

Aplicação da Norma de desempenho acústica em bloco de concreto - estudo de caso realizado no empreendimento situado no bairro Jardim Belvedere 1 em Divinópolis

Laila Maria de Paula¹, Maína Eduarda², Wendell Antônio Brandão³,
(laila.mtz@gmail.com; edumaia2211@gmail.com; wendellbrandaocvo@yahoo.com)

Professora orientadora: Sheila Leal

Coordenação de curso de Engenharia Civil

Resumo

A ABNT NBR 15575 de 2013 refere-se aos critérios e parâmetros de avaliação para edificações habitacionais, independentemente dos seus materiais constituintes e do processo construtivo utilizado. Abordou-se tanto os critérios e parâmetros quanto os materiais e as normas técnicas interligadas à ABNT NBR 15575, 2013. A metodologia adotada foi a pesquisa aplicada e explicativa com fundamentação bibliográfica e documental levantou dados qualitativos acerca de um estudo de caso realizado na cidade de Divinópolis em determinada Universidade. Foi realizada uma medição acústica, na sala de aula n° 101 no 1° andar na universidade, construída em alvenaria de bloco de concreto para que fosse analisada a eficiência no atendimento à norma de desempenho. Os resultados encontrados no ambiente interno da sala de aula foi de 38,34dB e no ambiente externo 48,78dB, no entanto os critérios mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 15575, 2013 foram atendidos. Foi possível concluir que mesmo que a construção da sala fosse anterior ao estabelecimento da norma de desempenho, a edificação ficou dentro dos parâmetros estabelecidos. No mercado da construção civil, podem ser encontrados blocos que já são produzidos para atender aos critérios específicos de desempenho, trazendo então uma segurança maior para os construtores e empreendedores pois eles já são fornecidos com os laudos técnicos dos ensaios conforme as especificações da norma de desempenho.

Palavras-chave: ABNT NBR 15575. Norma de desempenho. Acústico. ISO 16283-1:2018. Bloco de concreto.

1 Introdução

De acordo com a ABNT NBR 15575 (2013), a norma de desempenho é estabelecida buscando atender as exigências dos usuários, que no caso desta norma, referem-se a critérios e parâmetros de avaliação para edificações habitacionais, independentemente dos seus materiais constituintes e do processo construtivo utilizado. O foco desta norma está nas exigências dos usuários para os edifícios habitacionais. A mesma é dividida em seis tópicos principais e, em cada tópico, são apresentadas subdivisões nas quais são tratados diferentes itens do desempenho habitacional.

Depois que a norma de desempenho entrou em vigor, os novos projetos aprovados precisam atender aos seus requisitos. Essa norma trouxe como novidade o conceito de comportamento em uso dos componentes e sistemas das edificações, sendo que a construção habitacional deverá atender e cumprir os requisitos de desempenho ao longo de sua vida útil. Para todos os critérios

incluídos na norma foram estabelecidos patamares que variam entre o mínimo, intermediário e superior. O nível mínimo de desempenho deve ser obrigatoriamente atingido pelos diferentes elementos e sistemas da construção, os níveis intermediários e superior não possuem caráter obrigatório apenas informativo sobre o aspecto da construção. A norma se aplica a construções com função habitacional. De maneira geral, a ABNT NBR 15575, 2013 categoriza as necessidades que precisam ser atendidas em segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Para alvenaria de blocos de concreto, os principais elementos de referência é a norma ABNT NBR 15961-1.

O presente trabalho foi desenvolvido para o estudo de caso da norma de desempenho aplicada a acústica em bloco de concreto. Todos que moram e trabalham nos grandes centros urbanos, convivem diariamente com o stress que o excesso de ruídos provoca. Quando chegamos em casa, esperamos encontrar na edificação que as paredes tenham a capacidade de isolar o som entre ambientes diferentes. Mas a maioria das nossas residências não está preparada para nós dar o devido conforto acústico.

Foi para combater esses e outros problemas enfrentados pela sociedade que a ABNT NBR 15575, 2013 estabelece critérios para atendimentos aos usuários em seus lares para que possam ter o mínimo de conforto acústico no seu dia a dia. O conforto acústico deve ser alcançado em diferentes categorias de ruído externo e interno. Quanto mais alto o som do lado de fora, mais exigentes são as paredes. O valor também varia de acordo com o tipo de ambiente, sendo os dormitórios mais rígidos (LACERDA, PEREIRA, 2017). Neste trabalho foi realizado um estudo de caso no qual a edificação foi submetida a análise do isolamento sonoro ao ruído aéreo propiciado pelo sistema de vedação em bloco de concreto da referida edificação, comparando os resultados obtidos em ensaio realizado in loco com os parâmetros mínimos estabelecidos pela norma de desempenho. Contudo para realização das medições de desempenho acústico é necessário seguir os critérios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 16283-1, 2018 que visa orientar os pesquisadores na realização de medições precisas.

2 Desenvolvimento

O desempenho acústico residencial é um motivo de grandes reclamações dos usuários, exclusivamente em apartamentos coletivas (condomínios verticais ou horizontais), onde o ruído dos vizinhos não pode ser controlado. (SINDUSCON, 2015)

No Brasil, o desempenho acústico nas edificações foi sendo ignorado durante muito tempo. Essa perspectiva das construções brasileiras é preocupante, já que o ruído urbano aumentou enquanto o isolamento sonoro perdeu eficiência. (DUARTE, 2015) A NBR 15575 (2013) estabelece critérios de nível mínimo, intermediário e superior. O de nível mínimo deve ser obrigatoriamente

atingido pelos diferentes elementos e sistemas da construção, já os outros não possuem caráter obrigatório. Conforme descrito na tabela 1 podemos observar os níveis de desempenho mínimo, intermediário e superior.

Tabela 1: Nível de desempenho mínimo, intermediário e superior

Descrição	Parâmetro	Nível dBA	Nível de desempenho
Nível de pressão sonora equivalente padronizado	$L_{Aeq,nT}$	≤ 37	Mínimo
		≤ 34	Intermediário
		≤ 30	Superior
Nível de pressão sonora máximo padronizado	$L_{ASmax,nT}$	≤ 42	Mínimo
		≤ 39	Intermediário
		≤ 36	Superior

Fonte: Pró Acústica Norma ABNT NBR 15575, 2013

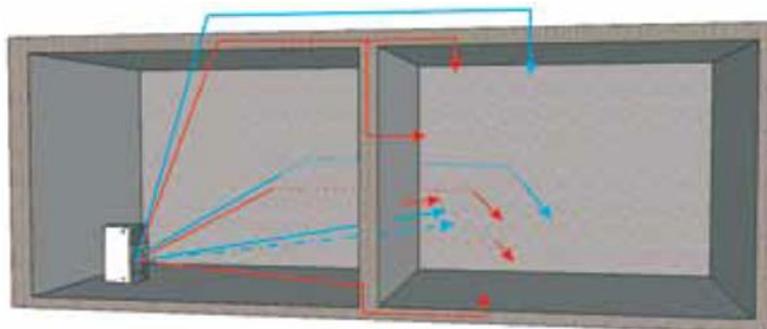
De forma a gerar conforto acústico a seus ocupantes, o edifício habitacional deve apresentar isolamento adequado das vedações externas e internas no que se refere aos ruídos aéreos provenientes da parte externa da habitação e isolamento sonoro adequado entre ambientes. (ABNT NBR 15575-1, 2013)

Deste modo é necessário conhecer o requisito de isolamento acústica de vedações externas ao qual a norma de desempenho estabelece.

2.1 Requisito isolamento acústica de vedações externas

Condições de isolamento sonoro no interior da residência, com descrição a fontes externas de ruídos aéreos. (ABNT NBR 15575-1, 2013), como mostra a figura 1 a isolamento acústica de vedações externas.

Figura 1: Isolamento Acústica de Vedações Externas



Fonte: LUCA (2013)

Sendo conhecido o isolamento sonoro no interior da edificação há necessidade de ser conhecido os critérios de nível de ruído em seu interior

2.1.1 Critério nível tolerável de ruído no interior da habitação

A edificação, submetida aos limites de impulsos sonoros externos especificados na *ABNT NBR 10.151:2019 - acústica - medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - aplicação de uso geral*, deve atender aos limites especificados pela *ABNT NBR 10152 (2017)* níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações no que se refere aos níveis de ruído em seus ambientes internos. (*ABNT NBR 15575-1, 2013*)

De acordo com a *ABNT NBR 10151:2019 - acústica - medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - aplicação de uso geral* são definidos os procedimentos técnicos a serem adotados para a realização de mensurações de níveis de pressão sonora no interior e exterior das edificações, bem como os processos e limites para avaliação dos resultados para fins de uso e ocupação do solo. Os limites de avaliação e planejamento destacados nesta norma são determinados de acordo com a finalidade de uso e ocupação do solo do local de medição, visando à saúde humana e ao sossego público. (*ABNT NBR 10151, 2019*). Segundo descrito na tabela 2 podemos observar os limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.

Tabela 2: Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.

Tipos de áreas habitadas	RL _{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: *ABNT NBR 10151 (2019)*

A *ABNT NBR 10152:2017 - acústica - níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações* estabelecem os procedimentos técnicos a serem adotados na execução de medições de níveis de pressão sonora do ambiente interno de edificações e avaliação dos resultados de acordo com a finalidade de uso do ambiente. O ruído dentro dos edifícios deve ser avaliado de acordo com ela. Os valores de controle apresentados na mesma são determinados de acordo com a finalidade de uso do ambiente do local de medição com o objetivo de manter os valores de referência apresentados nesta norma conforme descrito na tabela 3.

Tabela 3: Valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso

Finalidade de uso	Valores de referência		
	RL Aeq (dB)	RL ASmax (dB)	RL NC
Aeroportos, estações rodoviárias e ferroviárias			
Áreas de check-in, bilheterias	45	50	40
Salas de embarque e circulações	50	55	45
Centros comerciais (shopping centers)			
Circulações	50	55	45
Lojas	45	50	40
Praças de alimentação	50	55	45
Garagens	55	60	50
Clínicas e hospitais			
Berçários	35	40	30
Centros cirúrgicos	35	40	30
Consultórios	35	40	30
Enfermarias	40	45	35
Laboratórios	45	50	40
Quartos coletivos	40	45	35
Quartos individuais	35	40	30
Salas de espera	45	50	40
Culturais e lazer			
Salões de festas	40	45	35
Restaurantes	45	50	40
Cinemas	35	40	30
Salas de concerto	30	35	25
Teatros	30	35	25
Templos religiosos pequenos ($\leq 600 \text{ m}^3$)	40	45	35
Templos religiosos grandes ($> 600 \text{ m}^3$)	35	40	30
Bibliotecas	40	45	35
Museus (exposições)	40	45	35
Estúdios de gravação audiovisual	35	30	20
Educacionais			
Circulações	50	55	45
Berçário	40	45	35
Salas de aula	35	40	30
Salas de música	35	40	30
Escritórios			
Centrais de telefonia (call centers)	50	55	45
Circulações	50	55	45

Fonte: ABNT NBR 10152 (2017)

Tabela 3 (continuação)

Berçário	40	45	35
Salas de aula	35	40	30
Salas de música	35	40	30
Escritórios			
Centrais de telefonia (call centers)	50	55	45
Circulações	50	55	45
Escritórios privativos (gerência, diretoria etc.)	40	45	35
Escritórios coletivos (open plan)	45	50	40
Recepções	45	50	40
Salas de espera	45	50	40
Salas de reunião	35	40	30
Salas de videoconferência	40	45	35
Esportes			
Ginásios de esportes e academias de ginástica	45	50	40
Hotéis			
Quartos individuais ou suítes	40	45	35
Salões de convenções	40	45	35
Áreas de serviço	50	55	45
Circulações	45	50	40
Residências			
Dormitórios	35	40	30
Salas de estar	40	45	35
Salas de cinema em casa (home theaters)	40	45	
Outros			
Auditórios grandes (> 600 m ³)	30	35	25
Auditórios pequenos (≤ 600 m ³)	35	40	30
Cozinhas e lavanderias	50	55	45
Tribunais	40	45	35

Fonte: ABNT NBR 10152 (2017)

Sendo conhecido a finalidade de uso dos ambientes e os seus valores de referência faz necessário conhecer os requisitos sobre a isolamento acústica entre os ambientes e os seus materiais de uma forma geral.

2.2 Requisito – isolamento acústica entre ambientes

Proporcionar condições de isolamento acústica entre ambientes. (ABNT NBR 15575-1, 2013). É importante entender como o som viaja entre as diferentes salas de um edifício antes de implementar o isolamento acústico. Isso pode ser feito entendendo a propagação do som. As ondas sonoras podem viajar através de um material como concreto ou madeira, ou ser transmitidas pelo ar. Como as ondas sonoras são propagadas pelos materiais, precisamos entender os requisitos de transmissão entre os sistemas de paredes internas. Isso cria um “caminho de transmissão” acústico que começa com o emissor de som e termina com o ouvinte. (NUNES, 2015)

Sendo conhecido os critérios e os requisitos de isolamento acústica entre ambientes é necessário conhecer os critérios de isolamento ao som aéreo entre pisos e paredes internas.

2.2.1 Critério – isolamento ao som aéreo entre pisos e paredes internas

Os sistemas de pisos e vedações verticais que constitui o edifício residencial devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender as condições estabelecidas nas ABNT NBR 15575-3 e ABNT NBR 15575-4. (ABNT NBR 15575-1, 2013)

ABNT NBR 15575-3:2013 - edificações residenciais desempenho - parte 3: requisitos para os sistemas de pisos. Nesta parte da norma é descrito as orientações referentes aos requisitos para os sistemas de pisos.

De acordo com Pró Acústica Norma ABNT NBR 15575 (2013) na tabela 4 podemos observar os seguintes critérios de desempenho ao som aéreo entre pisos e paredes internas.

Tabela 4: Isolamento ao ruído de impacto nos sistemas de pisos

Parâmetro		Critério	Desempenho		
			MÍN	INT	SUP
Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado	$L'_{nT,w}$	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	$\leq 80\text{dB}$	$\leq 65\text{dB}$	$\leq 55\text{dB}$
		Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	$\leq 55\text{dB}$	$\leq 50\text{dB}$	$\leq 45\text{dB}$
Diferença padronizada de nível ponderada	$D_{nT,w}$	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório	$\geq 45\text{ dB}$	$\geq 50\text{ dB}$	$\geq 55\text{ dB}$
		Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos. Situação onde não haja dormitório	$\geq 40\text{ dB}$	$\geq 45\text{ dB}$	$\geq 50\text{ dB}$
		Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	$\geq 45\text{ dB}$	$\geq 50\text{ dB}$	$\geq 55\text{ dB}$

Fonte: Pró Acústica Norma ABNT NBR 15575 (2013)

Pró Acústica Norma (2013) afirmam que:

“O índice $D_{nT,w}$ representa o isolamento aos ruídos aéreos medido no campo (obra), assim como o índice R_w medido em laboratório do mesmo sistema. Geralmente, apresentam valores diferentes decorrentes das condições estruturais e executivas. O índice $L'_{nT,w}$ representa o nível de pressão sonora ponderado medido no campo(obra), oriundo da transmissão decorrente de impactação normalizada no piso acima do ambiente receptor. No Brasil, não existe atualmente este tipo de ensaio normalizado em laboratório.” (grifo do autor)

Pela abordagem da *ABNT NBR 15575-4, 2013 - edificações residenciais desempenho - parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais entre os ambientes interno e externo – SVVIE* são explorados conceitos que muitas vezes não são considerados prescritivos e específicos. A ABNT NBR 15575 (2013) deve possibilitar o atendimento aos requisitos do usuário, com soluções tecnicamente adequadas e economicamente viáveis. Todas as disposições contidas na mesma aplicam-se aos sistemas que compõem edificações habitacionais, projetados, construídos, operados e submetidos a intervenções de manutenção que atendam às instruções específicas do respectivo manual de uso, operação e manutenção. Requisitos e critérios particularmente aplicáveis a determinado sistema são analisados separadamente. Esta parte na ABNT NBR 15575 (2013) aborda os sistemas de vedações verticais internas e externas das edificações habitacionais, que, além da volumetria e da compartimentação dos espaços do ambiente, integram-se de forma muito estreita aos demais elementos da construção, recebendo influências no desempenho das habitações. (ABNT NBR 15575-4, 2013)

Desta forma em conhecimento aos critérios de isolamento ao som aéreo entre pisos e paredes internas faz necessário conhecer os critérios de isolamento ao som aéreo da envoltória da habitação.

2.2.2 Critério isolamento ao som aéreo da envoltória da habitação

Os sistemas de vedações externos e os sistemas de cobertura dos edifícios habitacionais devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender aos requisitos e critérios especificados na ABNT NBR 15575-4 (2013), ABNT NBR 15575-5 (2013). (ABNT NBR 15575-1, 2013). As coberturas de uso coletivo devem apresentar nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ($L'_{nT,w}$) conforme mostrado na tabela 5.

Tabela 5: Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$.

Sistema	$L'_{nT,w}$ [dB]
Cobertura acessível de uso coletivo	≤ 55

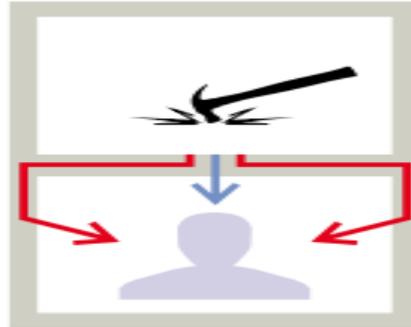
Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013)

Sendo conhecido os critérios de isolamento ao som aéreo da envoltória da habitação faz necessário o conhecimento dos requisitos dos ruídos por impacto e ruídos por equipamentos.

2.3 Requisitos – ruídos por impacto e ruídos por equipamentos

Segundo Pro Acústica Norma ABNT NBR 15575 (2013) a transmissão de ruído de impacto entre duas unidades habitacionais sobrepostas em uma edificação se produz através do próprio sistema de piso (1 via de transporte direto) e os elementos laterais ou paredes (4 vias de transporte indireta). Estes transportes dependem das propriedades das soluções construtivas, das ligações entre elas e da geometria do invólucro como demonstra o exemplo de transmissão de ruído por impacto na figura 2.

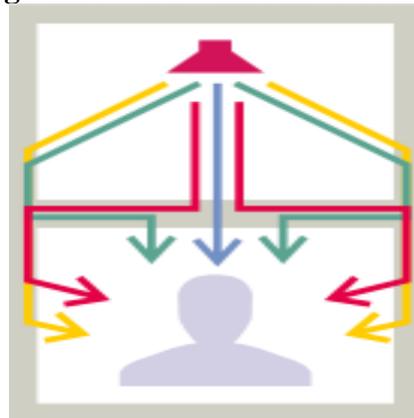
Figura 2: Transmissão de ruído por impacto



Fonte: PIRRARD; AKKERMAN (2013)

Já o ruído aéreo diz respeito aos originados inicialmente no ar e podem ser gerados pelos mais diversos emissores, externos ou internos, tais como: veículos, equipamentos de construção, buzinas, instrumentos musicais, sons de animais, vozes humanas etc. Uma vez gerado, ele se espalha no ar e entre os elementos por todo o edifício como mostra a figura 3. (PIRRARD; AKKERMAN, 2013)

Figura 3: Transmissão de ruído aéreo



Fonte: PIRRARD; AKKERMAN (2013)

A forma de estabelecimento do desempenho é comum e intencionalmente pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento. As normas assim elaboradas visam de um lado incentivar e banalizar o desenvolvimento tecnológico e, de outro,

orientar a avaliação da eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas. (ABNT NBR 15575-1, 2013)

Para realização dos ensaios de medição sonora temos como referência a ABNT NBR ISO 16283-1, 2018 que determina critérios para realização da qualificação de direcionalidade de uma fonte sonora de medições em campo.

FIA 2020/22 afirma que:

“As medições devem ser realizadas a uma distância de 1,5 m a partir do centro da fonte sonora que está sendo avaliada. As normas especificam que o ensaio deve ser realizado em campo livre. O sinal de excitação deve ser um ruído de banda larga e as medições devem ser feitas em bandas de um terço de oitava. Para a checagem do atendimento aos critérios da norma, o primeiro passo é a realização de medições do nível de pressão sonora tomando medidas discretas em intervalos de 5°.”

Desta forma a ABNT NBR ISO 16283-1, 2018 estabelece os tipos de equipamento que devem ser utilizados para uma medição conforme os critérios estabelecidos, que são: Medidor integrador de nível sonoro (sonômetro) NTi – XL2, cápsula NTi – MC230, pré-amplificador NTi – MA220, amplificador de áudio QSC – GX5, fonte sonora dodecaédrica, gerador de sinais NTi – Minirator MRPRO, termo-higro-anemômetro Akrom – KR825 e demais equipamentos como cabos, tripés e conectores. Realizando os testes com os equipamentos necessários é possível chegar ao resultado desejado.

Após o conhecimento sobre a norma de desempenho seus critérios e orientações é necessário o conhecimento sobre o bloco de concreto e suas classificações.

2.4 Bloco de concreto

O setor de blocos de concreto obteve um grande crescimento nos últimos anos, fruto dos investimentos dos empresários e da organização da cadeia produtiva, que tem como principal marco a criação, em fevereiro de 2003, da Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto (Bloco Brasil), que contou com o apoio da Associação Brasileira de Cimento Portland. (ABCMD, 2014).

As alvenarias em geral devem assegurar resistência à água, isolamento térmico e acústico, possibilidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suportar esforços de trabalho, no caso de caixilharia em casos de incêndio etc. Podem também interagir com os demais componentes, elementos e sistemas da edificação, como caixilhos, esquadrias, estruturas, coberturas, pisos e instalações. (ABCMD, 2014).

Quanto ao uso, os blocos de concreto podem ser classificados, segundo a ABNT NBR 6136, (2014): **Classe A:** função estrutural, para uso em alvenaria acima ou abaixo do nível do solo; **Classe B:** função estrutural para uso em alvenaria acima do nível do solo; **Classe C:** função

estrutural para uso em alvenaria acima do nível do solo; **Classe D:** não tem função estrutural para uso acima do nível do solo.

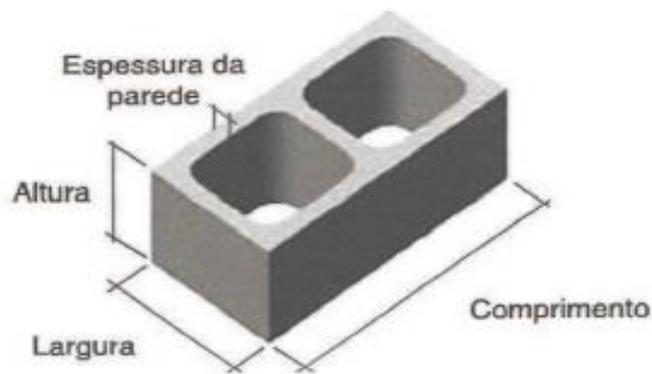
No decorrer do desenvolvimento deste trabalho estamos colocando em ênfase a *ABNT NBR 15575 item habitabilidade acústica aplicada em bloco de concreto em uma Escola Estadual*, estabelecendo estudo de caso da eficiência do mesmo para garantia do conforto ao ruído necessária para habitabilidade. No mercado da construção civil existem várias opções do mesmo material com diferentes características como: disposições de furos, textura, dimensões e materiais também podemos observar diversas propriedades físicas e mecânicas, com variação de resistência a compressão, capilaridade e porosidade, absorção de água e seus coeficientes de absorção, dilatação térmica e acústica, entre outras. Em relação a alvenaria, existem três linhas de produção no mercado que atendem a diferentes requisitos específicos do projeto. Podem ser desde blocos arquitetônicos até paredes de fachada e interiores; vedações suficientemente fortes para satisfazer as necessidades físicas e mecânicas de vedações; e elementos estruturais que formam as paredes resistentes, que em alguns casos podem ser reforçados e preenchidos com argamassa fluida espessa (areia) que formam a alvenaria da estrutura armada. (SALVADOR FILHO, 2007)

A utilização de blocos de concreto em alvenaria iniciou-se logo após o nascimento do cimento Portland quando grandes e maciças unidades de concreto começaram a ser produzidas. Desde então, várias tentativas foram realizadas para modernizar a produção do mesmo e seu uso nas construções. No entanto, os materiais usados, os métodos de dosagem e a configuração do processo de fabricação ainda são essencialmente os mesmos.

Os materiais utilizados na produção dos blocos de concreto são: cimento Portland agregados miúdos, grãos e água, dependendo dos requisitos específicos a mistura de concreto também pode conter outros componentes, como minerais, pigmentos, entre outros. Os componentes do bloco de concreto devem ser definidos e utilizados de acordo com suas características, para que o produto atenda aos propósitos pretendidos. (SALVADOR FILHO, 2007)

A ABNT NBR 6136 (2014) estabelece os requisitos para produção e aceitação de blocos vazados de concreto simples, destinados a alvenaria com ou sem função estrutural, vazados nas faces inferior e superior cuja área líquida é igual a 75% da área bruta. (ABNT NBR 6136, 2014). Através da figura 4 a seguir podemos observar as características do bloco de concreto vazado. (ABNT NBR 6134, 2014).

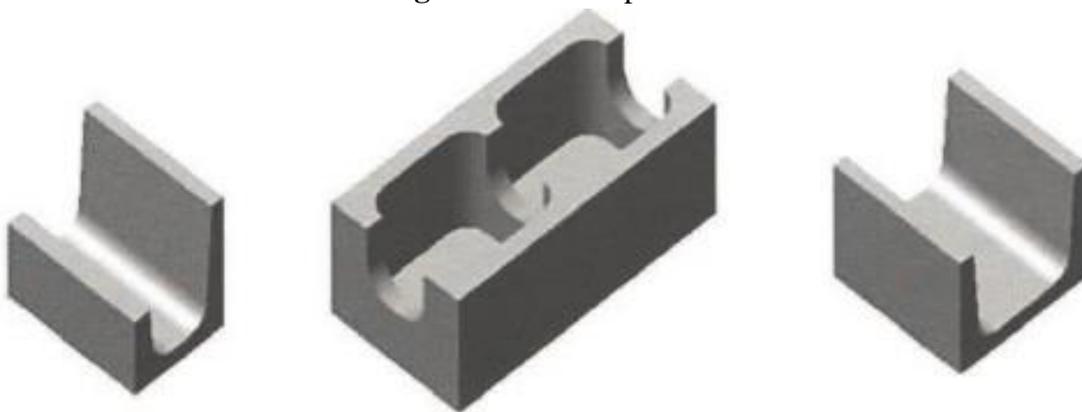
Figura 4: Bloco vazado de concreto simples



Fonte: ABNT NBR 6134 (2014)

Bloco tipo canaleta: Componentes de alvenaria, vazados ou não, com conformação geométrica, criados para racionalizar a execução de vergas, contravergas e cintas, conforme mostra a figura 5.

Figura 5: Bloco tipo canaleta



Fonte: ABNT NBR 6134 (2014)

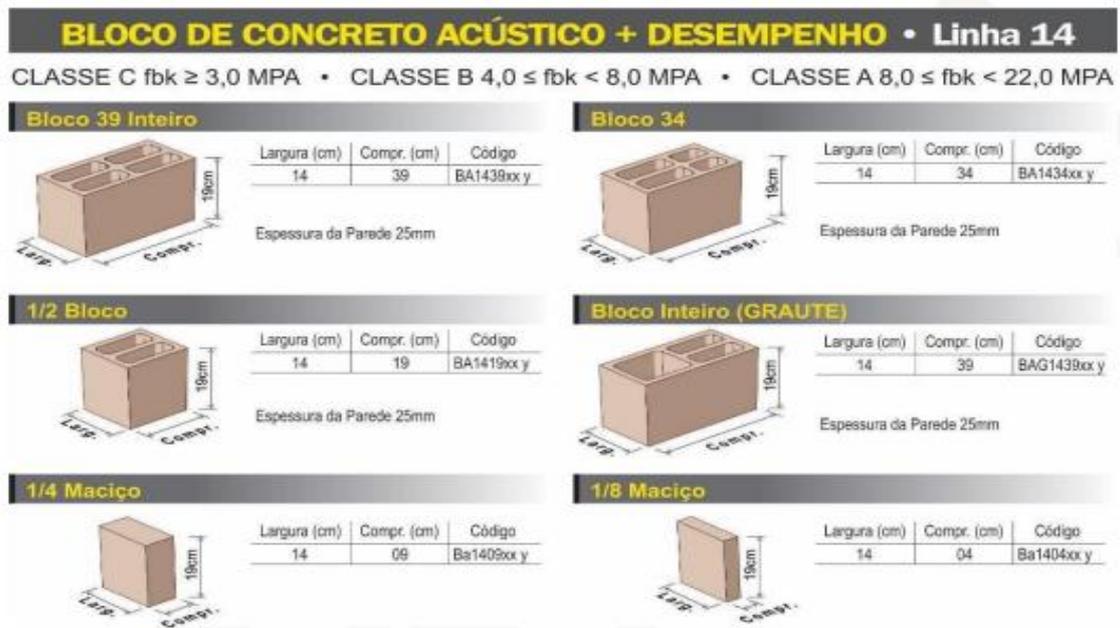
Em pesquisas aprofundadas sobre o bloco de concreto, vimos que as tecnologias aplicadas sobre os blocos estão muito avançadas, hoje em dia já se pode encontrar nos mercados de construção civil blocos de concreto que já vem com o isolamento acústico em atendimento a norma de desempenho.

2.5 Bloco de Concreto Acústico

O bloco de concreto tem tomado cada vez mais o seu espaço no meio da construção civil, e isso tem levado grandes fornecedores e construtores a desenvolver tecnologias avançadas em detrimento ao atendimento a ABNT NBR 15575 (2013) estamos trazendo como exemplo uma empresa fabricante de blocos de concreto com isolamento acústico, uma excelente inovação para esse mercado construtivo. O Bloco de Concreto OTERPREM Acústico + Desempenho foi desenvolvido com foco específico em assegurar um desempenho de nível compatível com as situações do projeto de edificações residenciais em que é requerido um isolamento maior do que as

demais, que é a situação em que há dormitório em, pelo menos, um dos lados da geminação entre unidades, ou na situação em que há um ambiente de uso coletivo em divisa com a unidade. Conforme descrito na figura 6 abaixo, podemos observar o bloco da linha 14.

Figura 6: Bloco de concreto acústico linha 14



Fonte: OTERPREM Acústico (2020)

O segundo exemplo a seguir é o bloco da família 19, fabricação própria da empresa OTERPREM como pode ser observado na figura 7 a seguir.

Figura 7: Bloco de concreto acústico linha 19



Fonte: OTERPREM Acústico (2020)

3 METODOLOGIA

O presente trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido baseado em pesquisas bibliográficas e desenvolvido através de um estudo de caso na cidade de Divinópolis em determinada universidade, através dos seguintes meios de pesquisa: artigos científicos, teses dissertativas e baseados na ABNT NBR 15575 (2013) e demais normas regulamentadoras.

O tipo de pesquisa realizado no presente trabalho é a pesquisa aplicada, Fleury e Werlang (2017) acreditam que existe outra questão a ser colocada na definição de pesquisa aplicada. Para estes autores, ela diz respeito a sua capacidade de gerar impacto, podendo ser definida como atividades em que conhecimentos previamente adquiridos são utilizados para coletar, selecionar e processar fatos e dados, a fim de se obter e confirmar resultados.

Além disso, tem finalidade de se concentrar em torno dos problemas detectados e se empenhar na elaboração de diagnósticos para resolução dos mesmos, respondendo a uma demanda formulada por clientes ou instituições. Esta pesquisa se enquadra, portanto, como aplicada, pois, possui o intuito de realizar uma investigação quanto à aplicação dos requisitos mínimos necessários para qualidade das construções e sugerir o atendimento da norma de desempenho nas habitações.

A pesquisa quanto a sua natureza se classifica como qualitativa – é uma pesquisa não estruturada, descritiva, onde o pesquisador tende a analisar seus dados indutivamente, considera que existe uma relação entre o mundo e o sujeito que não pode ser traduzida em números, tende a alcançar uma aplicação qualitativa das razões e motivações.

Appolinário (2006) acredita que é muito difícil haver alguma pesquisa totalmente qualitativa e altamente improvável que exista uma completamente quantitativa. Isso ocorre, porque a pesquisa pode possuir elementos tanto qualitativos como quantitativos, em vez de categorias isoladas. Tem-se assim uma dimensão contínua com duas polaridades extremas, encontrando-se em um ponto, tendendo mais para um lado ou para o outro. Embora alguns autores ainda defendam a separação clara entre essas duas naturezas de pesquisas, há um crescente consenso em direção contrária a esta.

Assim sendo, pode-se classificar esta pesquisa como qualitativa, devido à análise dos dados levantados por meio de documentos e laudos técnicos obtidos pelos autores, os quais foram realizados no empreendimento analisado, com resultados positivos em atendimento a NBR 15575, 2013.

Quanto aos meios de pesquisas classificamos como estudo de caso que se refere a uma pesquisa relacionada especificamente a um único tema a acústica aplicada ao bloco de concreto. Este estudo para pesquisadores que desejam aprimorar seus conhecimentos a determinado assunto característico. (RAUPP, 2006)

Desta forma o estudo de caso justifica sua importância sendo aplicado os critérios determinísticos da norma de desempenho habitabilidade acústica aplicada aos empreendimentos. As informações auxiliam em maior conhecimento e possível resolução de problemas relacionados ao assunto estudado. (BRUYNE; HERMAN; SCHOUTHEETE, 1977)

Gil (1999, p. 73) afirma que:

“o estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir conhecimentos amplos e detalhados do mesmo, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados.”

Quanto aos fins classificamos como a pesquisa explicativa: caracterizadas pela preocupação de identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos. É o tipo mais complexo e delicado de um estudo, pois o risco de cometer erros aumenta consideravelmente, esta pesquisa aprofunda o conhecimento da realidade, devido a explicar a razão e o porquê das coisas. O conhecimento científico está assentado nos resultados oferecidos pelos estudos explicativos por poder ser a continuação de outra descritiva posto que a identificação dos fatores que determinam um fenômeno requer que este esteja abundantemente descrito e detalhado (GIL, 2007).

Esta pesquisa se qualifica como explicativa, pois identifica fatores que determinam e contribuem para a ocorrência de fenômenos que não foram considerados no método construtivo do empreendimento na época.

O universo da pesquisa se trata de um estudo de caso realizado na cidade de Divinópolis em determinada Universidade. A amostra é composta pela realização da medição acústica, realizada sala de aula nº 101 no 1º andar na universidade, construída em alvenaria de bloco de concreto para análise de sua eficiência no atendimento a norma de desempenho ABNT NBR 15575 (2013).

A coleta e análise de dados é muito importante para a metodologia científica. Para elaborar um instrumento de pesquisa, é essencial que o pesquisador preveja como os dados coletados serão analisados. Existem infinitas formas de coletar dados de pesquisa, e isso ocorre porque existem inúmeras possibilidades quanto aos próprios instrumentos de pesquisa (APPOLINÁRIO, 2006).

Com base nos conhecimentos adquiridos, determinou-se que a pesquisa contém observações sistemáticas por meio de análise documental (laudos técnicos advindos dos ensaios realizados in loco, sendo este um dos principais instrumentos de fundamentação utilizados).

Referente a coleta de dados na Universidade em estudo, o local foi escolhido devido o processo construtivo, que foi a alvenaria de bloco de concreto sistema ao qual está sendo abordado no presente trabalho, foram realizadas medições in loco para a obtenção de resultados referente ao estudo.

Através de todas estas fontes de pesquisas coletamos os dados para análise da norma desempenho acústica em bloco de concreto. Ela determina parâmetros mínimos a serem adotados na

construção de sistemas habitacionais, essas exigências precisam necessariamente de ser seguidos à risca por ser uma norma regulamentadora. A padronização das medições referentes a exigência mínima da acústica dentro dos ambientes estabelecida pela NBR 15575 (2013) temos a ABNT NBR ISO 16283-1 (2018) que determina métodos de medições a serem realizados em campo.

Oliveira (2022) afirma que:

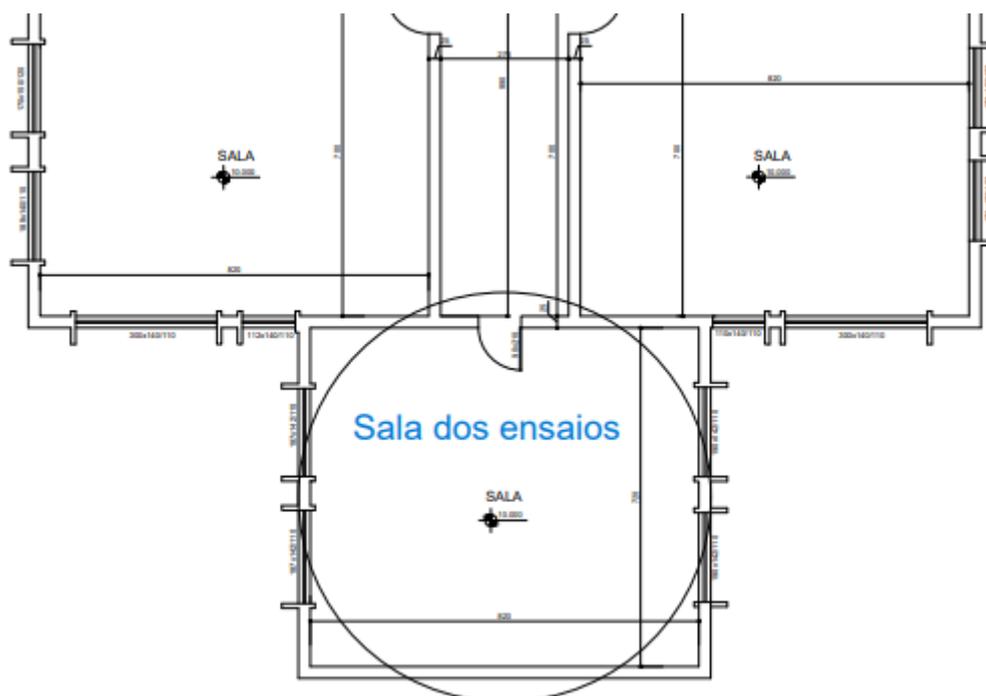
“A metodologia de medição especificada nessa norma está baseada na emissão de ruído em um dos recintos, mediante uma fonte sonora onidirecional, e medição dos níveis de pressão sonora em bandas de frequência neste recinto (emissor) e no recinto próximo (receptor). A diferença entre ambos os níveis, com uma correção segundo as condições acústicas do recinto receptor (obtidas pela medição do tempo de reverberação), proporciona a Diferença de nível padronizada (DnT).”

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho apresenta os resultados referente a avaliação do desempenho do sistema construtivo de vedação utilizado na obra em referência, através de ensaios técnicos, utilizando parâmetros especificados na ABNT NBR 15575, 2013 para classificação quanto ao desempenho da edificação analisada e executado, conforme método construtivo em concreto armado e as paredes de vedação realizada em bloco de concreto, na época da construção não foi aplicada a Norma de Desempenho como base pois, quando o projeto do mesmo foi aprovado a norma técnica não estava em vigor.

Conforme a planta baixa da sala de aula em estudo é descrito o local onde foi realizado as medições para o presente trabalho, como mostra a figura 8.

Figura 8: Planta baixa da sala de aula em estudo



Fonte: Empreendimento em estudo

As medições foram realizadas no dia 21/10/2022 às 14:57 horas com término às 15:11 horas na universidade em estudo. O local foi escolhido mediante ao seu processo construtivo que é o abordado neste artigo: o bloco de concreto para análise de sua eficiência acústica em atendimento a ABNT NBR 15575 (2013).

As respectivas medições foram realizadas pelos próprios autores da seguinte forma: o equipamento (receptor) foi posicionado a 0,50 m da parede de vedação da sala de aula no interior do ambiente já o aparelho emissor estava a 1,50 m da parede de vedação no corredor do ambiente, no segundo momento o emissor estava posicionado no ambiente interno da sala e o receptor estava na parte externa do ambiente em análise. Os ensaios entre os ambientes tiveram duração de aproximadamente 10 minutos.

4.1 Análise dos ambientes

A seguir mostramos os ambientes ao qual foram realizadas as medições necessárias. Como pode ser observado na tabela 6.

Tabela 6: Dados do ambiente de medição de ruídos

Local	Ambiente	Area (m ²)
Sala de aula	Dentro da sala	56
Externo	Do lado externo das salas	56

Fonte: Elaborado pelos autores

A seguir no quadro 1 apresentamos a característica construtiva do ambiente estudado.

Quadro 1: Característica construtiva do ambiente

Local	Sistema construtivo de vedação
Sala de aula	Paredes internas: bloco de concreto Largura: 14 cm Altura: 19 cm Comprimento: 19 cm

Fonte: Elaborado pelos autores

4.2 Equipamento

Medidor integrador de nível sonoro (sonômetro), fonte sonora circular, gerador de sinais e demais equipamentos como cabos, tripés e conectores. Os equipamentos utilizados foram fornecidos por uma empresa ao qual não autorizou o seu nome no presente artigo. No entanto, registramos algumas imagens dos ambientes e equipamento no momento da realização das respectivas medições. Como pode ser mostra as figuras 9 e 10.

Figura 9: Equipamento emissor de ruído



Figura 10: Equipamento receptor de ruído



Fonte: Elaborado pelos autores

Após realização das respectivas medições chegamos aos seguintes resultados como pode ser observado na tabela 7 referentes ao ambiente interno e externo da sala de aula.

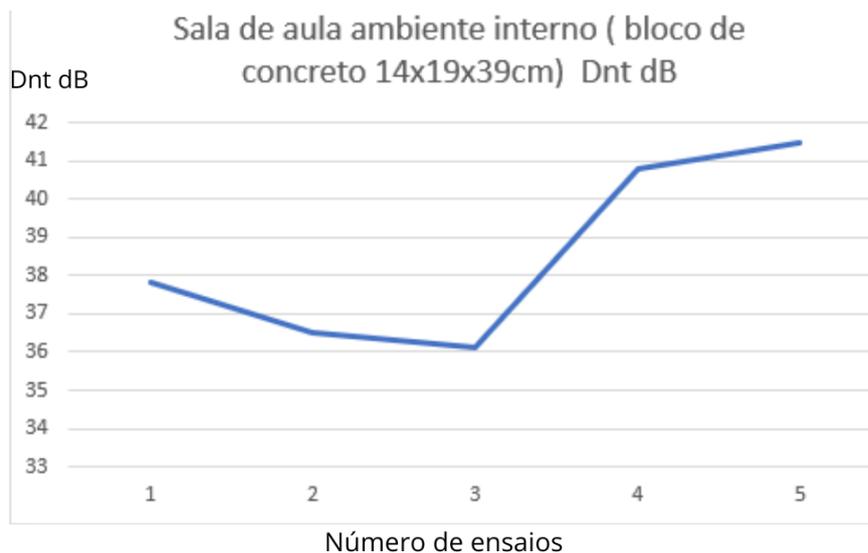
Tabela 7: Resultados

Frequência (Hz)	Sala de aula ambiente interno (bloco de concreto 14x19x39cm) (Dnt dB)	Sala de aula ambiente externo (bloco de concreto 14x19x39cm) (Dnt dB)
200	37,8	58
250	36,5	47,5
315	36,1	52.1
500	40,8	39.5
800	41,5	46.8

Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme dados obtidos acima, gerou o gráfico 1 a seguir. Referente aos resultados obtidos no ambiente interno.

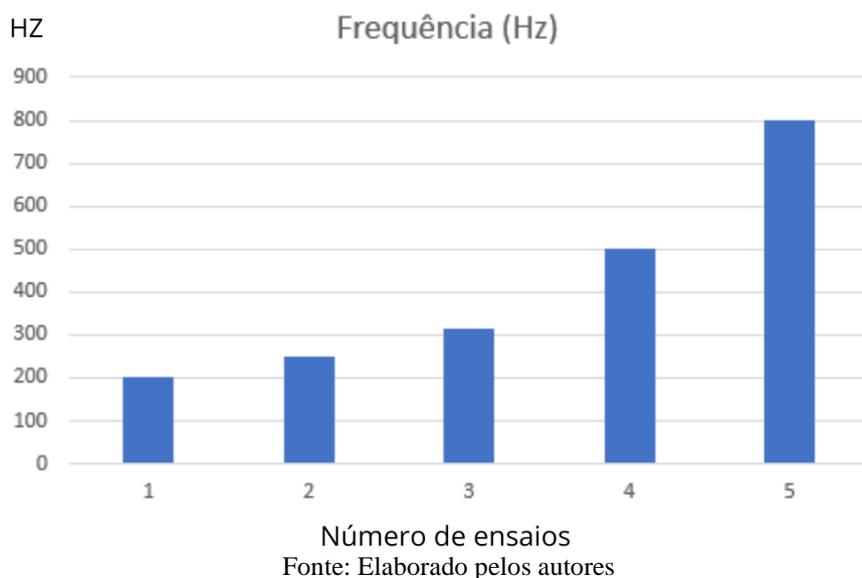
Gráfico 1: Resultado referente ao ambiente interno



Fonte: Elaborado pelos autores

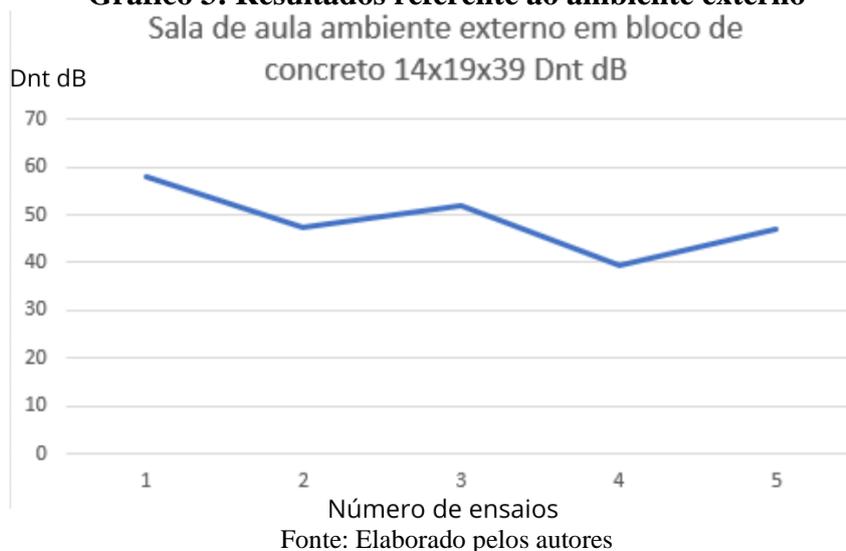
O gráfico 2 é referente a frequência (Hz) do ambiente interno e externo da sala de aula, durante a emissão das ondas sonoras.

Gráfico 2: frequência (Hz) ambiente interno e externo



No gráfico 3 pode ser observado os valores referentes ao ambiente externo da sala de aula. Utilizamos os mesmos valores de frequência para ambos os ensaios.

Gráfico 3: Resultados referente ao ambiente externo



Em análise sobre os gráficos e as tabelas registramos que os resultados obtidos pelas medições ficaram dentro do mínimo estabelecido, os ensaios foram devidamente concluídos, utilizando o método de medição conforme orientado pela ABNT NBR ISO 16283-1 como é de suma importância convêm trazer o parágrafo descrito no desenvolvimento sobre a medição em questão.

Para realização dos ensaios de medição sonora temos como referência a ABNT NBR ISO 16283-1 que determina critérios para realização da qualificação de direcionalidade de uma fonte sonora de medições em campo.

FIA 2020/22 afirma que:

“As medições devem ser realizadas a uma distância de 1,5 m a partir do centro da fonte sonora que está sendo avaliada. As normas especificam que o ensaio deve ser

realizado em campo livre. O sinal de excitação deve ser um ruído de banda larga e as medições devem ser feitas em bandas de um terço de oitava. Para a checagem do atendimento aos critérios da norma, o primeiro passo é a realização de medições do nível de pressão sonora tomando medidas discretas em intervalos de 5°.

Desta forma a ABNT NBR ISO 16283-1 estabelece os tipos de equipamento que devem ser utilizados para uma medição conforme os critérios estabelecidos, que são: Medidor integrador de nível sonoro (sonômetro) NTi – XL2, cápsula NTi – MC230, pré-amplificador NTi – MA220, amplificador de áudio QSC – GX5, fonte sonora dodecaédrica, gerador de sinais NTi – Minirator MRPRO, termo-higro-anemômetro Akrom – KR825 e demais equipamentos como cabos, tripés e conectores. Realizando os testes com os equipamentos necessários é possível chegar ao resultado desejado.

A NBR 15575 (2013) estabelece o critério mínimo para salas de aula ao qual foram adquiridos com êxito, através das medições realizadas pelos autores. No entanto, apresentamos a seguir os critérios estabelecidos pela norma em questão para isolamento sonoro em sala de aula. Como mostra a tabela 8.

Tabela 8: critério mínimo de desempenho em salas de aula

Finalidade de uso	Mínimo	Intermediário	Superior
Sala de aula	30 dB	35dB	40dB

Fonte: ABNT NBR 10152 (2017)

Na realização dos ensaios adquirimos os seguintes resultados como mostra a figura 9.

Tabela 9: Resultados obtidos no ensaio *in loco*.

Sala de aula ambiente interno (bloco de concreto 14x19x39cm) (Dnt dB)	Sala de aula ambiente externo (bloco de concreto 14x19x39cm) (Dnt dB)
37,8	58
36,5	47,5
36,1	52.1
40,8	39.5
41,5	46.8

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a análise dos resultados em questão concluímos que alcançamos os resultados desejados conforme critério mínimo estabelecido pela ABNT NBR 15575, 2013. No entanto, a obra em estudo atende aos critérios mínimos de desempenho em salas de aula sendo classificada dentro dos parâmetros intermediários.

5 CONCLUSÕES

A norma de desempenho é de suma importância para realização de construções habitacionais, é por meio dela que é estabelecido critérios para o que o ambiente habitacional possa fornecer o maior conforto e segurança para seus ocupantes, os construtores que não cumpre com as exigências da norma podem sofrer consequências como processos judiciais por danos morais até mesmo a desistência do cliente para adquirir o imóvel, mas estas aplicações se enquadram para projetos executados a partir de julho de 2013. A ABNT NBR 15575, 2013 é caracterizada como um divisor de águas pois ela exige que as construtoras realizem seus empreendimentos conforme os padrões mínimos de qualidade. Em análise sobre o assunto em estudo selecionamos dentro do item habitabilidade o isolamento acústico das habitações aplicado em uma construção de alvenaria de bloco de concreto em atendimento a ABNT NBR 15575, 2013.

A norma em questão entrou em vigor no ano de 2013, ela é a primeira norma brasileira que interliga qualidade dos produtos com o resultado para satisfação do cliente, nos traz também instruções claras sobre como avaliar se suas exigências estão sendo devidamente cumpridas. No entanto, a norma de desempenho veio para mudar o setor da construção civil de forma a trazer mais exigência para os construtores e seus fornecedores e ao mesmo tempo um conforto seja ele acústico, luminotécnico e térmico, para seus ocupantes. Anteriormente quando a norma de desempenho ainda não existia adotavam as normas prescritivas que traziam algumas orientações para a construção civil, por isso hoje a norma em questão é uma quebra de paradigma para o nosso mercado da construção civil.

Desta forma após análise feita referente a norma e seus parâmetros, concluímos que alcançamos o resultado desejado para atendimento a ABNT NBR 15575, 2013 dentro da sala de aula em estudo, ela atende as especificações estabelecidas pela norma de desempenho conforme resultados obtidos anteriormente. Para realizar a comparação é necessário trazer os dados obtidos pelos autores para análise do mesmo. A norma estabelece para sala de aula o critério mínimo de 30dB, adquiridos no ambiente interno uma média de 38,34dB e para o ambiente externo 48,78dB, como pode ser observado foi concluído devidamente o critério mínimo estabelecido pela ABNT NBR 15575, 2013.

Um ponto importante sobre o assunto em estudo é que no mercado da construção civil nos dias de hoje já pode ser encontrado por meio de fornecedores blocos que são produzidos para atender ao critério mínimo de desempenho, trazendo então uma segurança maior para os construtores pois estes blocos já são fornecidos com os laudos técnicos dos ensaios conforme especificações da norma sem que tenha problemas futuros com isolamento acústico nas edificações. No entanto, se inteirar no meio destas novas tecnologias é de suma importância para os construtores

que precisam construir de acordo com os parâmetros exigidos na norma de desempenho, evitando ações judiciais futuros.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos em especial nossos pais, pelo apoio e incentivo ao longo de todo processo da graduação, agradecemos também a todos os professores que passaram pelo nosso caminho ao longo de todo curso pois foi por meio deles que adquirimos conhecimento para dar início a uma carreira profissional de excelência.

7 REFERÊNCIAS

ABCP, Manual de desempenho; guia para atendimento a norma ABNT 15575; alvenaria com bloco de concreto, São Paulo, 2020.

APPOLINÁRIO, F. Metodologia da Ciência: filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10151**: - acústica - medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10152**: - acústica - níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1**: edificações habitacionais - desempenho - parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-4**: edificações habitacionais – desempenho - parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas -SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15691-1**: alvenaria estrutural bloco de concreto – São Paulo, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6136**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 16283-1**: acústica - medições de campo de isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações - parte 1: isolamento a ruído aéreo. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BRUYNE, P.; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. **Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: os polos da prática metodológica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

DUARTE, E. **Estudo do isolamento acústico das paredes de vedação da moradia brasileira ao longo de sua história**. Orientador: Elvira Barros Viveiros da Silva. 2005. 99 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102115>. Acesso em: 30 out. 2022.

FIA, XII Congresso/Congresso Iberoamericano de acústica: **Validação da direcionalidade de fonte sonora para medições de desempenho acústico**, Florianópolis, 2020

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LACERDA, B. M.; PEREIRA, A. G. Análise comparativa de sistema dm alvenaria de bloco cerâmico x bloco vazado de concreto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, n° 3, 2017.

LUCA, C. R. **Desempenho acústico em sistemas drywall**. 2. Ed., Associação Brasileira de Drywall, 2013.

NUNES, E. T. **Gesso acartonado**: diretrizes para execução de divisórias internas de acordo com a NBR 15.758- 1:2009. Orientador: Ruy Alberto Cremonini. 2015. 102 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/138353>. Acesso em: 10 nov. 2022.

OLIVEIRA, L. A.; EMANOEL DE SOUSA, D.; ESTEVES, L. M.; CURISALLE, P.; SILVA, R.; SANTOS, R. A. Desempenho acústico de paredes de alvenarias de blocos de concreto utilizadas entre unidades adjacentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022.

OTHERPRAN, Blocos e pisos intertravados de concreto; bloco oterprem acústico, São Paulo, 2020.

PIERRARD, J. F.; AKKERMAN, D. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho**. RUSH Gráfica e Impressora Ltda. 2013.

PRO ACÚSTICA, Manual Pro Acústica para Classe de Ruído das Edificações Habitacionais; Associação Brasileira para a Qualidade Acústica, São Paulo, 2017.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. In: RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. **Metodologia da pesquisa aplicável às ciências**. São Paulo: Atlas, p. 76-97, 2006.

SALVADOR FILHO, J. A. A. **Blocos de Concreto para Alvenaria em construções Industrializadas**. São Carlos, 2007.

SINDUSCON, **Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de Minas Gerais - Acústica de Edificações: Conceitos e Aplicações da Norma de Desempenho NBR-15.575**, Belo Horizonte, 2015

FLEURY, T.; WERLANG, S.R. C. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. GV Pesquisa – Anuário de Pesquisa 2016-2017, São Paulo, n. 5, p. 10-15, 2017. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/apgvpesquisa/article/view/72796>>. Acesso em: 18 fev. 2019.