



ANÁLISE DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE DIFERENTES TIPOS E COMBINAÇÕES DE VIDROS EM BANDAS DE OITAVA DE FREQUÊNCIA

Faccin, Manolo (1); Ferreira, Paola Diamante de (2); Santos, Vinicius T. Lau dos (3); Krüger, Eduardo L. (4)

(1-3) Acad. Curso de Engenharia de Produção Civil. CEFET/PR – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná

(4) Professor Depto de Construção Civil/CEFET-PR, Avenida Sete de Setembro, 3165 Curitiba – PR CEP.80.230-901 Tel.: (41) 310-4725 e-mail: krueger@ppgte.cefetpr.br

RESUMO

O presente artigo visa à análise do desempenho acústico de diferentes tipos e combinações de vidros, quando submetidos ao ruído rosa em uma câmara acústica desenvolvida especificamente para este trabalho. A apreciação foi feita em bandas de oitava de frequência, com a utilização do equipamento SVAN 943, posicionado em 3 pontos diferentes dentro da câmara mencionada. Através dos resultados obtidos, pode-se fazer uma comparação do desempenho acústico dos diferentes tipos de vidros testados e dimensionar com um custo minimizado e desempenho otimizado, aqueles que devem ser utilizados em uma edificação.

ABSTRACT

The present paper shows an analysis of different kinds of glazing combinations, submitted to a large spectrum of frequencies in an acoustic chamber, which was specially developed for the research. The SVAN 943 equipment was positioned in three different spots in the chamber. From the gathered data, a comparison could be made regarding the acoustic performance of the different glazings tested and the best case could be chosen with regard to cost and benefit.

1. INTRODUÇÃO

O ruído ou perturbação sonora tornou-se um componente da vida urbana, em decorrência do crescimento desordenado da população, e também pelo grande aumento do número de veículos. Assim, a poluição sonora e suas conseqüências na qualidade de vida passaram a ser foco de estudos realizados em diversas partes do mundo.

Para exemplificar, em 1989, na Suécia, no Congresso Mundial sobre Poluição Sonora, o assunto passou a ser considerado questão de saúde pública. Hoje, depois da poluição do ar e da água, o ruído é o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas, prejudicando o sossego, a segurança e a saúde.

Muitas vezes não é dada a devida importância à poluição sonora, pois é um risco invisível encarado somente como um desconforto. Souza (2000) classifica o ruído como um tipo de poluição tóxica, equiparando-o a emissões de SO₂, NO_x, NH₃, O₃ na baixa atmosfera, CO, agroquímicos e radiação. Sua abrangência é continental, ou seja, atinge toda a população, devido à rápida propagação da onda sonora e das inúmeras fontes – máquinas, fábricas, trânsito, doméstico etc.

Quando o ouvido humano é submetido a níveis de pressão sonora superiores a 85dB(A) – o que comumente acontece em ambientes industriais brasileiros – inúmeros danos à saúde podem ocorrer, tais como: aumento nos níveis de estresse, alterações no estado emocional, diminuição da concentração, hipertensão, estreitamento dos vasos sanguíneos, medo, alteração de atividade estomacal, entre outros.

A audição pode ser considerada o mecanismo de percepção mais sensível do homem, o que a torna alvo de inúmeras pesquisas. Portanto, o conforto acústico não deve ser encarado apenas como fator ambiental, mas como um direito do cidadão. Estudos científicos demonstram que uma pessoa consegue ter relaxamento durante o sono, somente em níveis de ruído de, no máximo, 39dB(A). Já a Organização Mundial da Saúde estabelece como 55dB(A) o nível médio de ruído para uma pessoa viver bem.

Atualmente, existem normas técnicas que determinam níveis de pressão sonora máximos em diferentes ambientes – residenciais, industriais, escolares, hospitalares – para se obter o mínimo de conforto. Por este motivo, no Brasil, a ineficiência do isolamento acústico pode ser considerada como defeito de construção, quando os níveis de transmissão de ruído forem superiores aos limites traçados pela NBR 10.152 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico.

Novas tecnologias aplicadas a materiais já bastante conhecidos, como o vidro, ajudariam a criar as tendências da arquitetura moderna: fachadas-cortina e pele-de-vidro nas edificações (BLINDEX, 1999). Mas essas estruturas trazem consigo problemas sérios no que diz respeito ao conforto térmico e acústico dos ambientes.

Somando a preocupação com o conforto e bem estar da população no tocante à acústica, tem-se a necessidade do desenvolvimento de sistemas construtivos que visem um bom isolamento sonoro e, conseqüentemente, proporcionem bem estar ao ser humano. Ainda nesse foco, também pode-se considerar a desvalorização imobiliária, pois as habitações são afetadas por ruídos incômodos e muitas vezes insalubres. Contudo, deve-se abordar o fato de que os custos de uma edificação com alto padrão de conforto acústico, ainda são elevados comparando-se com construções sem o devido isolamento sonoro. Sob esse ponto de vista, percebe-se a necessidade do desenvolvimento de materiais e técnicas que venham a reduzir o montante financeiro de tais obras.

O artigo pretende apresentar detalhes da câmara acústica, projetada para a pesquisa, incluindo o orçamento. Apresenta também resultados de ensaios com diferentes tipos de vidro, para aplicação em edifícios.

2. METODOLOGIA

Cada laboratório deve conceber seu método de medições, pois a norma internacional ISO 140-3 e o projeto de norma brasileira 02:13.01-001 fazem apenas algumas recomendações. Portanto, os métodos e os materiais aqui descritos foram desenvolvidos pelos autores desse trabalho, seguindo as principais recomendações dessas normas.

2.1 Materiais e Equipamentos

A norma ISO 140-3 recomenda que uma das salas da câmara tenha, no mínimo, 50m³ e que a diferença do volume entre as duas salas seja, no mínimo, de 10%. As dimensões da câmara projetadas pelos autores desse trabalho tiveram a escala reduzida, pois foram encontradas dificuldades em relação ao espaço físico e, também, no âmbito financeiro.

Internamente, a sala de recepção tem 2,5m × 2,5m × 2,5m e a de emissão 1,5m × 2,5m × 2,5m. Portanto, seus volumes são 15,83m³ e 11,24m³, respectivamente, atendendo a norma ISO 140-3, que recomenda uma diferença entre os volumes das câmaras superior a 10%. As paredes e a laje das salas são levemente inclinadas para que a dissipação da onda sonora seja mais rápida.

As paredes da sala de recepção são duplas, compostas por blocos cerâmicos de seis furos com 14cm cada uma. A espessura de 2,5cm entre os blocos é preenchida com lã de vidro de densidade 60Kg/m³, envolvida por um plástico escuro (Fig. 01). Os lados que ficam expostos, de cada uma das paredes, são

chapiscados, emboçados, rebocados e pintados. Internamente, as paredes são revestidas com espuma de espessura 50mm para diminuir o tempo de reverberação.

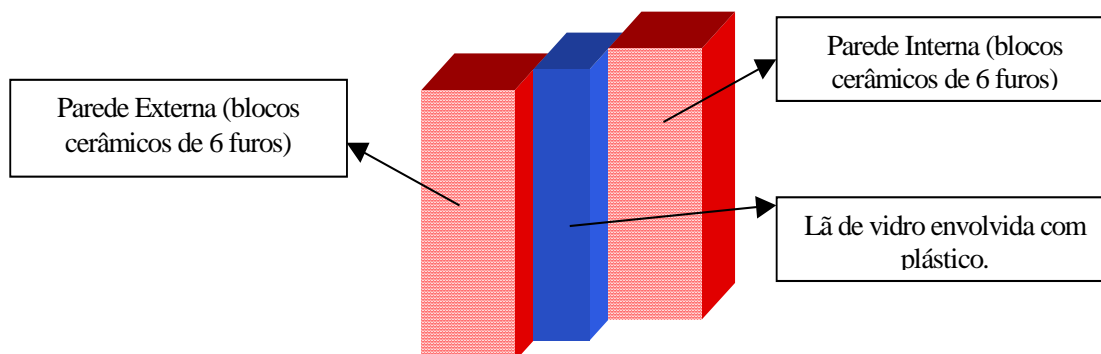


Fig. 01 – Detalhe das Paredes da Câmara Acústica.

Similarmente às paredes, o teto da sala de medição também possui, entre duas lajes pré-moldadas, lã de vidro com a mesma densidade utilizada no preenchimento entre as paredes. O piso da sala de medição é composto por cimento, cal, areia e pequenos pedaços de borracha substituindo a brita para evitar a passagem de vibração, e, por cima, uma camada de argamassa com espessura de 1cm para dar acabamento. Para melhorar a absorção do ruído o piso é revestido com carpete de náilon de espessura de 3mm.

A abertura entre as salas de medição e emissão é de 1,20m × 1,50m. Um perfil de alumínio praticamente maciço circunda esse espaço caso seja necessário encaixar amostras ou fechar o vão para ensaiar materiais de menor área. Para esse último, os sulcos devem ser fechados com uma espuma de PVC expandido (Fig. 02).

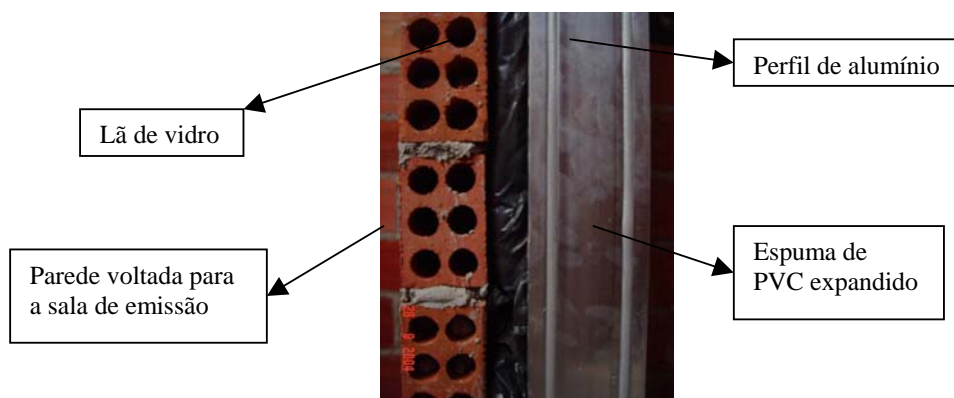


Fig. 02 – Detalhe Perfil de Alumínio.

Para realizar as medições foi utilizado o equipamento SVAN 943, da marca Svantek, fabricado na Polônia. O instrumento é um medidor e analisador de som de precisão, com classificação do Tipo II, de acordo com a IEC 60.651 e a IEC 60.804, e filtros Tipo I, conforme IEC 1.260.

Três parâmetros (dB(A), dB(C) e linear) podem ser medidos simultaneamente e com padrões independentes, aferindo para cada um deles o NPS, o espectro de frequência, entre outros.

O analisador de frequência foi calibrado antes de iniciar cada ensaio. O calibrador utilizado é o modelo CAL 150 da marca *Larson Davis*, fabricado nos Estados Unidos. Foi usado o adaptador ADP 024 para

microfone de 1/4 de polegada, também fabricado pela *Larson Davis*, já que o encaixe do calibrador é para microfone de 3/8 de polegada. O CAL 150 atende às normas ANSI S1.4-1984, *Specification for Acoustic Calibrators*, e IEC 60.942-1997 Class 2, *Sound Calibrators*, para um calibrador do Tipo II.

2.2 Medições

O som emitido para a realização dos ensaios foi o ruído rosa: todas as bandas de frequência contribuem com a mesma energia (dB) (FERNANDES, 2002). Os NPSs de emissão utilizados foram 60, 75 e 90dB(A), pois segundo a empresa Relacus, que faz monitoramento do ruído em Curitiba há, desde 1997, através de relógios acústicos fixos, o ruído urbano está compreendido entre as faixas de 60 a 90dB(A) (acesso em: <<http://planeta.terra.com.br/servicos/relacus>>).

Nas medições foi usado o *compact disc* (CD) de Aplicações Técnicas para Áudio Profissional da SPX Sistemas Eletroacústicos Ltda., produzido por Solon Petraru. A faixa do ruído rosa tem um minuto de duração e os testes realizados, 30 segundos. O analisador de frequência era posicionado e programado com 15 segundos de atraso para o início da medição, dessa maneira, era possível sair da sala de medição e ligar a fonte sonora sem perturbar a análise. Foi utilizado esse método para evitar a influência do início e do final da faixa do CD no espectro de frequência. Dessa forma, foram eliminadas interferências externas garantindo uma uniformidade da captação do ruído.

Na sala de medição foram marcados três pontos, distantes entre si 0,5m, a altura do microfone foi mantida em 1,29m e distante, no mínimo, de 1m das paredes, conforme a exigência da norma NBR 10.151 de dezembro de 1987. Para cada NPS, foram realizadas medições nos três pontos.

O analisador de frequência foi colocado na sala de emissão para regular o som nos NPS supracitados. O ruído de fundo da câmara acústica também foi avaliado nos três pontos. As medições ocorreram em duas partes: na primeira, o vão ficou livre durante a emissão de ruído rosa, dessa forma, o equipamento auferiu os espectros de frequência sem barreira. Na segunda etapa, fixou-se o vidro a ser ensaiado e, utilizando a mesma metodologia de medição, registrou-se o espectro de frequência. Comparando as duas medições, pôde-se caracterizar os vidros, pois a atenuação, ocorrida do primeiro para o segundo valor, deve-se exclusivamente à barreira de vidro colocada entre as duas salas.

Para fixar os vidros entre as duas salas, foram utilizadas cantoneiras parafusadas no perfil de alumínio (Fig. 02), ficando em ambos os lados da amostra a ser ensaiada. Para que a vedação fosse garantida, foi colada uma espuma no lado interno da cantoneira, parte que fica em contato com o vidro (Fig. 03).



Fig. 03 – Espuma para vedação.

3. RESULTADOS

Segundo Gerges (1992), o ruído de fundo não pode ser eliminado, então deve-se determinar a diferença entre o NPS do ruído de fundo (L_f) e o NPS da medição (L_t) e, com posse desse valor, as seguintes considerações devem ser feitas:

- $\Delta L \leq 3\text{dB}$: a medição não pode ser considerada, pois o ruído de fundo é excessivo;
- $3\text{dB} < \Delta L < 10\text{ dB}$: define-se o NPS corrigido com a seguinte equação:

$$\text{NPS} = 10 \log [10^{L_t/10} - 10^{L_f/10}] \quad [\text{dB}]$$

- $\Delta L \geq 10\text{dB}$: o ruído de fundo não interfere na medição e nenhuma alteração deve ser feita.

Para que todas as aferições realizadas na câmara acústica fossem corrigidas, foi medido o ruído de fundo da mesma (Fig. 04).

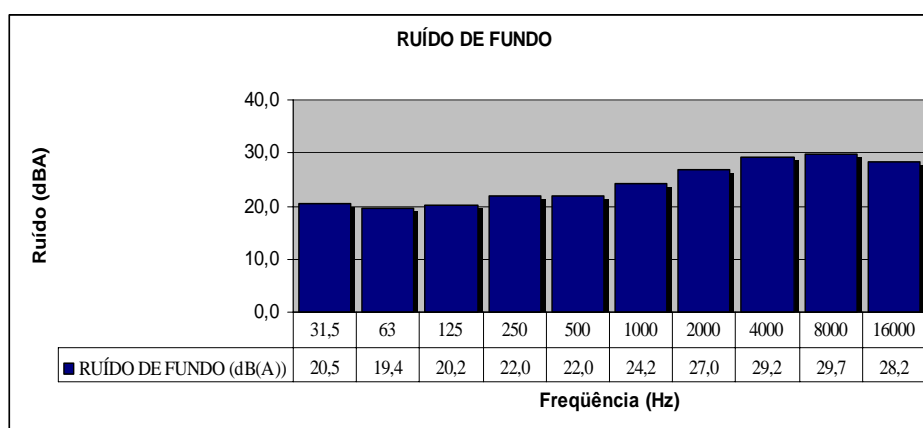


Fig. 04 – Ruído de Fundo da Câmara Acústica.

Todas as tabelas a seguir apresentam as médias aritméticas dos três pontos na câmara acústica, em cada frequência. Estipulou-se como referência as aferições realizadas na sala de medição, sem vidro na abertura entre os dois ambientes da câmara acústica (Tab. 01).

Tab. 01 – Valores de Referência.

Sem Vidro										
Emissão (dB(A))	Frequências (Hz)									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
60	21,4	24,8	30,5	38,6	42,6	48,5	45,8	40,7	40,2	31,0
75	36,6	39,8	45,4	55,1	58,7	64,7	62,0	56,9	56,4	44,2
90	49,0	54,1	59,8	68,6	73,0	78,6	76,1	72,3	70,7	57,3

Assim sendo, os valores de referência foram corrigidos segundo as considerações acima descritas (Tab. 02).

Tab. 02 – Valores de Referência Corrigidos.

Sem Vidro Corrigido – Corrigido										
dB(A)	Frequências (Hz)									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
60	0,0	23,3	30,5	38,6	42,6	48,5	45,8	40,7	40,2	0,0
75	36,6	39,8	45,4	55,1	58,7	64,7	62,0	56,9	56,4	44,2
90	49,0	54,1	59,8	68,6	73,0	78,6	76,1	72,3	70,7	57,3

Os vidros testados foram:

- Duplo: Laminado de 8mm + Câmara de Ar de 6mm + Monolítico de 4mm (Dp 8+6+4);
- Duplo: Laminado de 6mm + Câmara de Ar de 8mm + Monolítico de 4mm (Dp 6+8+4);
- Laminado: Monolítico de 3mm + Butiral de 0,38mm + Monolítico de 3mm (Lam 3+3);
- Laminado: Monolítico de 4mm + Butiral de 0,38mm + Monolítico de 4mm (Lam 4+4);
- Monolítico 4mm (Mono 4);
- Monolítico 6mm (Mono 6);
- Temperado 6mm (Temp 6).

Os valores das medições, para cada vidro, foram corrigidos retirando a influência do ruído de fundo. Após isso, diminuiu-se os valores corrigidos dos valores de referência, em cada frequência, obtendo a característica de absorção de cada tipo e combinação de vidros (Fig. 05, Fig. 06 e Fig. 07).

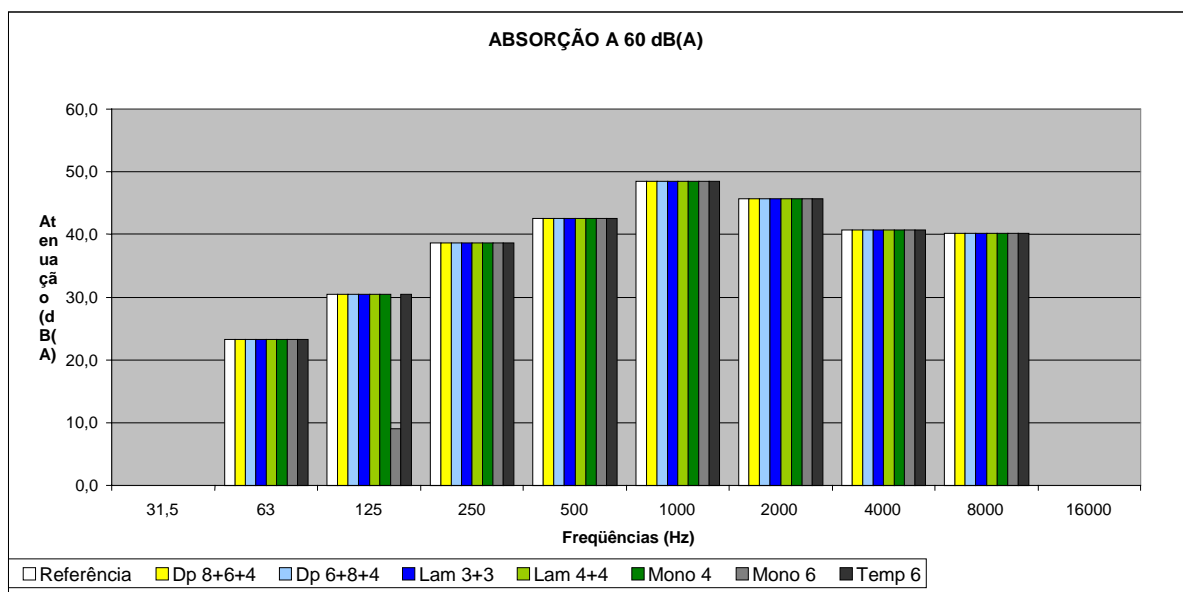


Fig. 05 – Comparação de Performance de Absorção com Emissão de 60dB(A).

Com emissão de 60 dB(A), os vidros ensaiados absorveram todo o ruído emitido. Os valores zeros significam que o equipamento captou somente o ruído de fundo. Apenas o vidro monolítico de 6mm, na frequência de 125Hz, permitiu a passagem de ruído. Esse fato pode ser explicado pela ressonância.

De acordo com Sancho & Sencherms, citado por Tavares (2000), “o fechamento se comporta como uma membrana, apresentando uma série de frequências naturais de ressonância, nas quais ocorrem quedas na perda de transmissão”. E, segundo Laranja (2000), a ressonância é “um aumento relativamente grande da amplitude quando a frequência de alguma fonte de som ou vibração ‘coincide’ ou sincroniza-se com a frequência natural de vibração de algum objeto, componente ou sistema.”

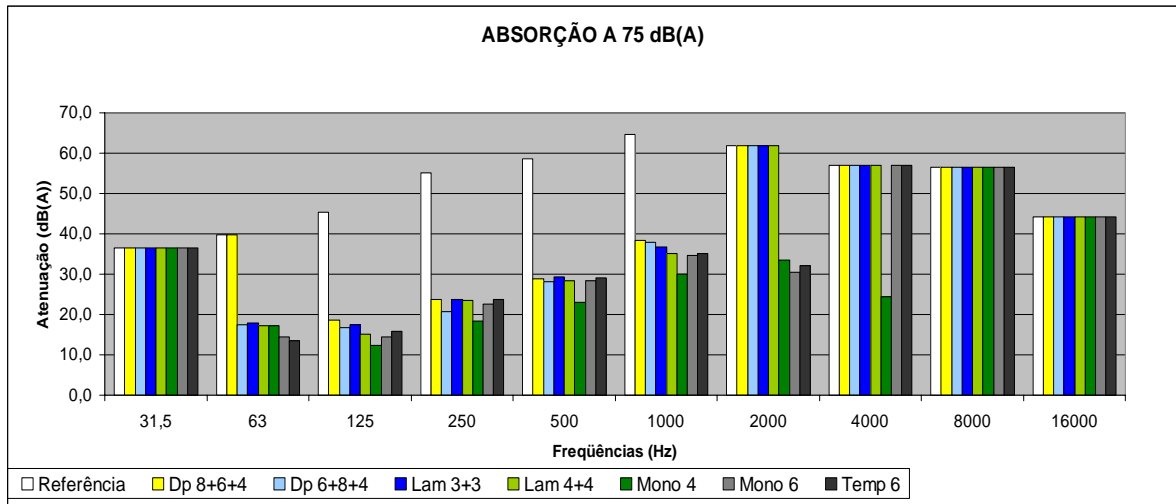


Fig. 06 – Comparação de Performance de Absorção com Emissão de 75 dB(A).

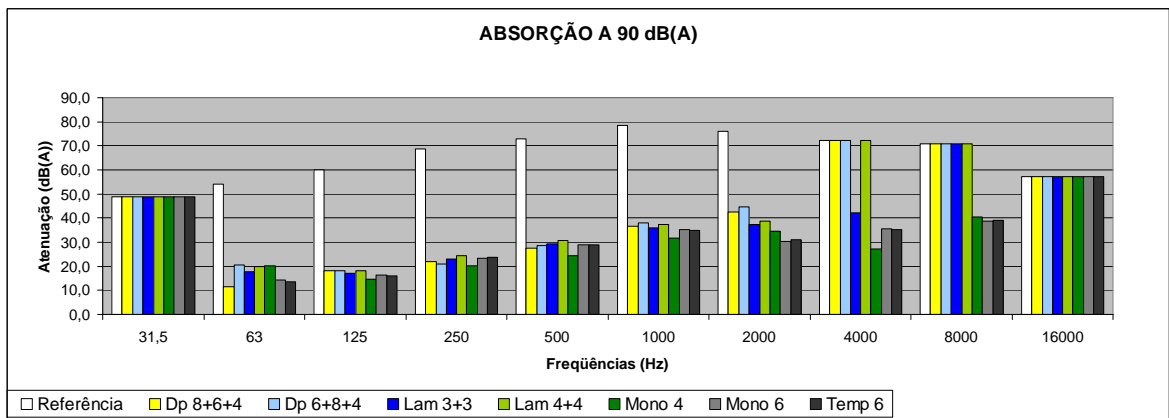


Fig. 07 – Comparação de Performance de Absorção com Emissão de 90 dB(A).

Nos gráficos anteriores (Fig. 06 e Fig. 07), os resultados foram consideravelmente semelhantes nas freqüências de 125Hz a 1.000Hz. Observando esses valores, para a freqüência de 250Hz e 500Hz, os vidros laminados, o monolítico de 6mm e o temperado têm melhor performance acústica que o vidro duplo (Dp 6+8+4) e praticamente se equiparam aos resultados do vidro duplo (Dp 8+6+4). Portanto, para essas condições de ruído, caso o projetista especifique um vidro laminado ou monolítico, ao invés do duplo, será constatado melhor isolamento com o custo bastante reduzido. Ou seja, a câmara de ar, para essas condições, não contribui para a absorção acústica.

Também pôde-se verificar que a têmpera ajuda no desempenho acústico do vidro. Com emissão de 75dB(A), nas freqüências de 125Hz a 2.000Hz, o vidro temperado tem melhor performance que o monolítico de mesma espessura. O mesmo ocorre nas freqüências de 250Hz, 500Hz e 2.000Hz, no NPS de 90dB(A).

O ponto de ressonância do vidro monolítico de 4mm pode ser observado para NPS de 75 dB(A) na freqüência de 4.000Hz. A diferença entre os resultados, para a emissão de 75dB(A) e 90dB(A), estão nas altas freqüências: 4.000Hz e 8.000Hz. Para o NPS de 75dB(A), nessas freqüências, os vidros ensaiados absorvem todo o ruído emitido, exceto o monolítico de 4mm, como citado no parágrafo anterior. Mas com o aumento do NPS emitido, em 4.000Hz, o laminado de 6mm, os monolíticos e o temperado perdem parte

da sua eficiência na absorção. Na frequência de 8.000Hz, os monolíticos e o temperado passam a absorver um pouco mais e o laminado de 6mm volta a absorver todo o ruído emitido.

3.1 Comparações com os Dados da Riverbank

A *Riverbank Acoustical Laboratories* testou, sob ASTM E90, vidros de diferentes tipos e combinações fazendo ensaios de *Sound Transmission Lost* (TL) – Perda de Transmissão Sonora – que é a diferença entre o ruído emitido e o ruído transmitido através do material. (Acesso em: <<http://saflex.com/br/guiap4.htm>>).

Como os dados da *Riverbank* foram medidos em bandas de 1/3 de oitava de frequência, não há valores de comparação nas bandas centrais de 31,5Hz, 125Hz, 8.000Hz e 16.000Hz. O laboratório não informou qual o NPS emitido em seus testes, contudo, os valores de absorção ficaram próximos aos observados com emissão de 90 dB(A) da câmara acústica.

As comparações foram realizadas para os seguintes vidros (Tab. 03):

Tab. 03 – Relação de Vidros para Comparação.

Dos Autores	<i>Riverbank</i>
Duplo: Laminado de 6mm + Câmara de Ar de 8mm + Monolítico de 4mm	Duplo: Laminado de 6,35mm + Câmara de Ar de 12,7mm + Monolítico de 4,76mm
Laminado: Monolítico de 3mm + Butiral de 0,38mm + Monolítico de 3mm	Laminado: Monolítico de 3,175mm + Butiral de 0,76mm + Monolítico de 3,175mm
Monolítico 6mm (Mono 6)	Monolítico 6,35mm

Na seqüência, estão explanados os valores de absorção dos vidros ensaiados neste trabalho em comparação com os testes realizados pela *Riverbank* para o vidro duplo (Tab. 04).

Tab. 04 – Comparação Vidro Duplo.

	Frequências						DB(A)
	125	250	500	1000	2000	4000	
Duplo Riverbank	23,0	27,0	36,0	43,0	46,0	55,0	
Emissão na Câmara a 60 dB(A)	30,5	38,6	42,6	48,5	45,8	40,7	
Emissão na Câmara a 75 dB(A)	16,8	20,7	28,1	37,9	62,0	56,9	
Emissão na Câmara a 90 dB(A)	18,0	20,8	28,6	38,1	44,6	72,3	

Pequenas diferenças de absorção são observadas nas faixas de frequência de 125Hz a 2.000Hz, com NPS de emissão de 90dB(A), sendo que, os valores da *Riverbank*, sempre são superiores. Porém, na banda central de 4.000Hz, a absorção passa a equiparar-se ao resultado auferido nesse trabalho, com NPS de emissão de 75dB(A).

A seguir, a comparação de eficiência de absorção para o vidro laminado (Tab. 05).

Tab. 05 – Comparação Vidro Laminado.

	Frequências						DB(A)
	125	250	500	1000	2000	4000	
Duplo Riverbank	26,0	29,0	32,0	35,0	35,0	43,0	
Emissão na Câmara a 60 dB(A)	30,5	38,6	42,6	48,5	45,8	40,7	
Emissão na Câmara a 75 dB(A)	17,5	23,8	29,4	36,7	62,0	56,9	
Emissão na Câmara a 90 dB(A)	17,0	23,1	29,3	36,1	37,3	42,2	

Para o vidro laminado de 6mm, nota-se uma grande semelhança dos resultados obtidos pela *Riverbank* com os apresentados neste trabalho, para NPS de emissão de 90dB(A). Os resultados da *Riverbank* novamente se mostram superiores, exceto para as frequências de 1.000Hz e 2.000Hz, mas, ainda assim, são similares.

Comparando os valores de absorção do vidro monolítico, tem-se (Tab. 06):

Tab. 06 – Valores Comparação Vidro Monolítico.

	Frequências						DB(A)
	125	250	500	1000	2000	4000	
Duplo Riverbank	25,0	28,0	31,0	34,0	30,0	37,0	
Emissão na Câmara a 60 dB(A)	9,0	38,6	42,6	48,5	45,8	40,7	
Emissão na Câmara a 75 dB(A)	14,4	22,5	28,3	34,6	30,5	56,9	
Emissão na Câmara a 90 dB(A)	16,6	23,3	29,1	35,3	30,3	35,6	

Pode-se perceber que os valores de absorção auferidos neste artigo, para vidro monolítico, também apresentam grande semelhança com os resultados da *Riverbank*. As variações comportam-se de forma análoga ao do vidro laminado.

Deve-se levar em consideração que as medidas dos vidros testados pela *Riverbank* têm espessuras um pouco diferentes, podendo ser a principal fonte das variações encontradas nas comparações de resultados. A *Riverbank* também não informou qual a área da amostra utilizada para os testes, sendo este outro fator correlato às diferenças encontradas. O mais importante a salientar é que, apesar da câmara acústica não estar dimensionada exatamente como a norma recomenda, os resultados aqui explanados aproximam-se de testes normatizados. Portanto, pode-se afirmar que os valores de absorção acústicas dos vidros testados neste trabalho podem ser utilizados como base para projetos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo tem o intuito de desvincular os termos ‘acústico’ e ‘térmico’, hoje comumente utilizados de forma conjunta para designar vidros duplos acoplados a esquadrias especiais. E, em adição, questionar o uso do vidro duplo como solução única para problemas com ruído.

Com a análise dos resultados foi possível provar tais pontos, pois os vidros comportam-se de maneiras distintas para diferentes frequências e NPS’s.

Como é de conhecimento, as maiores perdas acústicas ocorrem nas esquadrias, porém o vidro desempenha papel importante também no quesito acústica. Para isso, ele deve obedecer a um projeto bem elaborado para que o resultado final seja o melhor possível atendendo à necessidade requerida.

Com base nisso, é possível hoje baixar os custos tão elevados de uma janela acústica com uma simples troca de vidro duplo para um laminado e sem perder eficiência.

Esse trabalho ainda permite o desenvolvimento de novos ensaios correlatos à acústica, tais como:

- Estudo da influência da abertura dos vãos para determinados tipos de vidros e em diferentes frequências;
- Estudo do desempenho acústico de diferentes materiais.

Durante as medições, algumas dificuldades foram encontradas, dentre as quais as mais significativas foram: o atraso na entrega, por parte dos fornecedores, das amostras dos vidros a serem testados, dificuldades com transporte e manuseio dos vidros e assaltos na empresa onde foram realizados os ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLINDEX, Informe. Vidros Duplos e o Conforto Ambiental. Finestra, ano 5, no 17, ProEditores Associados Ltda.: São Paulo, abr./jun. 1999.

FERNANDES, João Candido. Acústica e Ruídos. Bauru, 2002. Apostila para Aula – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista.

GERGES, Samir N. Y. Ruído: Fundamentos e Controle. 1ED. Florianópolis: Centro Brasileiro de Segurança e Saúde, 1992, 588p.

LARANJA, Rafael Antônio Comparsi. Métodos e Modelos de Predição da Redução Sonora por Paredes e Atenuação por Barreiras. Porto Alegre, 2000. 101p. Dissertação Mestrado.

SOUZA, Renato Santos de. Entendendo a Questão Ambiental. 1. ed. São Paulo: Edunisc, 2000, 461p.

TAVARES, Denise da Silva. Estudo da Isolação em Paredes e Divisórias de Diversas Naturezas, 2000, Santa Maria, 126p. Dissertação de Mestrado – Pós-graduação em engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria.