



ISOLAMENTO ACÚSTICO: O ATRIBUTO INVISÍVEL NA HISTÓRIA DA MORADIA BRASILEIRA

Elisabeth A.C. Duarte (1) e Elvira B. Viveiros (2)

(1,2) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo

(2) Laboratório de Conforto Ambiental, Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Universidade Federal de Santa Catarina, CxP 476, Florianópolis, SC, 88040-900

(1) eacduarte@yahoo.com.br (2) elvira@arq.ufsc.br

RESUMO

A qualidade acústica das edificações brasileiras nunca mereceu atenção por parte dos projetistas. O resultado desse descaso histórico é um baixo isolamento sonoro sem precedente das residências. Essa degeneração de uma das funções da casa, a de proteção, talvez encontre explicação no fato do desempenho acústico ser um atributo invisível da edificação. Porém, o projeto de arquitetura é determinante para o nível de isolamento oferecido e é preciso, então, saber “ouvir” a arquitetura. Este artigo apresenta uma radiografia da evolução da arquitetura da moradia brasileira pelos séculos mas, agora, tendo como foco o isolamento acústico. Primeiramente é realizado um estudo dos principais eventos que modificaram a função da casa e que, em consequência, transformaram sua qualidade acústica. A segunda parte apresenta um levantamento dos principais sistemas construtivos brasileiros na história e demonstra a teoria de isolamento sonoro de paredes simples. Posteriormente são feitas as predições analíticas da transmissão sonora das vedações brasileiras mais significativas. A queda, ao longo do tempo, no nível do isolamento sonoro das partições é demonstrada. Destaca-se a conclusão que, atualmente, todas as paredes têm um pior desempenho do que antigamente e que determinadas vedações chegam a isolar menos, aproximadamente, 35dB quando comparadas com elementos do passado.

ABSTRACT

The acoustic quality of Brazilian houses has never been of much concern for designers. The consequence of such historical indifference is an unprecedented low performance of dwellings as far as sound insulation is concerned. Houses are not offering the expected protection for their users and that is maybe because the acoustical behaviour is an invisible building attribute. Nevertheless, the architectural design is a determinant aspect for the level of insulation to be offered; therefore, it is necessary to “listen” to the architecture. This paper describes the architecture evolution of Brazilian dwellings along the centuries, from a sound insulation perspective. Initially, a survey of the most important events that changed the use and pattern of houses and, in consequence, changed their acoustical performance, is presented. Later, an investigation of buildings systems along different periods of Brazilian history and the theory of transmission loss of single panels are discussed. Finally, the analytical predictions of the sound insulation of Brazilian building components are performed and evaluated along a timeline. The decrease in the building partitions performance is quantified. It is reached the conclusion that, nowadays, all partitions perform worse than old times and certain Brazilian components have an average insulation of 35 dB lower when compared to previous ones used in the past.

1. INTRODUÇÃO

No país, a ausência de estudos de teoria da arquitetura brasileira em relação a aspectos ligados ao conforto acústico é absoluta, mesmo observando-se alguns teóricos de destaque, como Nestor Goulart (1987), Yves Bruand (2002), Carlos Lemos (1979), Paulo Santos (1981). Outras óticas do conforto, tais como o lumínico e o térmico, ainda encontram reflexão, como em Lamberts (1997) e Mascaró (1990). Há diversas razões para tal, dentre as quais destaca-se a tradição dos estudos de arquitetura com ênfase nos aspectos lingüísticos, estéticos, econômicos e sociais. Como afirma Duarte (2004a), países tropicais como o Brasil necessitam de estudos em acústica, visto que suas construções, geralmente, apresentam grande número de aberturas e têm menor densidade na envoltória.

A linha de pesquisa em acústica de edificações desenvolvida no LabCon da UFSC pretende trazer à luz esse aspecto permanentemente relegado, seja por projetistas, usuários ou mesmo órgãos gestores da qualidade das edificações, o isolamento sonoro. Este artigo é fruto de uma dissertação de mestrado que discute a qualidade acústica das paredes de vedação brasileiras (DUARTE, 2005). As razões para a dissociação, no país, entre pesquisadores em acústica urbana e demais profissionais do urbanismo também estão sendo motivo de investigação no laboratório.

Esse trabalho, em sua primeira parte, trata da análise histórica da habitação, descrevendo a evolução da casa ao longo da história e destacando-se os aspectos que tiveram rebatimento no desempenho acústico das edificações residenciais. Em um segundo momento, a investigação se volta, especificamente, para a evolução histórica das paredes de vedação dessas residências. Posteriormente são feitas predições analíticas da transmissão sonora dessas vedações. Por fim, o nível de isolamento sonoro das partições é investigado, quantificado analiticamente e o processo de alteração do desempenho ao longo da história discutido. Ainda, o desempenho das vedações atuais é comparado ao exigido por normas internacionais.

2. BREVE HISTÓRICO DA ACÚSTICA RESIDENCIAL BRASILEIRA

A história da casa brasileira é rica em acontecimentos que serviram para transformá-la no que é hoje. Diversos foram os aspectos que a modificaram, tais como econômicos, sociais, políticos, tecnológicos etc. Todos esses fatores tiveram um rebatimento na qualidade, inclusive na qualidade acústica. Conforme afirma Duarte (2004b), qualquer ambiente, em qualquer lugar ou período na história, configura um campo sonoro de boa ou de má qualidade, mesmo que esse aspecto não tenha sido levado em consideração na concepção do projeto.

No séculos XVI e XVII, pode-se dizer que as casas eram brasileiras com exterioridades lusitanas (LEMOS, 1996). Isso se deveu, principalmente, à configuração dos lotes, herdada das antigas tradições urbanísticas de Portugal, que induziam à construção de casas compridas, geminadas e com cômodos enfileirados. As casas eram construídas nos limites do lote, impedindo a criação de áreas livres (REIS FILHO, 1987). Como conseqüência na qualidade acústica tem-se a falta de privacidade e uma maior proximidade entre fontes sonoras.

A Revolução Industrial e a integração do país ao mercado mundial, com a abertura dos portos, permitiram a entrada de equipamentos que colaboraram na alteração da aparência e contribuíram para transformar o desempenho acústico das casas. O vidro, material antes raro, se tornou mais acessível economicamente e logo serviu para clarear o interior das residências, que antes era consideravelmente escuro devido às janelas em tábuas de madeira. Se por um lado houve melhoria na qualidade acústica residencial, com a divisão mais funcional dos cômodos e no descolamento dos limites dos lotes, nesse momento, também, as construções ficaram mais leves e com mais aberturas, tornando-se mais permeáveis ao ruído, conforme será quantificado no item 5.

No final do século XIX as cidades brasileiras apresentavam um quadro de grande prosperidade. A decadência do trabalho escravo e a imigração de europeus para o país contribuem para uma melhor qualidade de vida nos centros urbanos e começam a atrair um fluxo migratório significativo. No entanto, diversos entraves começam a aparecer e, dentre eles, a falta de moradia. Nos grandes centros prolifera-se uma enormidade de habitações com os mais variados estilos. A qualidade do isolamento acústico das residências cai consideravelmente, já que as construções ficam mais leves e baratas e são feitas com materiais pouco resistentes. Esse efeito da diminuição na massa das edificações será, também, quantificado posteriormente no item 5, utilizando a teoria a ser apresentada no item 4.

A Primeira Guerra Mundial, em 1914, representou uma mudança brusca na arquitetura residencial brasileira. Tendo como padrão as cidades européias, inicia-se, nesse momento, um processo de grandes intervenções na escala urbana. Extensas avenidas e bulevares foram abertos e arrojados planos de saneamento básico foram implantados. No final dos anos vinte, uma novidade trazida dos Estados Unidos invade os grandes centros e propõe para a classe média um novo investimento que, no início, poderia servir mais para negócios do que para morar propriamente: o *sky-scraper*, o conhecido arranha-céu.

A partir da segunda metade da década de 30 um novo elemento começa a participar da rotina das casas da classe média – o eletrodoméstico, que colaborou para diminuir o número de ambientes da antiga casa colonial e reduziu o tamanho das áreas de serviço e cozinha. Nesse momento, a produção do ruído é feita, também, a partir do interior das residências.

O modernismo chega à arquitetura brasileira nas décadas de 30 e 40. Nas casas acontece o que Lemos (1996) chama de uma espécie de “proletarização” dos programas de superposições. O autor, em uma abordagem sobre a casa moderna, descreve: “*Há dessas casas modernas em que até os dormitórios possuem paredes baixas. Com essa pretendida continuidade espacial, as paredes divisórias deixam de ser efetivamente isoladoras de atividades para tornarem-se simplesmente selecionadoras de ambientes, havendo uma intencional promiscuidade*” (LEMOS, 1996, pg. 74). Tal tipologia afeta substancialmente a qualidade acústica das residências já que as paredes das casas não exercem mais a sua função de divisores, reduzindo a privacidade dos moradores.

No início da década de 70 o rigor formal da arquitetura moderna arrefece. Naquele momento, a casa brasileira volta-se a um desenho mais tradicional, regional e menos internacionalista. A crescente febre de consumo dos anos 70 agrega valor ainda maior ao automóvel e somente um carro para a família não basta. Por razões claras, é nessa ocasião que o tráfego de automóveis aumenta consideravelmente, elevando sobremaneira o nível do ruído urbano. A garagem se torna elemento necessário da residência e não apenas uma questão de *status* frente à sociedade.

A partir dos anos 80 surge uma nova função na residência, a de área de trabalho, com o novo elemento que colabora no maior isolamento e individualização dos membros da família – o microcomputador. É interessante notar que esse aspecto faz voltar a situação de centenas de anos antes, quando a habitação e o trabalho dividiam o mesmo espaço, conforme pode ser observado na ilustração 1.



Ilustração 1 - Pintura a óleo de uma casa medieval: as atividades de trabalho eram realizadas na parte da frente da casa (Fonte: FARIA, 2003).

Com tantas mudanças num curto prazo de tempo, atualmente, percorrendo-se as ruas das cidades brasileiras, é possível encontrar as diversas etapas pelas quais a casa brasileira passou. Como afirma Veríssimo (1999): *O prazo é tão curto que é possível hoje [...] encontrarmos a casa colonial de caboclo, a senzala nas precárias instalações dos cortadores de cana ou colhedores de laranja, a casa-grande nas grandes residências de veraneio com a casa de empregados ao fundo... Mas também é*

possível nos depararmos com soluções contemporâneas como os “*apart-hotéis*” ou lofts pós-modernos informatizados ou ainda confortabilíssimos apartamentos triplex nos bairros-jardins paulistas (VERÍSSIMO, 1999, pg. 129).

A ilustração 2 mostra, de forma resumida, os principais momentos históricos descritos na evolução da casa e das cidades, bem como as consequências mais significativas para a qualidade acústica da moradia brasileira .



Ilustração 2 – Principais eventos que influenciaram a qualidade acústica das residências brasileiras.

3. EVOLUÇÃO DAS PAREDES DE VEDAÇÃO DA MORADIA BRASILEIRA

Em todo território nacional é possível encontrar exemplos de diversas épocas da história brasileira e os processos construtivos empregados. Por esse motivo, é difícil caracterizar técnicas construtivas específicas de cada período da arquitetura brasileira, pois elas se prolongam e se misturam no decorrer do tempo. Como afirma Bazin (1983), *o Brasil é um verdadeiro museu de construção através dos tempos*. No entanto, certas considerações gerais podem ser feitas.

O período colonial brasileiro é caracterizado pela mescla das técnicas construtivas importadas de Portugal e pela influência indígena. A qualidade técnica das construções coloniais, no entanto, não era das melhores. Reis Filho (1987) afirma, expressamente, que *o nível tecnológico era dos mais precários*. O processo construtivo baseava-se no trabalho escravo do africano, que não tinha sequer conhecimento das técnicas indígenas e portuguesas. Era mão-de-obra abundante, mas sem qualquer aperfeiçoamento. Segundo Reis Filho (1987), os materiais utilizados eram pouco resistentes, tais como a madeira, o barro ou a argila, dependendo da disponibilidade do local. A pedra era privilégio apenas das residências de classes mais abastadas. Percebe-se que existiam regiões no Brasil colonial com usos bem distintos de cada processo construtivo, podendo-se dividir o país nas seguintes áreas:

- Nordeste, onde as técnicas mais antigas predominam. Desde o início da colonização portuguesa essa região teve como característica principal o uso do tijolo como componente das vedações;
- Litoral sul, em faixa que se estende da Bahia ao sul do país. Percebe-se que existem algumas diferenças que podem ser justificadas pela variação climática e, principalmente, pela existência de outras matérias-primas. Vale destacar a pedra entaipada, encontrada em diversos pontos dessa região (LEMOS, 1996);
- Interior paulista e arredores, onde encontra-se, predominante, nas residências, a taipa de pilão, que foi utilizada por quase 300 anos.

A ilustração 3 mostra as regiões descritas, associadas aos sistemas construtivos predominantes.

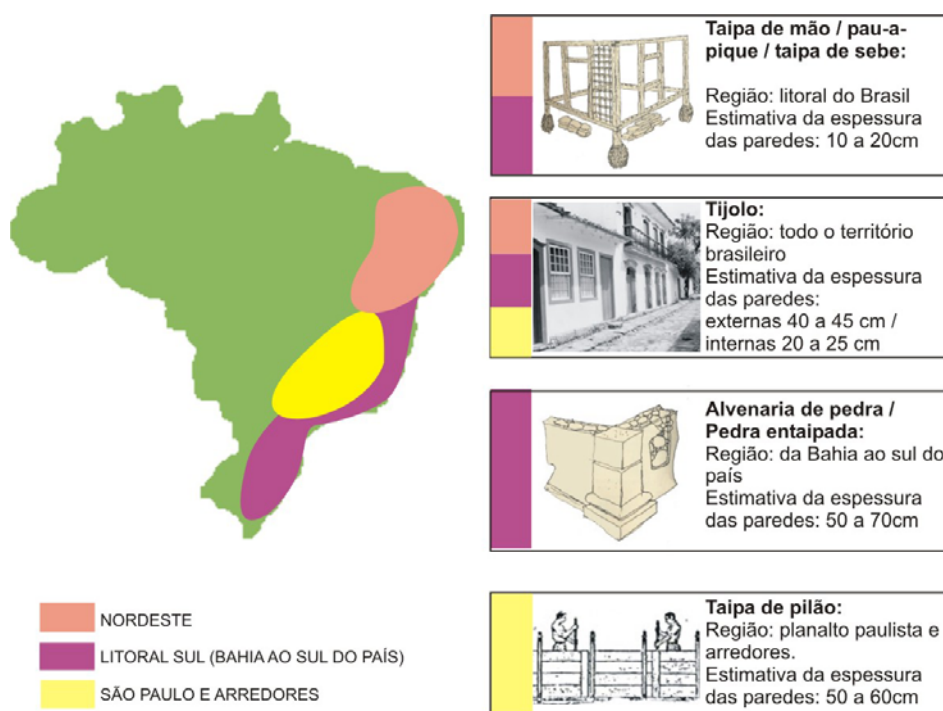


Ilustração 3 – Processos construtivos coloniais de acordo com cada região do Brasil.

No final do século XIX, com a decadência do trabalho escravo e o início da imigração européia, começou o emprego do trabalho remunerado e a qualidade das técnicas construtivas apresentou considerável aprimoramento (LEMOS, 1996). Nesse período, uma transformação importante foi a introdução do chamado tijolo queimado ou bloco cerâmico, como opção de alvenaria. Nas residências em São Paulo, até ali, a taipa de pilão era praticamente a única técnica construtiva utilizada.

A abolição da escravidão, a proclamação da República e a vinda de imigrantes europeus ainda não foram suficientes para que o país transformasse definitivamente sua estrutura econômica e uma fase industrial se instalasse. A mudança real só aconteceu sob o impacto da primeira grande guerra. O advento do concreto armado, no início do século XX, impulsionou o crescimento da indústria da construção civil.

O ápice da construção civil brasileira foi com a criação de Brasília. Como afirma Vargas (1994): *em termos tecnológicos, [Brasília] não pode ser considerada um marco da tecnologia nacional, mas, sem dúvida o é da engenharia brasileira. [...] Ela permitiu, contudo, que se desenvolvessem, pela ação direta, métodos de construção inusitados em regiões longínquas dos meios industrializados. (VARGAS, 1994, p. 243).*

Até o presente século, a despeito da grande transformação experimentadas pelas cidades e do aumento considerável da poluição sonora, o padrão construtivo manteve-se basicamente inalterado, com estruturas em concreto armado e paredes em alvenaria de tijolos ou blocos. Nenhuma consideração especial em relação à acústica é observada, mesmo com o empobrecimento notável na qualidade acústica dessas edificações.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ISOLAMENTO SONORO

Segundo Sharland (1979), isolamento, seja térmico, elétrico ou sonoro, significa prover uma barreira para um fluxo de energia que, no caso, é a energia sonora. A barreira, então, impõe determinada atenuação à transmissão ao longo do caminho de propagação dessa energia. Para se avaliar a capacidade de isolamento sonoro de vedações é necessário, então, o estudo teórico da transmissão sonora através de partições simples.

Uma parede apresenta diferentes comportamentos, de acordo com suas características de massa, rigidez e amortecimento. Nas baixas frequências, a transmissão depende da rigidez da partição. Em frequências um pouco mais altas, o comportamento da parede será de ressonância e a quantidade de energia transmitida dependerá exclusivamente do amortecimento do componente. Nas frequências em torno do dobro da frequência de ressonância, inicia-se a chamada Lei da Massa. Dentro dessa região, a perda de transmissão cresce numa razão de 6dB por oitava, ou seja, com o dobro da frequência, até o limite superior determinado pela frequência crítica, onde ocorre uma acentuada queda na perda de transmissão (REYNOLDS, 1981). Para cada uma dessas regiões de frequência existem diferentes equações para descrever o comportamento da transmissão sonora.

Conceitualmente, a perda na transmissão relaciona logarithmicamente as potências sonoras incidente (W_i) e transmitida (W_t), sendo expressa por:

$$PT = 10 \log \frac{W_i}{W_t} \text{ dB} \quad [\text{Eq.1}]$$

Considerando-se τ a relação entre potências, a expressão da perda de transmissão pode ser descrita matematicamente por:

$$PT = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right) \text{ dB} \quad [\text{Eq.2}]$$

Conforme já dito, a transmissão sonora tem comportamento distinto para diferentes regiões de frequência. A equação 2, portanto, toma formas diversas para cada uma dessas regiões. Também, há variação nas equações conforme o tipo de incidência da onda sonora. A ilustração 4 mostra, esquematicamente, a curva típica de perda de transmissão de paredes simples, associando cores às regiões de frequência distintas e relacionando-as às respectivas equações que as descrevem.

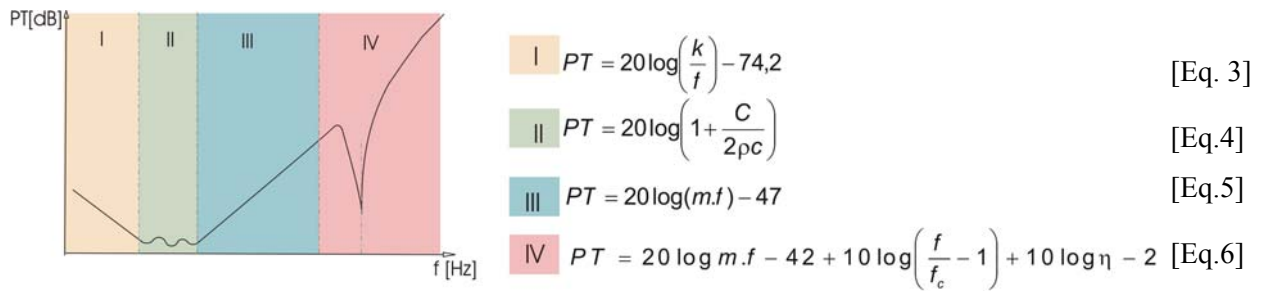


Ilustração 4 – Curva típica de perda de transmissão, em frequência, de uma partição simples e respectivos modelos matemáticos de predição para incidência sonora difusa.

Nas equações 3, 4, 5 e 6, k é a rigidez da partição, f frequência, C amortecimento, ρ densidade específica do ar, c velocidade do som no ar, m densidade superficial da partição, η fator de perda e f_c a frequência crítica dada por:

$$f_c = \frac{c^2}{1,8.h.c_l} \text{ Hz} \quad [\text{Eq.7}]$$

onde h é a espessura da partição e c_l a velocidade de propagação do som na partição.

5. RESULTADOS DO ISOLAMENTO SONORO DAS VEDAÇÕES

Como explanado nos itens anteriores, as moradias brasileiras, no seu processo de transformação ao longo da história, apresentaram evolução em direção a vedações cada vez mais leves. A ilustração 4 mostrou que a densidade superficial dos componentes de vedação, m , é determinante na qualidade do isolamento sonoro em largas e importantes faixas de frequência, assinaladas com as cores azul e rosa à direita do gráfico na ilustração 4. O valor de m é resultante do produto da densidade específica do material pela espessura da partição. Portanto, um material menos denso ou uma parede com menor espessura ou, pior ainda, as duas coisas simultaneamente, resultará em diminuição no isolamento sonoro.

Então, para subsidiar a análise do desempenho das partições brasileiras, as densidades superficiais foram calculadas a partir do levantamento realizado e estão representadas na ilustração 5. É notável o decréscimo sofrido ao longo dos séculos, que explica, não necessariamente sozinho, a perda no nível de isolamento sonoro das edificações brasileiras.

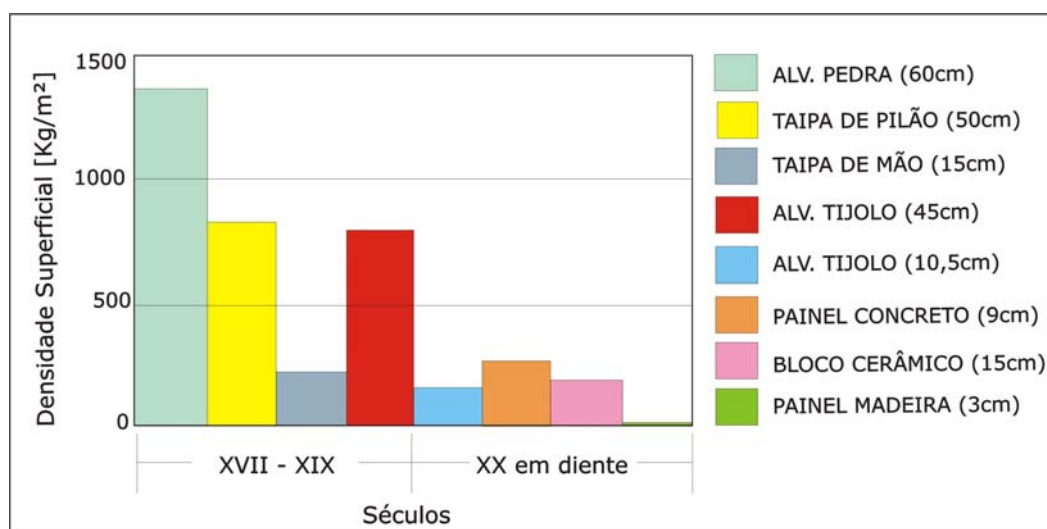


Ilustração 5 – Densidade superficial dos principais exemplos de partições brasileiras para diferentes períodos da história.

Neste ponto, já é possível estimar-se a queda na perda de transmissão, ΔPT , exclusivamente em razão do decréscimo na densidade experimentado pelas paredes, através da razão entre elas:

$$\Delta PT = 20 \log \frac{m_1}{m_2} \text{ dB} \quad [\text{Eq.8}]$$

sendo m_1 e m_2 as densidades superficiais que se quer comparar. Então, de acordo com a equação 8, a substituição da pedra pelo tijolo e do tijolo pelo bloco cerâmico nas edificações brasileiras significou, respectivamente, uma redução de 19 dB e 15 dB. Ainda, relacionando-se a parede de pedra, a mais densa utilizada no passado, com a de madeira, a de menor densidade utilizada do século XX em diante, os cinco séculos de evolução da arquitetura brasileira significaram, em termos gerais, uma queda de aproximadamente 35dB no nível de isolamento oferecido pelos componentes da moradia.

Em uma análise mais detalhada, o cálculo do nível de isolamento sonoro em frequência dos diversos componentes estudados requer a identificação precisa de diversas características das partições, conforme demonstra a presença das diferentes variáveis nas equações da ilustração 4. Portanto, obter a predição do isolamento sonoro das vedações brasileiras ao longo da história é tarefa complexa, já que há pouca informação técnica publicada. Então, a partir das equações 5 e 6, foram realizados os cálculos para os elementos de vedação dos quais se tinham os dados necessários, cujos resultados estão apresentados na ilustração 6.

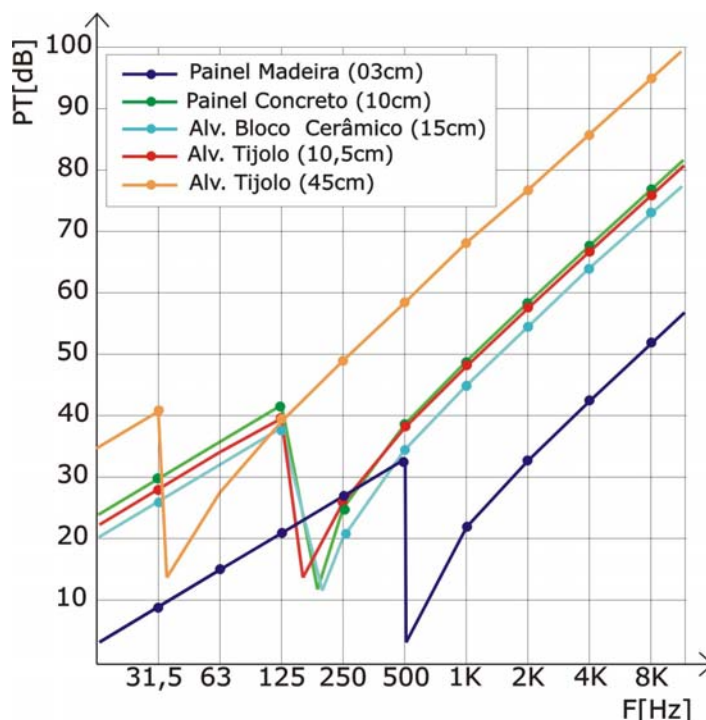


Ilustração 6 – Predição analítica da perda de transmissão sonora de exemplos de partições da arquitetura brasileira.

Para os elementos mais antigos, sobre os quais inexitem determinadas informações, tais como fator de perda ou módulo de elasticidade, não é possível a estimativa. Fica representativo dos elementos históricos, porém, a alvenaria de tijolos de 45 cm de espessura. Das outras partições, cuja perda de transmissão não é calculada, espera-se um desempenho ainda melhor que a de tijolos, já que todas tem maior densidade superficial, como mostrado na ilustração 5, com exceção única da taipa de mão.

Comparando-se as diversas partições percebe-se o desempenho superior da alvenaria de tijolo de 45 centímetros. Em todas as frequências, com exceção da região da frequência crítica, os valores da perda de transmissão são superiores em, aproximadamente, 10 dB. Observa-se, também, nas curvas, um esperado deslocamento da frequência crítica para regiões mais baixas de frequência, a medida que a

espessura da parede cresce, ou seja, nos componentes mais antigos. Isso significa, também, um melhor desempenho das partições utilizadas no passado, pois acima da frequência crítica o crescimento da PT é mais acentuado que os 6 dB por oitava encontrado na região da massa, conforme mostra a maior inclinação da curva no segmento regido pela equação 6 em relação à região da equação 5. Ainda, a frequência crítica, onde há baixa acentuada na qualidade do isolamento, correspondente aos componentes antigos de vedação tende a localizar-se em região de frequência pouco significativa, abaixo de 50 Hz, como observa-se na curva correspondente ao tijolo de 45 cm.

Outra afirmação que se pode fazer a partir dos resultados é acerca da semelhança entre os comportamentos do painel de concreto (10cm), da alvenaria de bloco cerâmico (15 cm) e da alvenaria de tijolo (10,5 cm), que são exemplos de partições atuais. O painel de madeira de 3 cm, mais comumente utilizado por populações mais carentes, é que se destaca do conjunto, tendo desempenho ainda pior que todos os outros.

Uma outra forma de discutir o comportamento das vedações é através do número único de isolamento, ao invés da análise em bandas de frequência, como foi apresentado na ilustração 6. A conversão dos valores da perda de transmissão para um índice único representativo da partição, R_w , foi feita de acordo com a ISO 717-1 e estão apresentados na ilustração 7. Vale ressaltar que para partições que não foi possível calcular a perda de transmissão, pela ausência de dados já mencionada, R_w foi calculado a partir da lei da massa, de acordo com a equação 5. Já as outras partições seguiram a predição analítica cujos valores resultantes foram mostrados na ilustração 6.

Para se poder falar em desempenho, porém, é necessário comparar resultados obtidos com critérios mínimos. Como no Brasil não existem, ainda, normas de isolamento especificando valores para nenhum tipo de edificação, os valores de R_w obtidos para as partições brasileiras foram comparados a normas européias. Utilizou-se um levantamento recente feito por Rasmussen (2004), englobando normas de 24 países europeus. Apesar das especificidades de cada país, o nível médio de isolamento exigido, definido através da perda de transmissão *in-situ*, R'_w , varia entre 50 e 61dB. Baseado, então, nesses níveis de desempenho internacionais exigidos, foi feita uma comparação com os valores calculados para R_w das partições brasileiras pesquisadas. Os resultados estão apresentados na ilustração 7, junto com a faixa de desempenho mínimo exigido nas normas européias. Observa-se que nenhuma das partições brasileiras utilizadas depois do século XIX, se avaliadas, estaria de acordo com o exigido na Europa.

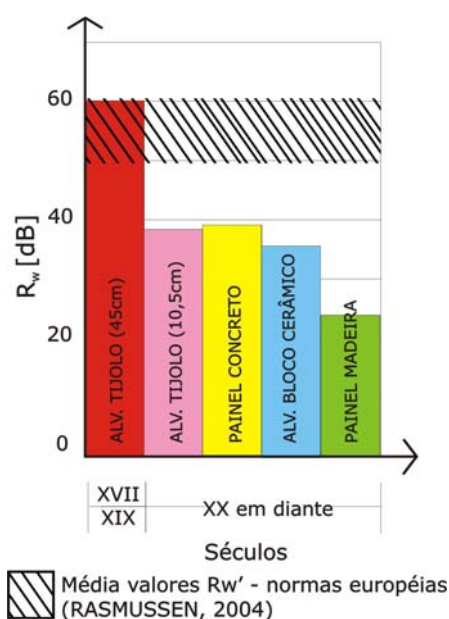


Ilustração 7 - R_w paredes de vedação brasileiras, juntamente com a média de R'_w exigidas pelas normas européias, agrupadas por séculos.

O nível de insatisfação que se espera dos moradores residenciais brasileiros ainda pode ser mais crítico do que indicam os resultados aqui obtidos. Grimwood (1997) aponta que, na Inglaterra, muitas

residências com níveis de isolamento dentro na norma contam com pessoas insatisfeitas com os níveis de ruído. Isso se explica pelo fato de que, primeiro, a norma fornece, como diz Rasmussen (2004), níveis mínimos de isolamento, cabendo ao proprietário aumentá-lo a seu critério. E, segundo, como afirma Gerretsen (2003) e Rasmussen (2004), os regulamentos se subsidiam em níveis avaliados há cinquenta anos. Nesse período, fontes sonoras diversas surgiram e a demanda por uma melhor qualidade e conforto nas edificações elevou-se.

6. CONCLUSÕES

A linha de pesquisa em desenvolvimento investiga a evolução da moradia brasileira ao longo da história, tendo em vista a qualidade do isolamento sonoro das edificações. Em um primeiro momento, apresentou-se um breve histórico sobre as transformações das residências no país. Posteriormente, acompanharam-se as modificações sofridas pelos processos construtivos ao longo do tempo. Para entendimento do comportamento de isolamento acústico, apresentou-se a fundamentação teórica sobre transmissão sonora. A partir daí, calcularam-se os níveis de isolamento das partições pesquisadas.

Da análise histórica observou-se que as edificações foram ficando mais leves ao longo do tempo, ora em razão do uso de materiais mais leves, ora pelo uso de materiais menos densos ou, até mesmo, por ambos motivos simultaneamente. Métodos analíticos indicaram que a perda no isolamento sonoro das paredes, somente em razão do decréscimo na densidade superficial, alcançou 15 e 19 dB. Quando comparados os elementos mais densos, utilizados entre os séculos XVII-XIX, com o menos denso dos dias atuais, a deterioração no nível do isolamento chega a quase 35 dB.

Para a predição do comportamento em frequência das vedações pesquisadas calculou-se a perda de transmissão sempre que disponíveis as propriedades físicas dos materiais. As curvas obtidas demonstraram um decréscimo de qualidade no isolamento sonoro à medida que o tempo evoluiu, sendo que as partições utilizadas atualmente não apresentam variação significativa de comportamento em frequência. Por fim, conclui-se que, se avaliadas de acordo com normas internacionais, nenhuma das partições brasileiras utilizadas depois do século XIX estaria de acordo com o exigido atualmente na Europa, apesar de lá já haver pesquisas que indicam ser necessário um maior rigor dos critérios atualmente adotados.

7. REFERÊNCIAS

- BAZIN, G. *A Arquitetura Religiosa Barroca no Brasil*. Rio de Janeiro: Record, 1983. vol.I.
- BERANEK, L. L.; VÉR, I. L. *Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992.
- BRUAND, Y. *Arquitetura Contemporânea no Brasil*. São Paulo: Perspectiva, 2002.
- COWAN, J. *Architectural Acoustics Design Guide*. McGraw – Hill. New York, 2000.
- DUARTE, E. A. C. Acoustic Degradation of Buildings along Historical Evolution of Architecture: The Construction of a Timeline. In: *18th International Congress on Acoustics*. Kyoto, 2004a.
- DUARTE, E. A. C. Relation between acoustic degradation of sound insulation and historical evolution of architecture. In: *33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*. Prague, 2004b.
- DUARTE, E. A. C. *Estudo do isolamento acústico das paredes de vedação da moradia brasileira ao longo da história*. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – UFSC. Florianópolis, 2005.
- FARIA, E. L. de. *Idade Média*. Disponível em: <http://www.nomismatike.hpg.ig.com.br/IdadeMedia.html>. Acessado em: 28/11/2003.
- GERRETSEN, E. Prediction of sound insulation in buildings: a tool to improve the acoustic quality. In: *DAGA'03*. Aachen, 2003. Craik (1999)
- GRIMWOOD, C. Complaints about poor sound insulation between dwellings in England and Wales. *Applied Acoustics*, 1997. Vol. 52, n°3/4, p.211-223.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Acoustics – Rating of sound*

- insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation.* 2nd ed. ISO 717-1. Switzerland, 1996.
- LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O.R. *Eficiência Energética na Arquitetura.* São Paulo: PW Gráfica e Edit. Associados Ltda., 1997
- LEMOS, C. A. C. *Arquitetura Brasileira.* São Paulo: Melhoramentos, 1979.
- LEMOS, C. A. C. *História da Casa Brasileira.* São Paulo: Contexto, 1996.
- MASCARÓ, L. E.A.R. *Luz, clima e arquitetura.* São Paulo: Nobel, 1990.
- RASMUSSEN, B. Sound insulation between dwellings – Classification schemes and building regulations in Europe. In: *Proceedings of the 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Internoise).* Praga, 2004.
- REIS FILHO, N. G. *Quadro da Arquitetura no Brasil.* São Paulo: Perspectiva, 1987.
- REYNOLDS, D. D. *Engineering Principles of Acoustics: Noise and Vibration Control.* Boston: Allyn and Bacon, Inc., 1981. Sharland (1979)
- SANTOS, P. F. Quatro séculos de arquitetura. Rio de Janeiro: IAB, 1981.
- VARGAS, M. A Tecnologia na Engenharia Civil. In: VARGAS, M. *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil.* São Paulo: UNESP/ Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 1994.