

ANÁLISE COMPARATIVA DA TRANSMISSÃO SONORA DE DIFERENTES PAREDES DIVISÓRIAS

Gabriela Schneider de Sousa ¹, Katiane Laura Balzan ²

Resumo: O desempenho acústico de um ambiente pode ser diferenciado tanto pela forma e dimensões do ambiente quanto pelos materiais a ele empregados. Atualmente as lajes e paredes cada vez mais delgadas prejudicam as condições acústicas das unidades habitacionais de edifícios. Este trabalho apresenta uma pesquisa na qual foi realizada uma análise comparativa da transmissão sonora do ruído aéreo de diferentes paredes divisórias, sendo estas de alvenaria convencional (tijolo cerâmico furado), gesso acartonado com camada de ar e gesso acartonado com lã de PET. Foram analisados estes três sistemas por serem convencional, pouco utilizado e novo no mercado, respectivamente. As paredes foram executadas uma de cada vez em um ambiente padrão composto por duas salas, emissão e recepção, separadas pelo elemento analisado. Foi utilizada fonte sonora para emissão e medidores de nível de pressão sonora, sendo possível obter a Diferença de Nível entre as salas. Os ensaios seguiram algumas recomendações da ISO 140 – 4, observados em trabalhos já realizados. Para cada parede foram encontrados resultados diferentes conforme o tipo de som emitido. Para todos os ensaios foram emitidos três sons, estes que são comuns e frequentes e que são considerados ruídos, pois diversas vezes são motivos de reclamações. Os resultados obtidos foram comparados, e pode-se observar que dos três sistemas de parede divisória a que obteve melhor desempenho foi a de gesso acartonado com camada de lã de PET. Além do bom desempenho observado, a lã de PET é sustentável, e o sistema de gesso acartonado traz flexibilidade e rapidez à obra.

Palavras-chave: Conforto acústico. Desempenho acústico. Paredes divisórias. Transmissão sonora. Acústica em edifícios.

1. Introdução

Atualmente, com o aumento da demanda na construção civil, principalmente de edifícios, é necessário se preocupar mais com o conforto acústico do cliente, este que por muitas vezes é prejudicado pelo som emitido pelo vizinho devido às condições construtivas do ambiente que não atendem os níveis recomendados para conforto acústico.

Para Akkerman (2010), quando os investidores são competitivos eles precisam fazer produtos mais baratos, e isso, na maioria das vezes, compromete a qualidade. O autor cita como exemplo as lajes e paredes cada vez mais finas que, por sua vez, acarretam problemas acústicos, estes que causarão reclamações, podendo virar processos jurídicos, o que leva os investidores a melhorarem os produtos atendendo às exigências dos clientes.

¹ Acadêmica de Engenharia Civil, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, e-mail: gabi.sousa@unochapeco.edu.br

² Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, e-mail: katilaura@unochapeco.edu.br

Ruído comum do dia-a-dia, como o tráfego de veículos nas ruas, é mais difícil de controlar, devido ao nível de ruído e o aumento do tráfego. Porém, os ruídos que ocorrem dentro das edificações são os alvos de reclamações, e esses sim podem ser eliminados ou pelo menos amenizados.

De maneira geral, os ruídos dividem-se em dois grupos: ruídos aéreos e ruídos de impacto. Os ruídos aéreos são transmitidos através do ar, enquanto os ruídos de impacto decorrem da percussão sobre um sólido (CARVALHO, 2010).

As paredes divisórias de unidades habitacionais têm a função de controlar o ruído aéreo. Segundo Bistafa (2006) a parede entre dois recintos reduz a transmissão sonora entre eles, pois ocorrem mudanças do meio de propagação: ar – parede e parede – ar. Porém, nem todos os materiais aplicados em paredes divisórias possuem bom desempenho acústico.

Para Gerges (2000 apud Neto, 2006) as características de materiais ou dispositivos para isolamento acústico podem ser estabelecidas através da determinação de duas grandezas físicas: Perda de Transmissão (PT) e Diferença de Nível (D), ambos expressos em decibéis (dB).

O autor conceitua Perda de Transmissão como sendo a relação logarítmica entre a energia sonora transmitida e a energia sonora incidente em uma parede, enquanto a Diferença de Nível é o resultado da redução do ruído depois do uso de algum dispositivo isolador. Se a Perda de transmissão (PT), também chamada de Índice de Redução (R), for alta, significa baixa transmissão de energia acústica e vice-versa.

Paixão (2002, apud Neto, 2006) explica que a Perda de Transmissão (PT) não se baseia, somente, nas características dos materiais, porque sofre a interferência de fatores relativos ao ambiente, como o volume e a absorção, o que a torna diferente da Diferença de Nível Sonoro (D).

De maneira geral, a PT depende da espessura do material, da absorção e da frequência do som emitido. Para Gerges (1992), a PT aumenta 6 dB quando duplicada a massa. Porém, isso é válido até a frequência crítica, onde ocorre o fenômeno de coincidência, ou seja, a frequência do som emitido se assemelha à frequência que faz o material entrar em vibração, o que reduz a PT.

Na obra de Costa (2003) são apresentados valores da atenuação do ruído (R) para parede simples de tijolos cerâmicos a uma frequência de 500 Hz, sendo que no caso do tijolo furado tem-se um R de aproximadamente 40 dB.

Já no caso de uma divisória de gesso acartonado de 12,5 mm de espessura com camada de ar de 25 mm, o valor de R é de aproximadamente 28 dB. Se houver substituição da camada de ar por uma lã mineral de média densidade, esse índice aumenta para aproximadamente 35 dB (CARVALHO, 2010).

Com o intuito de comparar o desempenho desses sistemas de paredes, foi realizado o experimento descrito no presente artigo. Os ensaios foram realizados em campo para obtenção de valores de Diferença de Nível (D) entre duas salas semelhantes.

2. Materiais e métodos

O ambiente escolhido para ensaio consiste em uma sala de estar de um apartamento em uma obra em andamento, com paredes e teto rebocados e laje sem camada de regularização (Figura 2.1).



Figura 2.1: Ambiente escolhido para ensaio

Nesta sala foram construídas as paredes estudadas, uma de cada vez, dividindo a sala em duas, uma sala de emissão (SE) e outra de recepção (SR). Sendo assim, para maior semelhança entre salas as aberturas de porta foram fechadas, e foram instaladas duas portas para acesso às salas (Figura 2.2).

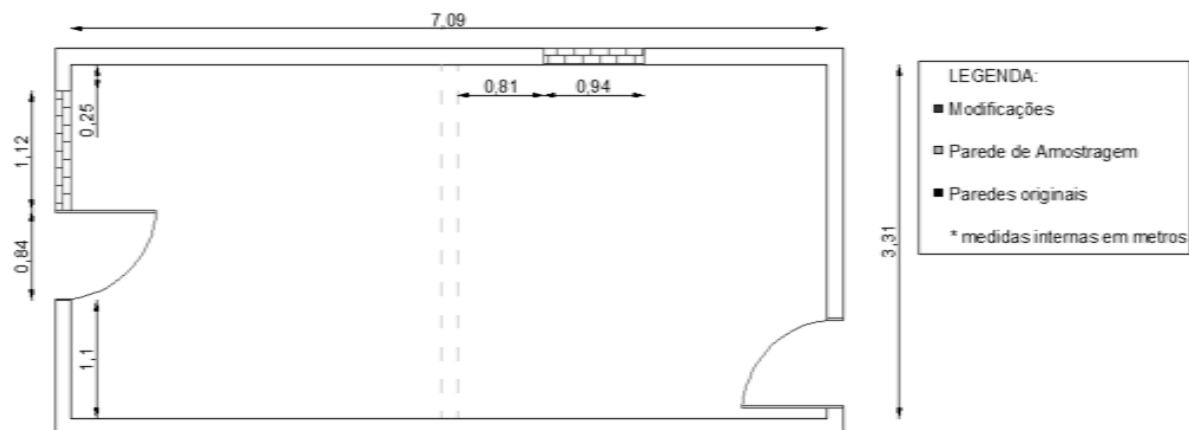


Figura 2.2: Modificações

Os paredes divisórias avaliadas foram: divisória de gesso acartonado com camada de ar (P1); divisória de gesso acartonado com camada de lã de PET (P2) e parede rebocada de tijolo cerâmico furado (P3).

As placas utilizadas para P1 tinham dimensões de 1,20 x 2,90 m e espessura de 1,25 cm, e camada de ar de 7,5 cm de espessura. A divisória foi montada com perfis metálicos (guias e montantes) parafusados no chão, no teto e nas paredes laterais, onde as placas foram fixadas depois com parafusos. As juntas receberam tratamento com fita especial e posteriormente as frestas foram fechadas com massa para gesso (Figura 2.3).

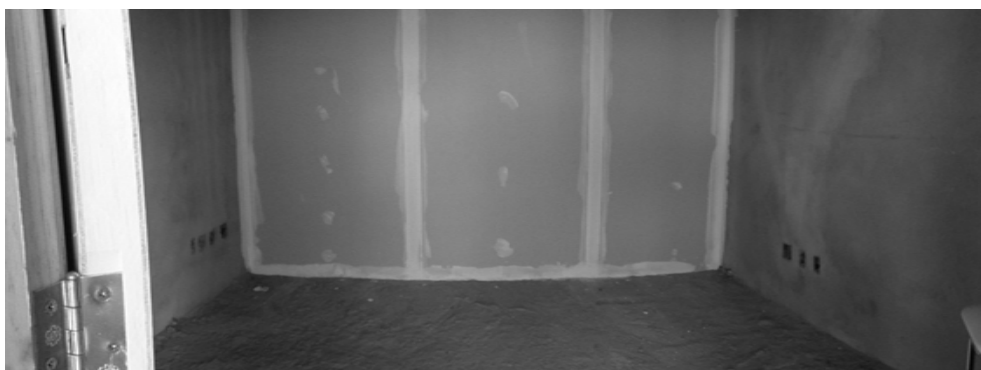


Figura 2.3: Divisória de gesso acartonado (P1)

Para a P2 foi utilizada a mesma divisória, substituindo a camada de ar por uma camada de lã de PET, sendo esta de densidade 15 Kg/m³ e mesma espessura de 7,5 cm (Figura 2.4).



Figura 2.4: Lã de PET (Fonte: TRISOFT, 2010)

No caso da P3 foram utilizados tijolos cerâmicos de dimensões 9 x 14 x 24 cm, assentados a chato (característica da obra), com juntas horizontais e verticais com espessura de 1 cm e revestida com uma camada de reboco em ambos os lados na espessura de 1 cm (Figura 2.5).

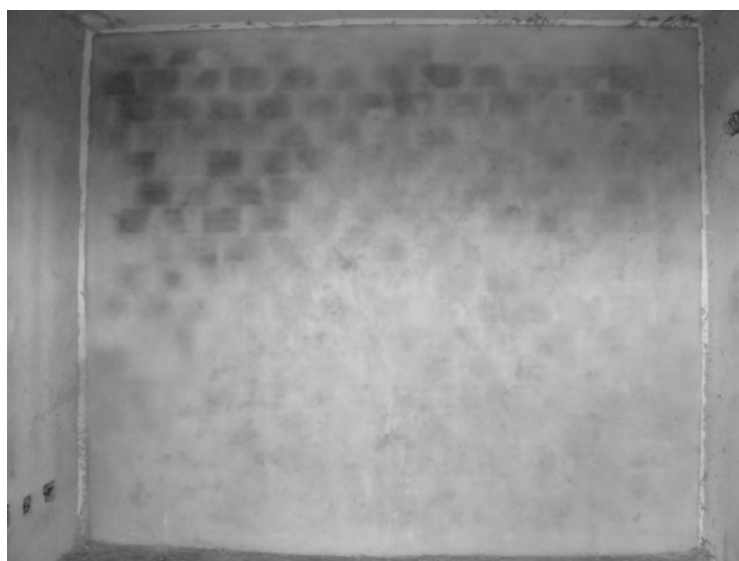


Figura 2.5: Parede de tijolo cerâmico (P3)

Para a execução do ensaio foram necessários aparelhos de emissão e medição sonora. A fonte emissora utilizada foi um aparelho de som potente para atingir o nível de intensidade sonora necessário.

Para a medição do nível sonoro em ambas as salas foram utilizados dois decibelímetros digitais. Porém, apenas um decibelímetro tinha a função Datalogger, ou seja, a função de gravar os registros para descarregar posteriormente no

computador. Sendo assim, o aparelho que não possuía essa função foi colocado na SE, onde os registros seriam semelhantes para todos os ensaios.

Informações gerais do decibelímetro (SE): modelo DEC 420, nível de medição de 30 a 130 dB (30 – 80 dB; 50 – 100 dB; 60 – 110 dB; 80 – 130 dB), resposta rápida e lenta (*fast* e *slow*), curvas de ponderação A e C, valor máximo.

Informações gerais do decibelímetro (SR): modelo DL 4200, iluminação do display, nível de medição de 30 à 130 dB (30 – 80 dB; 50 – 100 dB; 80 – 130 dB; 30 – 130 dB), curvas de ponderação A e C, função DataLogger, tempo de resposta rápida e lento (*fast* e *slow*), valor máximo e mínimo.

Além dos aparelhos de medição de nível sonoro foi utilizado também um termo-higrômetro para verificação da umidade relativa do ar e temperatura ambiente antes da realização de cada ensaio, sendo que a partir de uma umidade de 80% pode haver interferência no resultado.

Para cada ensaio foram emitidos três tipos de som, cada um com uma intensidade diferente. Os três sons foram gravados em um CD e no primeiro dia de ensaio, antes das 7h, foram definidos de acordo com a faixa de normalidade para cada um deles (Quadro 2.1).

Quadro 2.1: Nível de intensidade dos sons emitidos nos ensaios

Nome	Tipo de som	Intensidade (dB(A))
Som 1	Fala humana (conversação em tom normal)	50 – 70
Som 2	Música em volume alto	80 – 90
Som 3	Liquidificador	> 90

Os ensaios foram realizados nos domingos durante a manhã e tarde, pois foi observado que é o dia de menos tráfego, contribuindo para a realização dos ensaios.

O experimento foi realizado baseado em algumas recomendações da ISO 140-4, descritas no trabalho de Paixão e Gerges (2004). Sendo assim, foram determinados dois pontos de posição de fonte na SE e cinco pontos de posição do medidor de nível sonoro na SR (Figura 2.6).

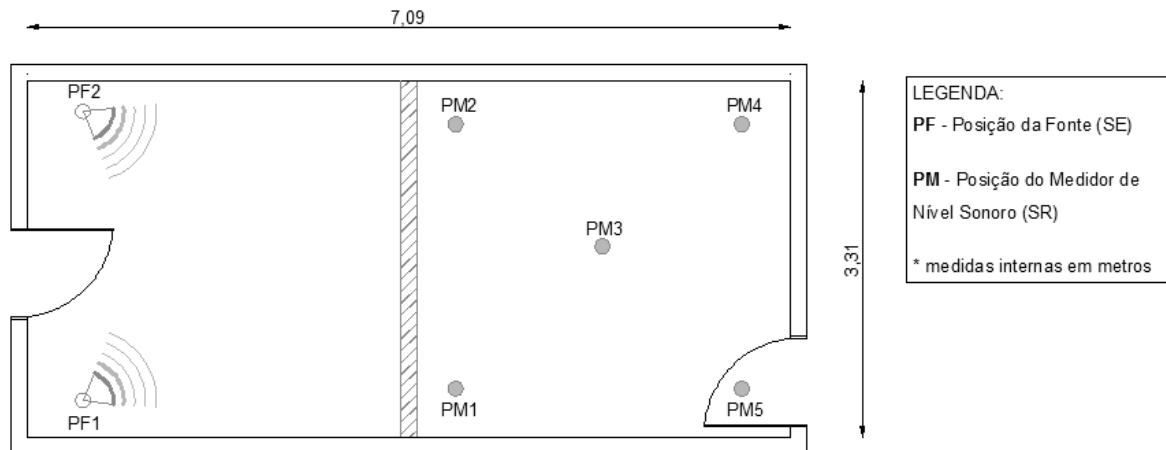


Figura 2.6: Esquema do ensaio

Os aparelhos de medição foram configurados para registrar o nível de intensidade com a curva de ponderação A, por se aproximar da percepção do ouvido humano, e o tempo de resposta lenta (*slow*), pois esta é utilizada para medição de nível de som médio, enquanto *fast* é utilizada para sons de pico.

O ensaio ocorreu da seguinte forma: cada som foi emitido e medido durante 1 minuto, 15 vezes em cada posição de fonte, considerando o valor máximo registrado neste intervalo (Figura 2.7).



Figura 2.7: Emissão, PF1

Das 15 emissões, o nível de pressão (NPS) foi medido 3 vezes em cada ponto da SR (Figura 2.8).



Figura 2.8: Recepção, PM1

As leituras de recepção foram registradas na memória do decibelímetro, onde posteriormente foi possível obter também o máximo valor entre os registrados em cada minuto.

Desta forma, ao final do ensaio de cada parede, foram obtidos 90 valores de emissão e 90 valores de recepção, sendo 30 deles para cada tipo de som.

3. Resultados e discussões

A partir dos valores obtidos no ensaio de cada parede foi determinado um nível de pressão sonora médio de emissão e outro de recepção para cada som através da equação proposta por Gerges (1992).

$$NPS = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M 10^{NPS_i/10} \right] \quad (1)$$

Alguns valores de recepção foram desconsiderados devido à alta variação em relação ao demais, fato observado nos gráficos pela existência de picos, o que se deve principalmente à interferência de tráfego. Também foram desconsiderados alguns valores de emissão, devido à variação da distância entre fonte e medidor, fato corrigido nas demais medições.

Com o NPS médio de emissão e o de recepção foi determinada a Diferença de Nível (D). Abaixo são apresentados os valores médios de NPS e a D para a divisória de gesso acartonado com camada de ar (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Diferença de nível para P1

P1	NPS _{SE} (dB(A))	NPS _{SR} (dB(A))	D (dB(A))
Som 1	78,52	52,69	25,83
Som 2	92,44	67,17	25,27
Som 3	100,56	69,08	31,48

Como pode ser observado, a D para os sons 1 e 2 é muita próxima, porém ambos são diferentes da D obtida para o som 3. Isso demonstra bem o que foi mencionado em relação ao comportamento dos materiais, este que depende muito da natureza do som que está sendo emitido. No caso acima o sistema de gesso acartonado com camada de ar se comporta melhor como barreira de um som de liquidificador do que para o som de uma conversa, com um aumento de 6,21 dB(A) em relação a esta.

Já no caso da divisória de gesso acartonado com camada de lã de PET foram obtidos resultados diferentes para os sons 1 e 2 (Tabela 3.2).

Tabela 3.2: Diferença de nível para P2

P2	NPS _{SE} (dB(A))	NPS _{SR} (dB(A))	D (dB(A))
Som 1	77,21	51,5	25,71
Som 2	91,87	58,81	33,06
Som 3	97,43	62,19	35,24

Novamente o melhor desempenho foi observado na emissão do som de liquidificador, com um acréscimo de 9,53 dB(A) em relação à conversa e 2,18 dB(A) em relação à música.

Para o caso da parede de tijolo cerâmico foram obtidos os resultados apresentados abaixo (Tabela 3.3).

Tabela 3.3: Diferença de nível para P3

P3	NPS _{SE} (dB(A))	NPS _{SR} (dB(A))	D (dB(A))
Som 1	78,90	47,08	31,82
Som 2	92,23	63,26	28,97
Som 3	100,03	68,26	31,77

Neste caso houve pouca melhoria do desempenho entre o som de conversa e liquidificador, com um aumento quase insignificante. Porém, em relação à música, a emissão do som de liquidificador apresentou aumento de 2,8 dB(A).

Todos os resultados obtidos levam em consideração a estrutura da sala e não somente o elemento divisor, ou seja, há colaboração dos elementos das salas, piso (laje sem camada de regularização), paredes rebocadas e teto rebocado. Porém, conforme Neto (2006),

- quando a densidade superficial do elemento divisor é igual a dos elementos adjacentes, a transmissão por via direta é igual à transmissão por via indireta;
- quando a densidade superficial do elemento divisor é menor que a dos elementos adjacentes, a transmissão ocorre essencialmente pelo elemento separador, sendo a influência da transmissão marginal desprezível.

Desta forma, considera-se que a maior parcela foi transmitida pelo elemento divisor nos três casos, podendo-se fazer uma comparação entre eles (Figura 3.1).

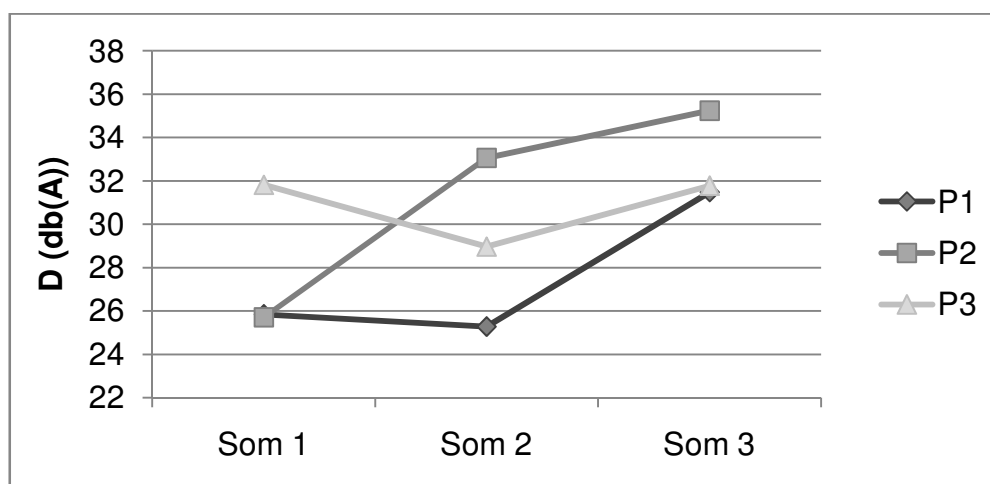


Figura 3.1: Gráfico da diferença de nível para cada tipo de som

É possível observar que a divisória com camada de ar obteve os resultados mais baixos para os sons 2 e 3. O principal fator é a falta de algum material absorvente entre as placas. Também é possível que o motivo para o baixo desempenho seja a estrutura metálica, pois possui ligações parafusadas. Neste caso, os parafusos funcionam como ponte acústica, transmitindo o som de uma sala para outra.

Com a aplicação da lã de PET entre as placas de gesso, a música e o som de liquidificador apresentaram maior Diferença de Nível em relação aos resultados da divisória sem a lã, com um aumento aproximado de 31% para a emissão da música e 12% para o liquidificador. É possível observar um aumento da D de aproximadamente 8 dB(A) e 4 dB(A) para a música e o liquidificador, respectivamente. Esse aumento está próximo do proposto por Carvalho (2010), onde a aplicação de material absorvente entre as placas de gesso aumenta de 6 dB a 9 dB, sendo que esses valores de Carvalho (2010) referem-se ao Índice de Redução, e não somente à Diferença de Nível. Desta forma, se considerar o volume da sala e área de absorção conforme equação de R' o desempenho seria ainda maior.

Obviamente esse aumento da D corresponde a uma redução do ruído, sendo que, para o ouvido humano, a redução a partir de 3 dB(A) já é perceptível, e uma redução de aproximadamente 10 dB(A) no ruído é equivalente à redução da metade do ruído. Ou seja, com a aplicação da lã de PET, o ruído que chega à sala de recepção é quase a metade daquele que chega sem a lã.

Porém, com a aplicação da lã de PET, não foi observada praticamente nenhum aumento da D no caso da conversação. Conforme a Trisoft (2010) que apresenta dados do material testado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), onde a absorção da lã aumenta quando aumenta também a frequência, o coeficiente de absorção da lã é baixo para baixas frequências. Sendo assim, não há grande eficiência do conjunto para esse tipo de som. Além disso, esse baixo desempenho pode ter relação com a frequência crítica, onde a frequência do som emitido é a mesma que faz a parede entrar em ressonância, transmitindo então a maior parte do som para a outra sala.

No caso da parede de tijolo cerâmico furado, pode ser observado que apresentou melhor desempenho para a conversação. Uma das hipóteses para tal fato é a espessura da parede (16 cm), pois com maior espessura, maior a

capacidade da parede de absorver ondas de baixa frequência que, por sua vez, possuem maiores comprimentos de onda. Mas para o caso da música e do som de liquidificador essa parede não é tão eficiente, pois não possui material absorvente para as frequências mais altas como o caso da divisória de gesso com a lã.

Porém, para as três opções de parede, em todos os sons emitidos, exceto para P3 no som 1, o Nível de Pressão Sonora na sala de recepção está acima do recomendado na NBR 10152/1987, onde o nível de conforto acústico para uma sala de estar está entre 40 dB e 50 dB.

Também analisando o quadro de classificação de isolamento (Quadro 2.2), as três paredes estariam entre isolamento pobre e bom, considerando que há mais uma parcela a ser considerada juntamente com a D, que somado seria o R'.

Quadro 3.1: Classificação do isolamento (Fonte: Gomez, 1988)

Qualificação do Isolamento	Perda de Transmissão	Condições de Audição
Pobre	< 30 dB	Compreende-se a conversação normal facilmente através da parede.
Regular	30 a 35 dB	Ouve-se a conversação em voz alta, mas não se entende bem a conversação normal.
Bom	35 a 40 dB	Ouve-se a conversação em voz alta, mas não é facilmente inteligível.
Muito Bom	40 a 45 dB	A palavra normal é inaudível e em voz alta é muito atenuada, sem compreensão.
Excelente	> 45 dB	Ouve-se muito fracamente os sons muito altos.

Outro fator importante é o custo de cada material. Alguns valores aproximados são apresentados baseados em cotação de algumas empresas, considerando material e mão-de-obra (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Custo aproximado de cada parede

Opções de parede	Preço (R\$/m²)
Tijolo cerâmico furado (9x14x24), rebocada	51,00
Gesso acartonado com camada de ar	55,00
Gesso acartonado com lã de PET	68,00

A opção de tijolo cerâmico é a que possui menor custo. Porém, analisando o desempenho acústico associado à rapidez de execução e flexibilidade, a divisória de gesso acartonado com camada de lã de PET é mais viável.

Considerando o caso desta análise realizada, se substituir a alvenaria de tijolos cerâmicos por gesso acartonado com camada de lã de PET, pagando R\$ 17,00 além, seria possível reduzir em torno de 4 dB(A) a mais do ruído provocado por uma música, o que não aparenta uma grande melhoria, mas, como já mencionado, é perceptível ao ouvido humano, sendo melhor para o usuário.

4. Considerações

O conforto acústico não é somente um diferencial de um empreendimento, nem um serviço que deve ser cobrado a mais, pois é um direito de todo indivíduo.

O ruído pode ocasionar alguns sintomas como a irritabilidade, que vai totalmente contra o conceito de bem estar, o que deveria ser o reflexo de uma moradia. O local de moradia é o resguardo dos problemas de trabalho, do barulho do trânsito, do cansaço do dia-a-dia, então este precisa ser um lugar de conforto.

Focando o conforto acústico, neste trabalho foi possível observar que de algumas opções atuais de paredes, a divisória de gesso acartonado com lã de PET obteve os melhores resultados. Embora no caso de uma conversação ela não tenha apresentado melhor eficiência, é conveniente ainda dizer que é a melhor opção, pois o ruído de uma música de alta intensidade ou de um liquidificador em potência máxima é mais indesejável que o som de uma conversa.

O sistema convencional de tijolo cerâmico furado, segundo os resultados, não é a pior opção, pois apresentou boa Diferença de Nível. Porém, é importante salientar que os tijolos estavam “deitados”, gerando maior espessura da parede. Mas se forem assentados “em pé” (cutelo) é provável que esse resultado diminua, tornando o sistema menos eficiente simplesmente pela disposição do material.

De modo geral, pelo estudo apresentado, a aplicação de um material absorvente auxilia na isolamento sonora. Como a Diferença de Nível foi maior para sons de maior frequência, pode-se afirmar também que a absorção do material aumenta quando aumenta também a frequência do som, fato demonstrado por Carvalho (2010).

Sendo assim, associando material isolante, mas não muito reflexivo, como o gesso, e material absorvente, como a lã de PET, tem-se uma boa alternativa para o

conforto acústico de um ambiente. Porém, é preciso ainda mais que isso para melhor atender as recomendações das normas.

É necessário ainda repetir os ensaios com equipamentos mais completos e precisos para afirmar as hipóteses feitas e os resultados obtidos, possibilitando uma melhor análise dos materiais.

Referências

AKKERMAN, Schaia. Barreiras acústicas. **Téchne**, ed. 161, p. 22-24, mar. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

BISTAFA, Sylvio Reynaldo. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Blucher, 2006. cap. 9.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica arquitetônica**. 2. ed. Brasília: Thesaurus, 2010.

COSTA, Ennio Cruz. **Acústica técnica**. São Paulo: Blucher, 2003.

GERGES, Samir N.Y. **Ruído**: fundamentos e controle. 1. ed. Florianópolis: S.N.Y. Gerges, 1992.

GOMEZ, G. O. **Acustica aplicada a la construcción**. El ruido. Santiago de Cuba: Ediciones ISPJAM, 1988.

NETO, Nestor Alves dos Santos. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2006. Disponível em: <http://jararaca.ufsm.br/websites/acustica/download/DISSERTA/diss_nestor.pdf>. Acesso em: 05 out. 2010.

PAIXÃO, Dinara Xavier; GERGES, Samir Nagi Yousri. **Perda de transmissão sonora em paredes de alvenaria de tijolo maciço cerâmico**. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2004. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3566/1962>>. Acesso em: 05 out. 2010.

TRISOFT. **Lã de PET**: Isosoft. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.trisoft.com.br/site/index.php/em-destaque.html>>. Acesso: 10 set. 2010.