

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS**

LEONEL DE OLIVEIRA GUARNIERI

**ANÁLISE DO ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO EM PAREDES DE GEMINAÇÃO
EXECUTADAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS CERÂMICOS**

Porto Alegre

2015

Leonel de Oliveira Guarnieri

ANÁLISE DO ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO EM PAREDES DE GEMINAÇÃO
EXECUTADAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS CERÂMICOS

Artigo apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Especialista em
Patologia, pelo Curso de Especialização
em Patologia nas Obras Civas da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -
UNISINOS

Orientador(a): Prof. Ms. Marcus Daniel Friederich dos Santos

Porto Alegre

2015

ANÁLISE DO ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO EM PAREDES DE GEMINAÇÃO EXECUTADAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS CERÂMICOS

Leonel de Oliveira Guarnieri¹

Marcus Daniel Friederich dos Santos²

Resumo: O presente trabalho avaliou o desempenho do isolamento ao ruído aéreo entre dormitórios de edificações vizinhas com parede de geminação, executadas no sistema de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos. Nesta situação o isolamento deve ser maior ou igual a 45 dB, para atender ao desempenho mínimo da ABNT NBR 15575:2013. Para isso foram ensaiadas em campo, cinco amostras de paredes executadas com bloco cerâmico de 19 cm de largura, onde variou a resistência do bloco (Fbk) e o revestimento aplicado. A metodologia baseou-se na emissão de ruído branco em frequências de 100 Hz a 3150 Hz em um dos ambientes, através de uma fonte sonora e medição dos níveis de pressão no ambiente adjacente. Os resultados mostraram que as paredes dos ambientes ensaiados, precisam de maior densidade para isolar as baixas frequências, a fim de diminuir a vibração do painel. A geometria do ambiente tem influência direta na capacidade de isolamento da parede de geminação, pois para os ambientes ensaiados a largura era de 2,50 m, tornando-o extremamente reverberante. Essa dimensão dificulta a absorção das baixas frequências, em função do comprimento de onda. Na amostra onde os vazios dos blocos foram preenchidos com areia, obtivemos um aumento de 9 dB no isolamento, em relação à amostra padrão. Também se verificou que o aumento do Fbk do bloco não influenciou na melhora do isolamento, pois para a amostra em que o Fbk foi duplicado, a diferença no isolamento foi de 1 dB.

Palavras-chave: Desempenho. Ruído aéreo. Alvenaria estrutural. Blocos cerâmicos. Parede de geminação. Isolamento ao ruído.

1 INTRODUÇÃO

A partir de 2013, quando entrou em vigor a ABNT NBR 15575, criou-se um marco na construção civil, visto que esta norma estabelece critérios de desempenho às edificações habitacionais. O desempenho acústico das edificações é um item que está em evidência, pois há pouca informação de como atender o mínimo de desempenho, através dos sistemas usualmente utilizados no mercado. Dentre estes

¹ Autor, Engenheiro civil (UNISINOS, 2011). leonelguarnieri@hotmail.com

² Orientador, Engenheiro Civil, Prof. Ms. Marcus Daniel Friederich dos Santos (UFSM, 1998). marcus@mmcprojetos.com.br

sistemas, podemos destacar a alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, empregado em larga escala nas edificações habitacionais.

Um dos problemas mais comuns em acústica arquitetônica é a transmissão do ruído aéreo entre locais adjacentes. De maneira geral sempre se pode supor que um deles é a fonte sonora, devido aos níveis de ruído gerados em seu interior, e o outro é o receptor. Entretanto, esta situação pode trocar de papel com o tempo (SANCHO e SENCHERMES, 1982).

Conforme a ABNT NBR 15575:2013 o isolamento acústico para ruído aéreo entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), onde pelo menos um dos ambientes for dormitório deve ser igual ou superior a 45 dB, quando ensaiado em campo. Em virtude disso, foi desenvolvido o estudo em paredes de divisórias entre dormitórios, de uma edificação residencial situada na cidade de Canoas – RS, a fim de analisar se o sistema aplicado atende aos critérios mínimos de isolamento ao ruído aéreo.

O objetivo deste estudo é analisar o desempenho do isolamento acústico ao ruído aéreo em paredes de geminação entre dormitórios de apartamentos vizinhos, executadas no sistema de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos. Para isso foram analisadas paredes com diferentes tipologias, onde variaram revestimentos e resistência do bloco cerâmico. Assim, foi possível identificar quais os materiais que associados à parede obtiveram resultados satisfatórios.

Os resultados indicaram que o aumento do Fbk dos blocos não influenciou no resultado da $D_{nT,w}$, entretanto, o aumento do isolamento ao ruído aéreo nas paredes ensaiadas, está diretamente relacionado com a densidade das amostras.

O presente trabalho apresenta primeiramente a revisão bibliográfica sobre alvenaria estrutural com blocos cerâmicos relacionados às propriedades acústica e acústica arquitetônica. Na sequência a descrição do método e resultados. Por fim, ocorrem as considerações finais sobre os resultados obtidos nos ensaios e suas respectivas análises.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo descreve o levantamento de informações bibliográficas, como artigos, livros e normas que deram suporte ao desenvolvimento do estudo. A fundamentação teoria foi direcionada na busca de informações relativas à alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e à acústica arquitetônica, onde se deu enfoque maior ao isolamento do ruído aéreo.

2.1 Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos

Atualmente a alvenaria estrutural é uma solução economicamente eficiente para a construção contemporânea de edifícios. Isso se dá através da melhoria significativa nos materiais, avanços na produção dos blocos, nos métodos de cálculo e nas técnicas construtivas. Blocos de alta resistência são hoje disponíveis em uma variada gama, onde também ocorreu a evolução de características como potencial de variação dimensional higroscópica, isolamento térmico e acústico. As argamassas e grautes industrializados e os aditivos contribuem para o aumento do controle e produtividade da obra (PARSEKIAN, 2013).

Hoje o sistema é utilizado em todas as regiões do Brasil, onde é comum observar o uso da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de larga escala, principalmente onde as exigências de racionalização, planejamento, controle, rapidez e custo são mais bem contemplados pelo sistema (PARSEKIAN, 2013).

Os principais componentes da alvenaria estrutural são o bloco, junta de argamassa, graute e armadura. Conforme a ABNT NBR 15270:2005 os blocos cerâmicos são classificados como: a) paredes vazadas; b e c) paredes maciças e d) perfurados, assim indicados na figura 1.

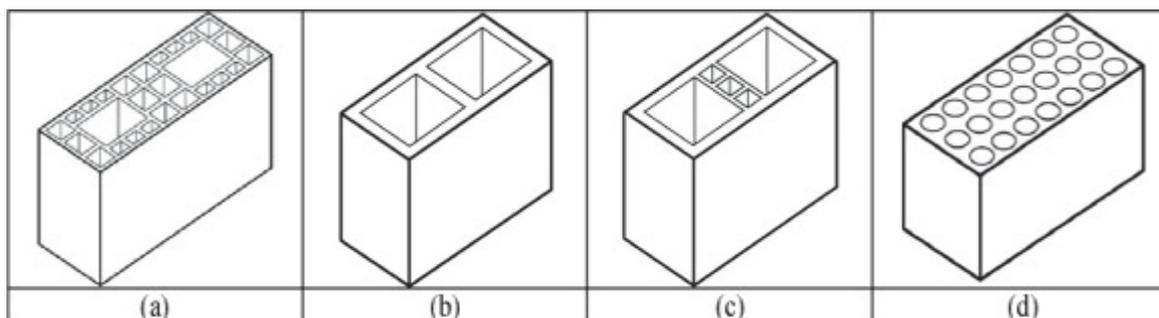


Figura 1 – Classificação dos blocos cerâmicos.

Fonte: ABNT NBR 15270:2005.

Blocos estruturais de paredes vazadas são encontrados em diversas regiões do Brasil e chegam a resistências de até 12 MPa à compressão (Fbk). Entretanto, blocos de paredes maciças são produzidos na região sul e podem chegar a 18 MPa de resistência à compressão. Normalmente as dimensões dos blocos são 14 ou 19 cm de largura, 19 cm de altura e 29 cm de comprimento (PARSEKIAN, 2013).

A argamassa é utilizada para permitir o apoio uniforme e também a aderência de um bloco ao outro. No estado fresco as propriedades importantes da argamassa incluem trabalhabilidade, retenção de ar, quantidade de ar incorporado e tempo de endurecimento. Já no estado endurecido as características mais importantes são aderência, resistência à compressão, variação volumétrica e durabilidade (PARSEKIAN, 2013).

O graute é a mistura de cimento, agregado e água com alto *slump*, que é usado para preencher os espaços vazios dos blocos, com a finalidade de solidarizar as armaduras à alvenaria e assim aumentar sua capacidade de resistência (ABNT NBR 15812-2: 2010).

Segundo PARSEKIAN (2013) a alvenaria pode ser classificada como:

Alvenaria armada: é utilizada em edifícios mais altos, onde é necessário aumentar a resistência às tensões de cisalhamento e melhorar a ductilidade. Para isso são inseridas armaduras verticais nos vazados dos blocos e posteriormente preenchidos com graute.

Alvenaria não armada: é utilizada normalmente em edifícios de baixa e média altura e não contém nenhum tipo de armadura, exceto nas cintas de respaldo, vergas e contravergas.

2.2 Acústica arquitetônica

Os sons são vibrações das moléculas do ar que se propagam a partir de uma estrutura vibrante e pode ser definido como uma variação da pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo. O ruído é o som sem harmonia e é classificado como ruído branco e ruído rosa. O ruído branco apresenta um nível constante para

todas as frequências, já o ruído rosa apresenta um nível que cai 3 dB por oitava. O ruído de TV fora de sintonia tem características de ruído rosa. Para a realização de ensaios acústicos normalmente requerem a utilização de um desses dois tipos de ruído (BISTAFA, 2006).

Frequência indica o número de períodos existentes em um segundo e a unidade de frequência é ciclos por segundo ou hertz (Hz). As frequências entre 20 Hz e 20.000 Hz são aquelas que o sistema auditivo consegue detectar, logo, essa faixa de frequência recebe o nome de faixa de áudio (BISTAFA, 2006).

Define-se período (T) como o intervalo de tempo decorrido para que um ciclo se complete na curva de variação de pressão ambiente com o tempo. Em acústica, é usual trabalhar-se com o inverso do período, que recebe o nome de frequência (f), definida como:



Segundo SANCHO e SENCHERMES (1982), o som é caracterizado inicialmente por duas magnitudes: a variação da pressão ambiente, que determina maior ou menor intensidade do som, e a rapidez com que se repetem as flutuações, este que determina a frequência do som. Na figura 2 observa-se a variação da pressão ambiente em função do tempo, onde os sons possuem a mesma amplitude de pressão sonora. No som com período $T_1 = 50 \text{ ms}$ a frequência é de 20 Hz e para o som com período $T_2 = 50 \mu\text{s}$ a frequência é de 20.000 Hz (20 kHz) (BISTAFA, 2006). Nosso sistema auditivo percebe o som com frequência de 20 Hz como som grave e o de 20 kHz com agudo.

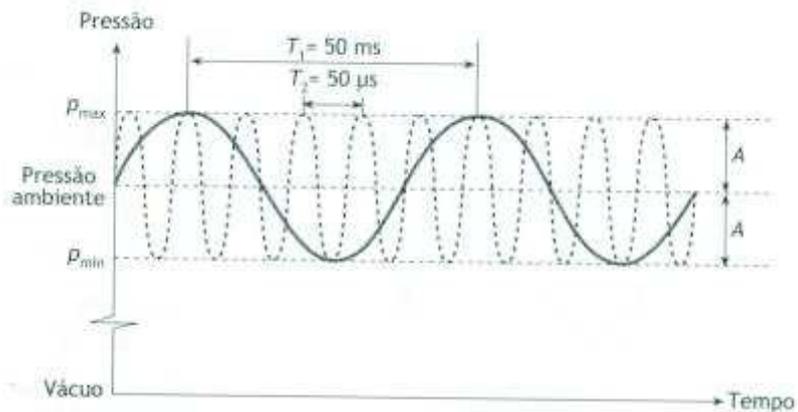


Figura 2 – Variação da pressão sonora em função do tempo.

Fonte: Bistafa, 2006.

Conforme GERGES (1992), a propagação de ondas acústicas no ar ocorre por meio de ondas longitudinais, ou seja, a vibração das partículas se verifica na mesma direção de propagação da onda. Nos sólidos, podem existir vários outros tipos de ondas, de acordo com os diferentes materiais: ondas longitudinais, de cisalhamento, torcionais e de flexão.

Segundo MÉNDEZ (1991), o processo de transmissão do ruído aéreo dá-se da seguinte forma: uma onda sonora, ao incidir sobre uma parede, imprime a esta um movimento vibratório e este movimento, ao comprimir e expandir as moléculas de ar imediatamente próximas a camada oposta da divisória, gera um som no recinto. Visto de uma forma mais detalhada, quando uma onda sonora incide sobre uma parede, se decompõe em duas, sendo uma refletida e uma absorvida. Esta última, por sua vez, se decompõe em energia dissipada no interior da parede, onde a perturbação alcança a outra superfície da parede e mediante um processo análogo no interior é novamente radiada ao outro ambiente em forma de som aéreo (SANCHO e SENCHERMES, 1982). Na figura 3 é representada a incidência da onda sonora na parede e posteriormente sua reflexão e absorção pela parede. É importante salientar que nesta ilustração as paredes são lisas, logo a facilidade de reflexão da onda é facilitada.

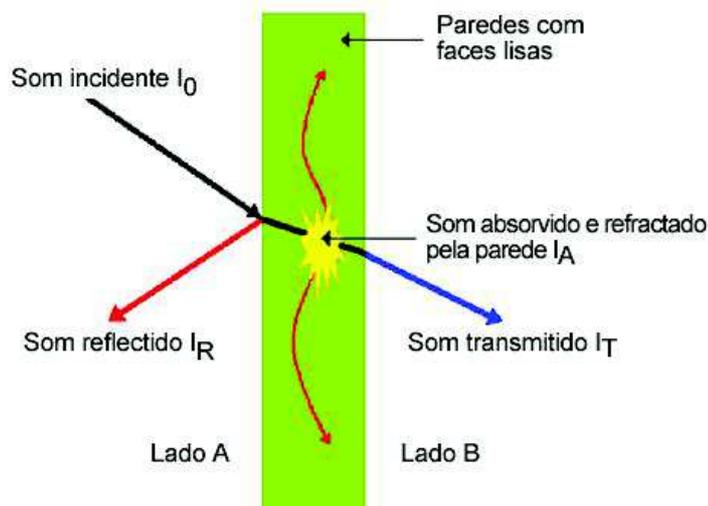


Figura 3 – Incidência de uma onda sonora sobre uma parede lisa.

Fonte: Adaptado de SANCHO e SENCHERMES, 1982.

Entende-se por painel simples não somente um painel homogêneo (muro, laje ou parede de tijolos maciços), mas também certos painéis heterogêneos, desde que estas heterogeneidades tenham dimensões pequenas em relação ao comprimento das ondas vibratórias. Assim, podemos considerar uma parede de blocos cerâmicos como painel simples (SANTOS, 2012). Através de ensaios, SANTOS (2012) determinou em câmara reverberante o isolamento ao ruído aéreo para uma parede executada com bloco cerâmico. A amostra era constituída de blocos com 14 cm de largura, F_{bk} de 15 MPa e reboco dos dois lados da parede, onde a densidade era de $239,8 \text{ Kg/m}^2$. Nesta amostra o isolamento ao ruído aéreo foi de 50 dB.

Quando um painel divide dois recintos, ele fica livre para vibrar quando ocorre incidência das ondas sonoras. Poderá ocorrer então, dissipação de energia sonora devido à flexão do painel, pois dependendo da frequência do som incide, o painel ressoa e passa a absorver som nessa frequência. Esse é outro mecanismo de absorção sonora que normalmente se manifesta nas baixas frequências em painéis de paredes divisórias (BISTAFA, 2006).

O parâmetro que determina a capacidade de uma parede transmitir ou isolar o som é o coeficiente de transmissão sonora (τ). Quanto menor for o valor de τ , menor será a intensidade sonora transmitida e então mais isolante é a parede. O parâmetro utilizado para determinar a isolação sonora de uma parede é a “perda de transmissão” (PT) e a expressão é dada por (BISTAFA, 2006):

$$PT = 10 \log 1/\tau$$

A perda de transmissão (PT) de painéis depende da frequência do som incidente. Na figura 4 observa-se a curva típica da perda de transmissão em função da frequência de painéis sólidos e homogêneos. Essa curva é subdividida em quatro regiões:

Região controlada pela rigidez: ocorre em frequências muito baixas e nela o isolamento depende principalmente da rigidez da parede.

Região da ressonância: onde o sistema apresenta suas primeiras frequências de ressonância, produzindo-se quedas e picos de isolamento. Estas ressonâncias dependem das dimensões, da rigidez e da massa da parede.

Região controlada por massa: onde o isolamento passa a ser controlado pela densidade de área da parede.

Região controlada pela coincidência: a partir de uma frequência denominada crítica, tem-se uma queda acentuada no isolamento devido a um fenômeno denominado coincidência.

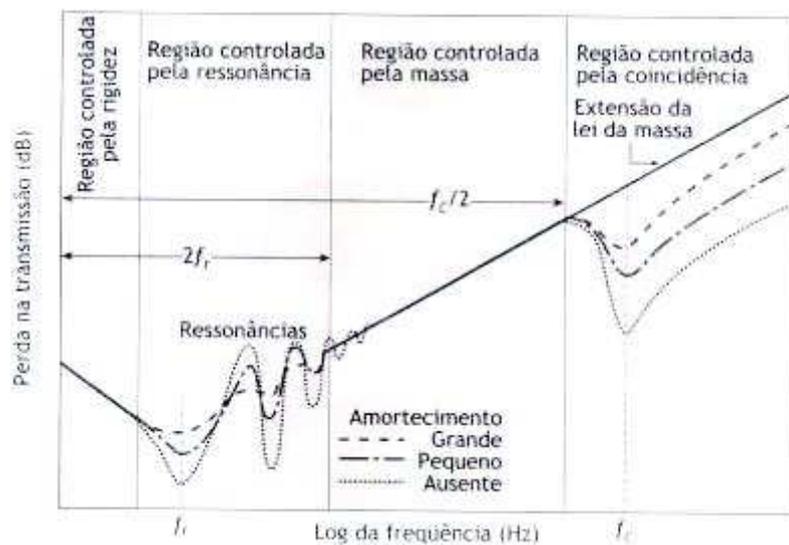


Figura 4 – Curva típica de perda na transmissão em função da frequência do som incidente de painéis sólidos e homogêneos.

Fonte: Bistafa, 2006.

2.2.1 Absorção das ondas sonoras

Os principais materiais utilizados para absorver som são fibrosos ou porosos, onde nesses materiais, a absorção se dá essencialmente pela dissipação da energia sonora por atrito, devido ao movimento das moléculas do ar no interior do material, quando ocorre a passagem da onda sonora. Um bom absorvente de som é o material que “respira”, ou seja, o material que permite às moléculas do ar penetrar e se movimentar em seu interior. Tecidos com trama muito estreita que não permitem ao ar atravessá-los, são ineficazes, assim como aqueles que apresentam trama muito esparsa, que permitem enxergar através deles (gazes, por exemplo). Assim percebe-se que a propriedade fundamental dos materiais absorventes é a resistência ao fluxo de ar. A característica comum dos materiais destinados a absorver o som, como porosos e fibrosos, é a reduzida absorção nas baixas frequências. Ocorre que, em certas situações, necessitamos aumentar a absorção nessas frequências, ou de mais absorção numa faixa específica de frequências (BISTAFA, 2006).

Os principais mecanismos de absorção sonora não existem nos materiais sólidos, pois estes não permitem que as moléculas do ar interajam com a sua estrutura. A absorção sonora é reduzida nesses materiais e passa então a depender das características superficiais de cada material. Uma análise dos dados experimentais revela que o coeficiente de absorção sonora de materiais sólidos depende basicamente da frequência do som incidente e da rugosidade da superfície. Logo, para uma dada frequência, o coeficiente de absorção sonora diminui quanto menos rugosa é a superfície (BISTAFA, 2006).

É importante salientar a importância da aplicação de revestimento em paredes executadas com blocos cerâmicos, a fim de colaborar para o isolamento acústico. Mesmo que esta, não seja a solução ideal para as baixas frequências, mas é eficaz às altas frequências. Entretanto, a ABNT NBR 13749:2013 estabelece critérios de espessuras para revestimento de paredes internas com argamassa inorgânica, onde a espessura deve variar de 5 a 20 mm, conforme descrito na figura 5.

Revestimento	Espessura (e) mm
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Figura 5 – Espessura do revestimento interno para argamassa inorgânica.

Fonte: ABNT NBR 13749:2013.

A eficácia dos materiais porosos e fibroso é maior quando estes se localizam em regiões onde a velocidade das partículas é maior. É importante observar que junto às paredes, a pressão sonora é máxima, entretanto a velocidade das partículas é zero, visto que, as moléculas de ar não se movimentam junto a uma parede rígida. Os materiais porosos e fibrosos apresentam baixos coeficientes de absorção sonora nas baixas frequências, uma alternativa seria o aumento da espessura da parede (BISTAFA, 2006).

2.2.2 Determinação do isolamento acústico de uma parede

A ABNT NBR 15575:2013 determina os parâmetros acústicos para verificação em campo, onde cita a ISO 140-4 e ISO 717-1 como referência na realização de ensaios, sendo que a primeira foi substituída pela ISO 16283-1:2014. Esta determina como deve ser realizada em campo a caracterização do isolamento acústico entre unidades e áreas comuns. Na figura 6 verificam-se os parâmetros para a determinação da diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nT,w}$).

$D_{nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada	ISO 140-4 ISO 717-1	Vedações verticais e horizontais internas, em edificações (paredes etc.)
------------	--	------------------------	--

Figura 6 – Parâmetros para determinação da $D_{nT,w}$.

Fonte: ABNT NBR 15575-4:2013.

O sistema de vedação vertical interna (SVVI) deve apresentar desempenho mínimo de diferença padronizada de nível ($D_{nT,w}$) igual ou superior a 45 dB para paredes entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), onde pelo menos um dos ambientes seja dormitório.

Conforme a ABNT NBR 15575:2013 o nível de desempenho do isolamento acústico deve ser compatível com a proteção contra a intrusão de ruídos de

atividades nos ambientes adjacentes, como a fala e a música. A figura 7 apresenta a recomendação do desempenho da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes ($D_{nT,w}$) no caso onde o ambiente adjacente é dormitório.

Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso em que pelo menos um dos ambientes é dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S

Figura 7 – Nível de desempenho da $D_{nT,w}$, para ambientes adjacentes com dormitório.

Fonte: ABNT NBR 15575-4:2013.

3 DESCRIÇÃO DO MÉTODO

Neste capítulo ocorre a descrição do método utilizado para a realização dos ensaios. Inicialmente, uma breve descrição do local onde será analisado o isolamento ao ruído aéreo, posteriormente ocorre a classificação das amostras e a metodologia aplicada.

3.1 Características do local

O estudo foi realizado em um condomínio habitacional na cidade de Canoas – RS. O empreendimento conta com 432 apartamentos de dois dormitórios, divididos em nove prédios de oito andares, totalmente executado no sistema alvenaria estrutural com blocos cerâmicos. Os apartamentos situados nas extremidades dos prédios possuem os dormitórios de casal separados por uma parede simples e

dimensões de 2,50 m de largura por 4,06 m de comprimento e pé direito de 2,60 m, totalizando um volume de 26,39 m³, conforme se observa na figura 8.

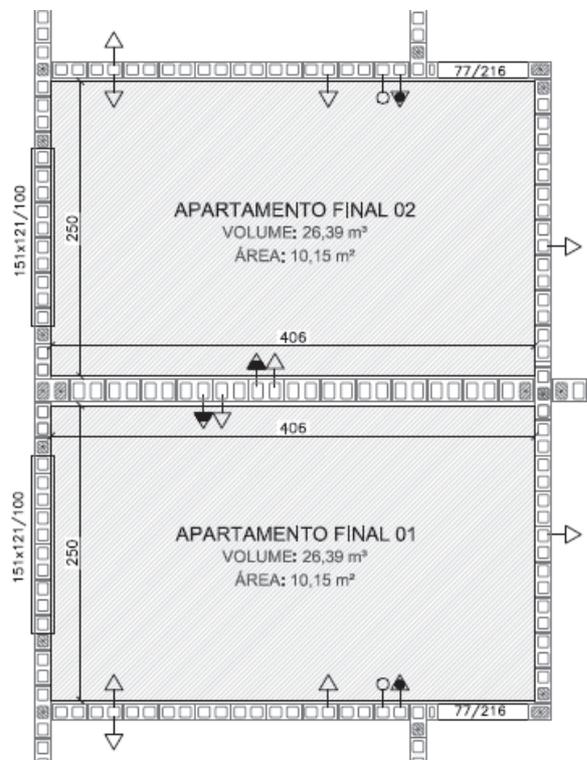


Figura 8 – Planta da primeira fiada dos dormitórios, onde foram realizadas as medições.

Fonte: Arquivo da construtora.

As paredes de divisa são executadas com blocos de 19 cm de largura e a resistência dos blocos varia de acordo com os pavimentos, sendo do térreo ao 4º pavimento blocos de 15 MPa e do 5º ao 8º pavimento blocos de 7 MPa.

3.2 Classificação das amostras

Foram ensaias cinco paredes de geminação entre dormitórios, sendo, classificadas como amostras. Todas as paredes são constituídas de blocos cerâmicos com as dimensões de 19 (L) x 19 (A) x 29 (C) cm, entretanto, as amostras apresentam resistência do bloco e revestimento da parede distinta, conforme descrito no quadro 1.

Quadro 1 – Descrição das amostras ensaiadas.

Amostras	Fbk MPa	Revestimento	Pavimento	Vazados dos blocos	Densidade Kg/ m ²	Espessura da parede cm
1	7	Gesso com espessura de 15 mm	5º	Vazios	152,57	22
2	7	Gesso com espessura de 20 mm	8º	Vazios	161,57	23
3	15	Gesso com espessura de 15 mm	3º	Vazios	177,65	22
4	7	Argamassado com 25 mm	8º	Vazios	220,57	24
5	15	Gesso com espessura de 15 mm	4º	Com areia	298,78	22

Fonte: Elaborado pelo autor.

A amostra 1 é constituída de bloco com Fbk de 7 MPa e o revestimento aplicado é o reboco de gesso, com espessura de 15 mm, aplicado dos dois lados da parede. Na amostra 2 alterou a espessura do revestimento, onde passou para 20 mm. A amostra 3 é semelhante à amostra 1, entretanto o Fbk do bloco alterou para 15 MPa. Na amostra 4 o bloco tem Fbk de 7 MPa e o revestimento aplicado é o reboco argamassado com 25 mm de espessura. Já a amostra 5 é constituída de bloco com Fbk de 15 MPa e revestimento de gesso com 15 mm de espessura. Nesta amostra as células dos blocos forma preenchidas com areia “seca”.

3.3 Metodologia aplicada aos ensaios

Conforme recomendações da ABNT NBR 15575:2013, as medições foram realizadas entre dormitórios adjacentes de habitações vizinhas, a fim de, avaliar a diferença padronizada de nível ponderada (DnT,w), onde deve ser maior ou igual a 45 dB para atender ao desempenho mínimo.

A metodologia de medição especificada na norma ISO 16283:2014 está baseada na emissão de ruído branco em um dos ambientes através de uma fonte sonora omnidirecional, e medição dos níveis de pressão sonora em bandas de terço de oitava (de 100 Hz a 3150 Hz) no recinto onde a fonte está localizada e no recinto subjacente (receptor). A diferença entre os níveis, com uma correção segundo as condições acústicas do recinto receptor (obtidas através do tempo de reverberação),

resultam na diferença de níveis padronizada (DnT), que é convertida em um número único através da ISO 717-1, obtendo a diferença padronizada de nível ponderada (DnT,w), que é o valor comparável com os níveis de desempenho da NBR 15575-4: 2013.

A ISO 16283:2014 determina que a diferença em decibéis dos níveis de pressão sonora produzidos em dois dormitórios é caracterizada por:

D = L1 – L2, onde:

L1 é o nível médio de pressão sonora no dormitório onde está a fonte;

L2 é o nível médio da pressão sonora no dormitório de recepção.

Para a realização das medições a fonte sonora (recinto emissor) foi posicionada em dois pontos de um dormitório. No outro dormitório (recinto receptor), o microfone foi posicionado cinco vezes para cada alteração da fonte sonora, assim totalizaram dez medições para cada amostra (ISO 16283:2014).

Os ensaios das amostras 1 e 3 foram realizados no mês de julho de 2014, onde temperatura ambiente era de 16,9°C e a umidade relativa do ar 64%. Já as amostras 2, 4 e 5 foram ensaiadas no mês de dezembro de 2014, onde a temperatura ambiente era de 24,3°C e a umidade relativa do ar 62%.

4 RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados dos ensaios de isolamento ao ruído aéreo em cinco amostras de paredes, onde foram obtidos resultados distintos para a diferença padronizada de nível ponderada (DnT,w) nas amostras ensaiadas. O resultado para o DnT,w de cada amostra encontra-se no quadro 2, onde também observa-se a característica de cada amostra.

Quadro 2 – Resultados obtidos nas amostras.

Amostras	Fbk MPa	Revestimento	Pavimento	Vazados dos blocos	Densidade Kg/ m ²	DnT,w [Hz]
1	7	Gesso com espessura de 15 mm	5°	Vazios	152,57	38
2	7	Gesso com espessura de 20 mm	8°	Vazios	161,57	40
3	15	Gesso com espessura de 15 mm	3°	Vazios	177,65	39
4	7	Argamassado com 25 mm	8°	Vazios	220,57	43
5	15	Gesso com espessura de 15 mm	4°	Com areia	298,78	47

Fonte: MMC Lab. 2014.

Quatro amostras apresentam DnT,w inferior a 45 dB, sendo que somente a mostra 5 obteve resultado satisfatório. A amostra 1 foi a que apresentou o resultado mais baixo, onde a diferença padronizada de nível ponderada (DnT,w) foi de 38 dB. Entretanto, na amostra 5 a DnT,w foi de 47 dB, atendendo ao nível mínimo de desempenho da ABNT NBR 15575:2013.

4.1 Análise dos resultados

Para criar um parâmetro aos resultados, vamos nomear a amostra 1 como “amostra padrão”, visto que, essa é a combinação utilizada pela construtora. Logo, verifica-se que a amostra 2 obteve diferença de 2 dB em relação à amostra padrão, onde neste caso é proveniente do aumento de 5,89% da densidade. Visto que, nesta amostra a espessura do revestimento passou de 15 mm para 20 mm.

Na amostra 3 o resultado superou a amostra padrão em 1 dB. Todavia, nesta amostra o aumento da densidade foi de 16,43%. É importante salientar que o Fbk do bloco passou de 7 MPa para 15 MPa e isso pouco influenciou no isolamento do painel.

A amostra 4 obteve diferença de 5 dB em relação à amostra padrão. Esse acréscimo é proveniente do aumento de 44,56% da densidade, ocasionado pelo revestimento argamassado com espessura de 25 mm. Entretanto, essa espessura

de revestimento ultrapassa o limite de espessura determinada pela ABNT NBR 13749:2013.

Na amostra 5 obteve-se 47 dB de isolamento, resultado que atende ao nível mínimo de desempenho. A diferença de 9 dB em relação à amostra padrão mostrou o predomínio da região controlada pela massa. Visto que, a densidade desta amostra foi aumentada em 95,83% em relação à amostra padrão. Para compreender a diferença de níveis padronizada (Dn,T) entre as amostras, ocorre na figura 9 a relação entre elas.

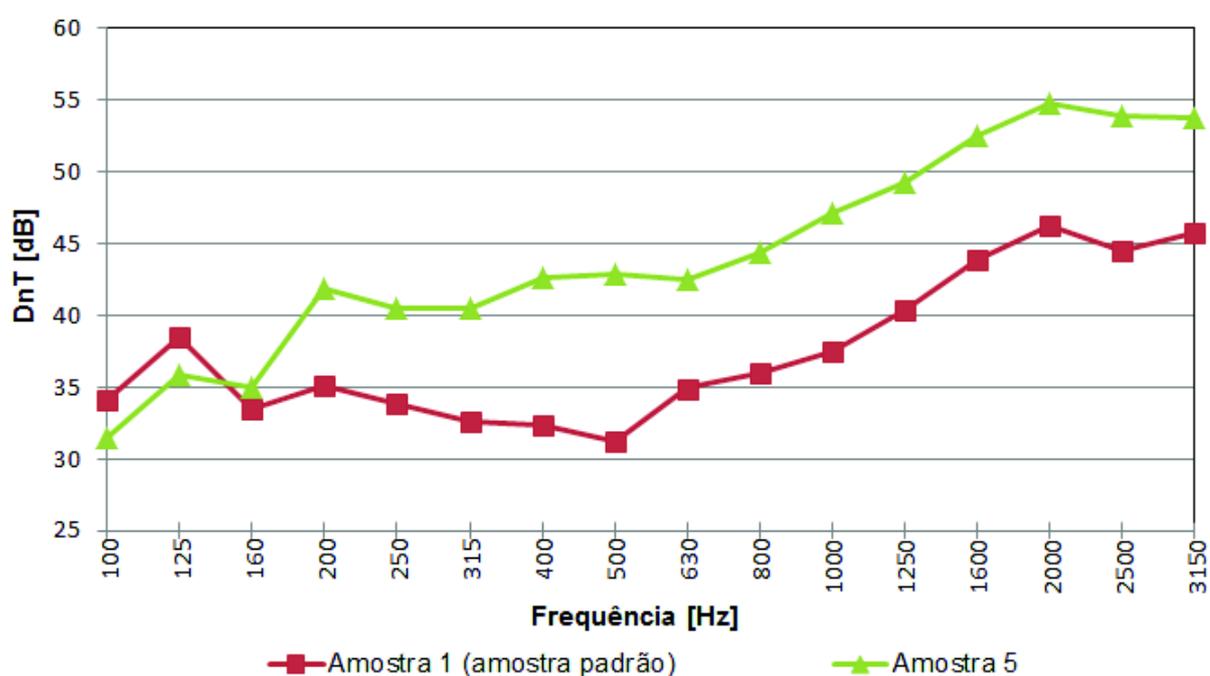


Figura 9 – Relação da DnT entre as amostras 1 e 5.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As amostras 3 e 5 apresentam a mesma tipologia, onde Fbk e revestimento aplicados são idênticos, entretanto a amostra 5 possui aumento da densidade, conforme quadro 3.

Quadro 3 – Relação amostras 3 e 5.

Amostras	Fbk MPa	Revestimento	Pavimento	Vazados dos blocos	Densidade Kg/ m ²	DnT,w [Hz]
3	15	Gesso com espessura de 15 mm	3º	Vazios	177,65	39
5	15	Gesso com espessura de 15 mm	4º	Com areia	298,78	47

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta melhora no isolamento do painel é devido ao aumento de sua rigidez, proporcionado pelo preenchimento dos vazados dos blocos. Consecutivamente diminui sua vibração e assim as ondas não conseguem atingir o ambiente adjacente. Neste caso, a densidade da amostra 5 em relação à amostra 3 aumento em 68% e assim obteve-se um ganho de 8 dB na DnT,w.

5 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que a geometria do ambiente influencia diretamente no desempenho de isolamento da parede de geminação ao ruído aéreo. Visto que, nas amostras ensaiadas, os ambientes possuem 2,50 metros de largura, sendo esta largura insuficiente para isolar ondas de baixa frequência, onde o comprimento da onda é muito longo. Logo, para as amostras satisfazerem o isolamento ao ruído aéreo será necessária uma alta densidade (kg/m²) da parede, a fim de diminuir a vibração do painel e consecutivamente o tempo de reverberação. Em painéis simples o índice de redução sonora depende basicamente de sua massa por superfície.

Ensaio de blocos cerâmicos com 14 cm de largura em câmara reverberante, revestidas dos dois lados com reboco, obtiveram isolamento na faixa de 50 dB. Entretanto, o volume da câmara reverberante é maior que o dobro do volume dos ambientes ensaiados e isso explica o porquê que nenhuma das amostras atingiu 50 dB de isolamento.

O presente trabalho contribui para o entendimento do funcionamento das ondas de baixa frequência em pequenos ambientes, onde nesse caso deve ser analisado de uma forma diferente. Também se verificou que não há uma “fórmula

mágica” para resolver o isolamento ao ruído aéreo, pois depende basicamente da compatibilização entre projeto, material e técnica construtiva.

Sugere-se para novos trabalhos, o estudo de materiais associados a blocos cerâmicos que poderão agregar ao isolamento. Avaliar como aumentar a rigidez do painel, a ponto de diminuir a vibração com a incidência das baixas frequências. Também será necessário estudar materiais com alta densidade, que associados à alvenaria estrutural possam gerar bons resultados, sem influenciar no custo e tempo de obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 – 1**: edificações habitacionais – Desempenho. - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575 – 4**: edificações habitacionais – Desempenho. - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15812 – 2**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 13749** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15270** Bloco cerâmico para alvenaria estrutural – Parte 2: Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2013.

Bistafa, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Blucher, 2006.

Gerges, Samir N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: UFSC, 1992.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16283 - 1**– Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 1: Airborne sound insulation, 2014.

_____. **ISO 717 - 1** – Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation, 2013.

Meisser, Mathias. **Acustica de los Edificios**. Editores Técnicos Asociados – Barcelona, 1973.

Méndez, A. M., Stornini, A. J., Salazar, E. B. et al. **Acustica arquitectonica**. Buenos Aires: UMSA, 1991.

Parsekian, Guilherme Aris. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. Guilherme Aris Parsekian, Ahmad Ahmad Hamid, Roberto George Drysdale. – 2ª edição – São Carlos: EdUFSCar, 2013.

Sánchez, Emil. **Nova normalização brasileira para a alvenaria estrutural**. Emil Sánchez. – 1ª edição – Rio de Janeiro, 2013.

Sancho, Mestre V. e Senchermes, Garcia A. **Curso de Acustica en Arquitectura**. Madri, 1982.

Santos, Jorge Luiz Pizzutti dos. **Isolamento sonoro de partições arquitetônicas**. Jorge Luiz Pizzutti dos Santos. – Santa Maria, 2012.