problema foi corrigido por Parkin e Morgan em 1970;

- A segunda sala, Philharmonic Hall, em Nova Iorque, com projeto acústico de Leo Beranek, teve durante 30 anos a controvérsia sobre a qualidade do som, que foi solucionada com uma reforma administrada por Cyril Harris.

Denominado o pai da acústica aplicada à arquitetura, Wallace Sabine analisou o problema acústico do auditório Fogg Lecture Hall (inaugurado em 1894) e, depois de muito conhecimento estabeleceu uma equação empírica que permite calcular o tempo de reverberação do som em função das dimensões do local e do coeficiente de absorção acústica dos materiais. Desde então, Hale Sabine, filho de Wallace, dedicou-se ao estudo do controle de ruído em indústrias e instituições (DONOSO, SEM DATA).

Graças à necessidade do conhecimento para isolar o ruído externo a fim de que este não invada as habitações (ocasionando desconforto aos moradores), de acordo com Gerges apud Ferreira (2006), nos anos 70, o Brasil investiu pesadamente no programa de pós-graduação em todas as áreas, mas principalmente em acústica e vibrações.

Segundo Zannin (2002), na última década a acústica adquiriu grande importância, tanto nos problemas psicológicos e sociais relacionados ao ruído, quanto na tecnologia. De acordo com seu estudo, nos tempos atuais o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas, depois da poluição do ar e da água, chama-se poluição sonora.

2.2 PROJETO DE ACÚSTICA ARQUITETÔNICA

Segundo Marco (1982), das muitas atividades nas quais ocorre a acústica, a acústica arquitetônica abrange duas áreas características:

- Defesa contra o ruído: faz-se necessário abrandar e/ou eliminar os sons indesejáveis e/ou ruídos excessivos, situação essa que se refere tanto aos ruídos que sejam reproduzidos no interior dos ambientes quanto aos alheios ao ambiente.

- Controle de sons no recinto: Faz-se imprescindível igualar o som a fim de preservar a sua qualidade e inteligibilidade (com o intuito de se conseguir uma comunicação sonora audível em ambientes como salas de aula, teatros e auditórios), esquivando-se dos habituais problemas acústicos: ecos, ressonâncias e reverberação excessiva.

Observa-se com muita frequência que os itens de conforto encontrem-se num plano secundário no que diz respeito ao projeto da edificação, comumente passando essa questão a ser mencionado (pelo usuário), após o edifício estar finalizado e entregue. Com isso, depois de terminadas as edificações, muitas vezes, torna-se impossível, dispendioso e/ou difíceis de executar as precisas adequações necessárias para se atingir as condições mínimas de conforto. (NETO E BERTOLI, 2008).

Visualizando os diversos tipos comuns de obras, o projeto acústico de uma edificação precisa obedecer a um roteiro relativamente idêntico. Segundo Silva (2002), existe um roteiro básico de qualquer projeto acústico. Vejamos os itens abaixo discriminados:

- 1) Levantamento dos ruídos locais: mapeamento das fontes de ruídos existentes;
- 2) Lançamento do projeto: isolamento dos sons; prognósticos de tratamento acústico de superfície; estudo das formas e superfícies interiores;
- 3) Cálculos: absorção; reverberação; isolamento acústico, etc;
- 4) Estudos de detalhes: fundações; pisos e lajes; tetos e forros; paredes e repartições; portas, janelas e outras aberturas;
- 5) Cuidado com as instalações especiais: condicionamento de ar e ventilação; iluminação e instalações elétricas; hidráulico-sanitárias, etc.

Sendo o tratamento acústico da fachada constantemente muito complexo, evidenciando-se às bases necessárias para o projeto acústico, torna-se recomendável furta-se de disposições que possibilitem a reflexão do som (por exemplo.: superfícies côncavas voltadas para a rua, construções opostas, paralelas, frente a frente, etc.). Existem diversos recursos para se obter uma diminuição do nível de ruído: o afastamento de uma fachada numa rua movimentada; a implantação de jardins ou pátios e a plantação de árvores copadas (soluções essas que tem êxito garantido nos andares inferiores dos prédios).

Em se tratando da escolha da estrutura da edificação, as estruturas heterogêneas são favoráveis à não propagação de ruídos. Contudo, sendo a estrutura homogênea por custo do projeto, aplica-se uma separação dos elementos leves da ossatura do prédio, construindo-os de tal forma que não possuam frequências de ressonância.

A escolha dos revestimentos interiores, segundo o mesmo autor, é comumente influenciadora do tempo de reverberação, ou seja, da acústica interior, estando classificados em três categorias: muito refletores, ligeiramente absorventes e muito absorventes.

Especialmente para os ruídos de impacto, o revestimento do piso deve ser considerado tanto ao seu coeficiente refletor quanto ao ponto de vista do isolamento. Na ausência de piso flutuante, comumente todos os pisos rijos e delgados sobrepostos ao cimentado são muito vulneráveis aos sons de impacto, transmitindo-os totalmente, contudo o uso de carpete torna-se uma solução paliativa para essa ocorrência.

Comumente, o conforto acústico total só pode ser obtido devido a uma dedicação extrema do arquiteto, desde o plano geral até os revestimentos. Os resultados obtidos serão sempre aceitáveis graças a atenção do projetista e ao dispêndio prévio de algumas despesas, que na maioria das vezes são menosprezadas.

2.3 FUNDAMENTOS EM ACÚSTICA

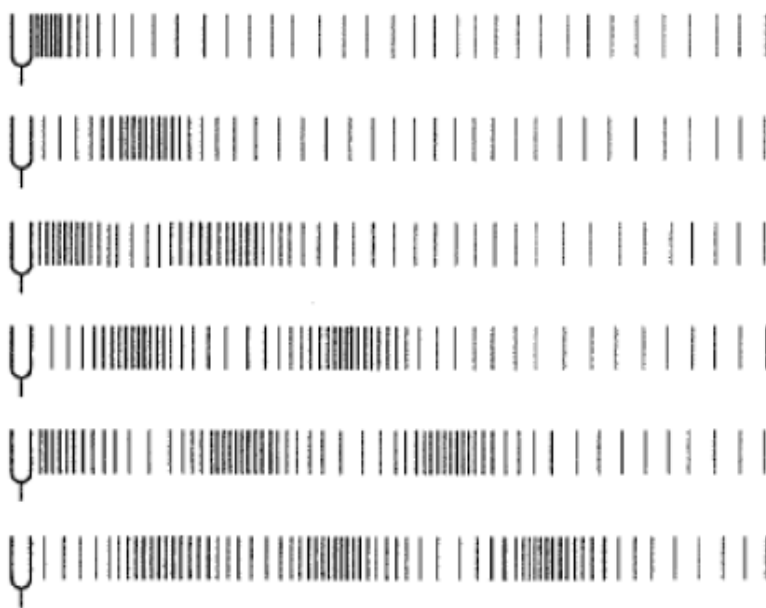
2.3.1 Conceito e Natureza do Som

Segundo Silva (2002), o som vibração, ou perturbação física, que percorre um meio qualquer de propagação e o som, sensação sonora, psicofisiológica, que é captado pelo nosso ouvido são dois relevantes conceitos da palavra SOM. Entretanto, o som necessita de um meio de propagação provido de inércia e de elasticidade para entrar no pavilhão auricular. O ar que nos envolve é o meio normal de propagação do som. Por conseguinte, se não houver gás preenchendo o espaço que nos circunda, os sons não serão ouvidos.

Seguindo a linha de estudo de Costa (2003), o som é o resultado das vibrações dos corpos elásticos, quando essas vibrações são constatadas em determinados limites de frequências. Consequentemente o som se propaga por meio de impulsos acarretados ao meio, em torno do corpo sonoro, os quais provocam deformações transitórias que se movimentam longitudinalmente, em conformidade com a onda de pressão criada.

De acordo com Almeida, Silva e Ferreira, 2007, a propagação da onda sonora ao longo do meio é o efeito das sucessivas compressões e rarefações das partículas que o constituem, de uma maneira tal que a vibração de uma partícula provoca a vibração da partícula vizinha e assim sucessivamente, conforme demonstrado na Figura 01 a seguir.

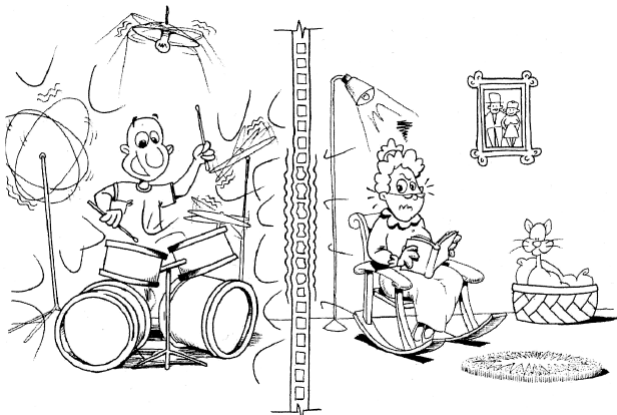
Figura 01 – Exemplo de propagação de uma onda mecânica por vibração de um diapasão



Fonte: Almeida, Silva e Ferreira, 2007

Torna-se imprescindível efetuar a distinção entre som e ruído, em consequência da natureza do som. Na hipótese da sensação sonora ter um conteúdo estético ou informativo para o ouvinte, poder-se-á, dessa maneira, denominar-se por som. No oposto denominar-se-á por ruído, No tocante à prática, conforme mostra a Figura 02 abaixo, situações semelhantes podem ser consideradas som ou ruído, em função do ouvinte.

Figura 02 – Diferença entre som e ruído



Fonte: Almeida, Silva e Ferreira, 2007

2.3.2 Ondas Sonoras e Seus Elementos

Costa (2003), denominou o nome de onda sonora (onda longitudinal de pressão, ocasionada pela fonte sonora) onde a sensação sonora é determinada pela ação das vibrações elástica do meio sobre o órgão auditivo.

De acordo com Almeida, Silva e Ferreira (2007), tendo em conta a direção do movimento vibratório das partículas em relação à direção de propagação da onda propriamente dita, as ondas podem ser classificadas:

- Ondas transversais: A direção da vibração das partículas encontra-se perpendicular à direção de propagação da onda, citando como exemplo a corda de uma guitarra;
- Ondas longitudinais: A direção da vibração das partículas encontra-se paralela à direção de propagação da onda, citando como exemplo a mola.

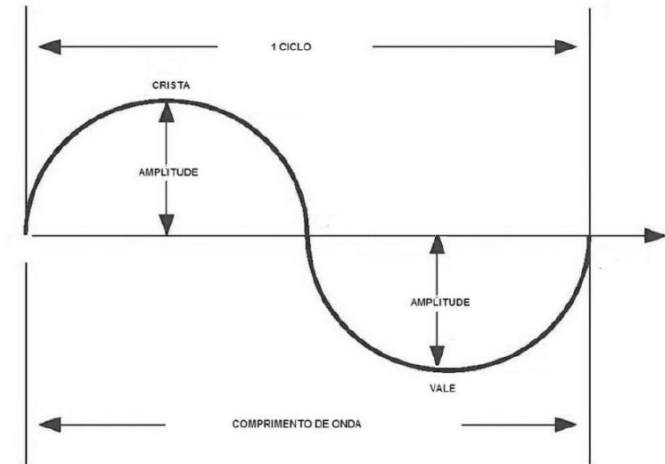
Temos entre as características da onda sonora, de acordo com Costa (2003):

- **Altura:** Relaciona-se com a sequência das vibrações sonoras, ou seja, com a frequência do som, nos mostrando, por consequência, se um som é agudo ou grave.
- **Timbre:** Relaciona-se diretamente com a composição harmônica da onda sonora, mais explicitamente, sua forma, nos permitindo distinguir a origem do som, quer seja ele transmitido por uma pessoa ou por um instrumento musical.
- **Intensidade:** Trata-se da amplitude da onda sonora, caracterizando a variação de pressão do meio em que se verifica a sua propagação. A potência sonora mede a intensidade do som, propagada por unidade de superfície, na qual se conceitua sob o nome de intensidade energética.

A partir de alguns de seus componentes, de acordo com Alberti (2013), torna-se possível caracterizar uma onda qualquer (como mostra a figura 03). São eles:

- 1) amplitude (A): distância do maior deslocamento vertical de um ponto da onda;
- 2) crista: ponto de maior amplitude positiva da onda;
- 3) vale: ponto de maior amplitude negativa da onda;
- 4) comprimento de onda (λ): distância horizontal entre duas cristas ou dois vales ou até dois pontos equivalentes de uma onda;
- 5) ciclo: deslocamento horizontal da onda em uma distância de um comprimento de onda;
- 6) frequência (f): número de ciclos por unidade de tempo. Utiliza-se no Sistema Internacional, ciclos por segundo (Hertz = Hz);
- 7) período (T): tempo necessário para uma onda completar um ciclo, sendo o inverso da frequência.

Figura 03 – Características da onda

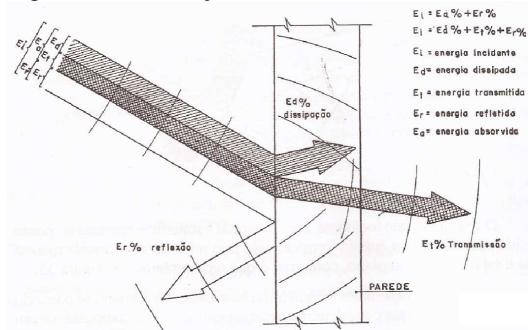


Fonte: Alberti, 2013

2.3.3 Mecanismos de Propagação de Ondas Sonoras

De acordo com Silva (2002), quando uma frente de onda atinge uma parede ou um obstáculo qualquer, parte da energia incidente, E_i é refletida, E_r é dissipada pelo obstáculo, E_d transforma-se em energia calorífica ou mecânica e o restante E_t atravessa o referido obstáculo, passando para o outro lado, transmitindo-se através do meio adjacente.

Figura 04 – Absorção e reflexão do som



Fonte: Silva, 2002

Continuando com o estudo do mesmo autor, em consequência da energia das ondas sonoras, as paredes e divisões que usualmente são rígidas, vibram no todo ou em parte. Essas paredes ou mesmo as divisões de madeira (de estuque ou de alvenaria), vibram como se fossem diafragmas, irradiando a energia que nelas ocorrem. Por conseguinte, tornam-se melhores isolantes do som as paredes ou divisões mais rígidas e mais pesadas do que aquelas executadas em material leve e/ou flexível.

2.3.4 Tempo de Reverberação

Segundo ALMEIDA, SILVA E FERREIRA, 2007, no momento em que num espaço fechado uma fonte sonora interrompe a sua emissão, a componente do campo sonoro interior relativa ao som direto desaparece quase imediatamente, contudo persiste a componente relativa às múltiplas reflexões das ondas sonoras na envolvente, diminuindo mais ou menos rapidamente em função do grau de absorção da envolvente e do volume interior.

Intitulando-se por reverberação, na perspectiva da percepção sonora no interior do espaço, este fato revela-se num prolongamento da sensação sonora.

Segundo o estudo de Costa (2003), o tempo convencional de reverberação de um ambiente é definido como o tempo necessário, para a intensidade energética de um som puro de 512 Hz se reduza a um milionésimo de seu valor inicial (60 dB), a partir do momento no qual a fonte cessa de emití-lo.

Permanece sempre, nos nossos ouvidos, um som produzido em um ambiente fechado. Esse fato dá-se pelas múltiplas reflexões produzidas nas suas paredes e superfícies internas: quanto mais rijas e polidas forem essas superfícies, maior será a persistência sonora e o tempo de reverberação do local e quanto mais absorventes se apresentarem, menor será o tempo de persistência do som, onde o tempo de reverberação, em razão disso, é menor. (SILVA, 2002).

Segundo o estudo de Ferreira (2006), constata-se através de fórmulas existentes para o cálculo do tempo de reverberação, que o mesmo depende tanto do volume da sala, da área dos materiais das paredes, pisos e tetos e da quantidade de pessoas, quanto dos móveis e objetos dentro das salas. Outrossim, o tempo de reverberação vincula-se igualmente da frequência do sinal em estudo, visto que para uma melhor avaliação é imprescindível/fundamental apreciar diferentes frequências.

2.4 ISOLAMENTO ACÚSTICO

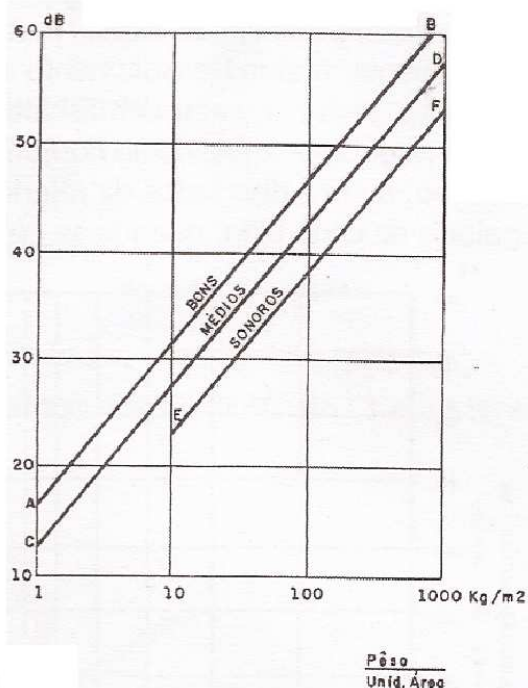
De acordo com Silva (2002), um dos mais importantes parâmetros do controle de ruído dos edifícios, o isolamento acústico, reduz a passagem do som de um compartimento para outro compartimento vizinho ou vice-versa. Isso acontece por três vias distintas:

- Passagem direta via parede ou painel;
- Passagem indireta via flanqueamento, pelas estruturas vizinhas: pilares, lajes e/ou paredes confluentes;
- Pelas janelas, portas, dutos de ar, tubos de água, eletrodutos, ou ainda por entreferros e entrepisos.

2.4.1 Isolamento de Paredes

Denominada Lei da Massa ou da Densidade, de acordo com Silva (2002) - lei que rege o isolamento dos sons aéreos, nos casos normais - consiste em que quanto mais pesada for a parede, mais isolará. Cada vez que dobrarmos o seu peso, aumentaremos de 4 a 5 dB a sua capacidade atenuadora sonora (conforme demonstrada no gráfico da Figura 5 seguir):

Figura 05 – Exemplificação da Lei da Massa



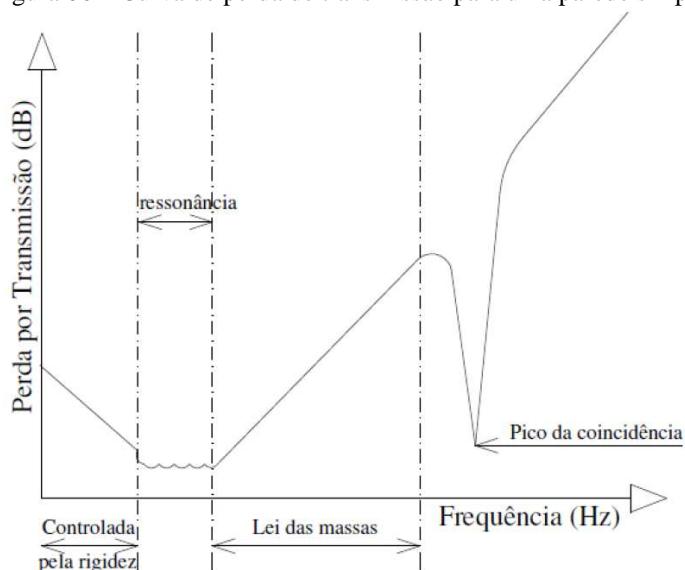
Fonte: Silva, 2002

Sabe-se, no entanto, que o uso generalizado da Lei da Massa não é o suficiente para solucionar todas as situações de isolamento sonoro. Visto que, a combinação de painéis leves, afastados, formando espaço preenchido pelo ar pode isolar mais que o efeito produzido pela Lei da Massa, para uma mesma espessura, solução essa denominada de efeito “Sanduíche”, (SILVA, 2002).

2.4.1.1 Paredes Simples

A classificação de paredes simples, como paredes homogêneas que apresentam espessuras constantes foi denominada por Alcantara (2010). O nível de isolamento para esta classe de parede é atribuído em função da massa do elemento que a compõe e da frequência do som que recai sobre ela. Apresentado por gráfico, na Figura 06 abaixo, a curva típica de perda por transmissão de uma parede simples.

Figura 06 – Curva de perda de transmissão para uma parede simples



Fonte: Alcantara, 2010

O mesmo autor nos afirma ainda que ao desejamos prognosticar o coeficiente de isolamento em paredes simples, empregamos como base teórica a Lei da Massa outrora demonstrada, evidenciando um bom desempenho nessa situação.

2.4.1.2 Paredes Duplas

Segundo Gerges (1992), a melhor alternativa quando se deseja conseguir alta perda de transmissão é o uso de paredes duplas, sem utilização de paredes com grande massa: o material, o tipo de acoplamento entre elas, a espessura da lâmina de ar e o coeficiente de absorção do material colocado entre as paredes para diminuir a ressonância, são os fatores determinantes para a qualidade de uma parede dupla.

De outra forma, para salvaguardar a eficiência do isolamento neste tipo de parede, utiliza-se materiais com rigidez e massa diferentes, garantindo, outrossim, que as paredes não possuam a mesma frequência crítica. Em consequência disso, as paredes vibram em uníssono e produzem ressonância, ocasionando ao conjunto uma baixa perda de transmissão.

2.4.2 Isolamento de Portas

Usualmente, os índices de isolamento das portas são menores que os das paredes em que elas se encontram inseridas, e por isso, na maioria das vezes, os seus elementos são acusticamente fracos. Uma das justificativas dessa alegação baseia-se no item de que elas possuem massas superficiais menores que as das paredes, como também, em razão das frestas que existem entre as portas e as esquadrias (ALCANTARA, 2010).

Utilizando-se portas com sistema construtivo e vedação especiais (denominadas no Brasil de portas acústicas), alcança-se um desempenho melhor.

7.2.3 Isolamento de Janelas

Elementos importantes para determinar o coeficiente de isolamento ao ruído externo da edificação em residências, as janelas são geralmente os pontos mais vulneráveis à passagem do som nas fachadas.

De acordo com Recchia apud Alcantara (2010), os principais elementos responsáveis pelos baixos índices de isolamento das janelas são as esquadrias e não os vidros como a maioria das pessoas supõem. Dessa forma, torna-se uma ilusão o conceito divulgado extensivamente de que a substituição do vidro da janela por um vidro duplo seria suficiente para solucionar o problema do ruído externo.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a argumentação de DIAS *et al* apud Alberti (2013), a maioria dos sons (sejam eles agradáveis ou não), podem trazer vários efeitos sobre o corpo humano, tanto uma sensação de bem estar e alegria, quanto sensações desagradáveis, tais como: irritação, mal estar e desconforto físico. Seguindo ainda essa reflexão, os sons, quando muito elevados (irritantes), chegam a propiciar a dor física.

Característicos dos centros urbanos, onde os sons são mais frequentes e intensos, os problemas relacionados ao ruído urbano e a acústica de um modo geral têm se agravado ao longo dos últimos anos. Apesar de conhecedores desses problemas (e, por muitas vezes, vítimas dele), constata-se que os profissionais de arquitetura e engenharia têm se descuidado dos aspectos acústicos nos projetos de arquitetura, gerando uma série de transtornos e insatisfação em seus usuários, conforme argumentado por Oliveira *et al* (SEM DATA).

Com a continuação e finalização deste trabalho no próximo semestre, espera-se como resultados a verificação do desempenho acústico do concreto auto-portante moldado in-loco para as condições climáticas da cidade de Cascavel – PR, de maneira a possibilitar a orientação para o uso do referido material em futuras construções de habitações.

REFERENCIAS

ALBERTI, A. V. **Avaliação do Conforto Acústico das Salas de Aula da Unioeste – Campus Cascavel**. 2013, 45 f.. Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2013.

ALCANTARA, L. C. G. **Avaliação do Conforto Acústico de Residências Populares Utilizando Análise Estatística de Energia**. 2010, 93 f.. Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

ALMEIDA, M.; SILVA, S.; FERREIRA, T. **Física das Construções: Acústica Ambiental e de Edifícios**. Escola de Engenharia – Licenciatura em Engenharia Civil. Universidade do Minho, 2007.

COSTA, E. C. **Acústica Técnica**. Editora Edgard Blücher. São Paulo, 2003.

DIAS, A. et al. **Associação entre Perda Auditiva Induzida pelo Ruído e Zumbidos**. Caderno de Saúde Pública, vol. 22, nº 01. Rio de Janeiro, 2006.



DONOSO, J. P. **História da Acústica**. Aula Prática Acústica Física. Instituto de Física de São Carlos – IFSC. Universidade de São Paulo. São Paulo, SEM DATA.

FERREIRA, A. M. C. **Avaliação do Conforto Acústico em Salas de Aula: Estudo de Caso na Universidade Federal do Paraná**. 2006, 128 f.. Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

MARCO, C. S. **Elementos de Acústica Arquitetônica**. Editora Studio Nobel. São Paulo, 1982.

NETO, M. F. F.; BERTOLI, S. R. **Conforto Acústico em Edifícios Residenciais**. V Congresso Ibérico de Acústica. Coimbra, Portugal, 2008.

SILVA, P. **Acústica Arquitetônica e Condicionamento de Ar**. Editora Edtal – Empresa Termo Acústica Ltda – 4ª Edição. Belo Horizonte, 2002.

ZANNIN, P. H. T. **Acústica Ambiental**. Apostila do Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.