

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUIZ AUGUSTO MEGA BISSOLI

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE ALVENARIA
CONVENCIONAL E LIGHT STEEL FRAMING EM RELAÇÃO AO
CONFORTO ACÚSTICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO - PR

2018

LUIZ AUGUSTO MEGA BISSOLI

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE ALVENARIA
CONVENCIONAL E LIGHT STEEL FRAMING EM RELAÇÃO AO
CONFORTO ACÚSTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Silmara Dias Feiber

TOLEDO - PR

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 168

Análise comparativa entre os métodos de Alvenaria Convencional e *Light Steel Framing* em relação ao conforto acústico

por

Luiz Augusto Mega Bissoli

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 14:40h do dia **07 de novembro de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Profº Dr. Fúlvio Natércio Feiber
(UTFPR – TD)

Profº Dr. Édi Carlo Waldrich
(UNIVEL)

Profª Drª. Silmara Dias Feiber
(UTFPR – TD)
(Orientadora)

Visto da Coordenação
Profº. Dr Fúlvio Natércio Feiber
Coordenador do COECI

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Pai celestial, aquele que me deu o dom da vida e me proporcionou tudo para que eu pudesse chegar aqui.

Aos meus pais pelo amor, incentivo e apoio incondicional nos momentos de alegria e também nos de maior necessidade.

À minha orientadora e membros da banca examinadora pela atenção, ensinamentos e todo apoio destinado para a conclusão deste trabalho.

Aos professores da Universidade Tecnológica do Paraná por todo ensinamento durante o período acadêmico.

Aos amigos que sempre acreditaram em meu potencial e estiveram ao meu lado, mesmo os que estão a quilômetros distância.

“Gratidão por tudo que somos, por tudo que temos, por todos que nos amam e por todos que nos são queridos”

Romara Magalhães

RESUMO

Bissoli, Luiz A. M. Análise comparativa entre os métodos de alvenaria convencional e *light steel framing* em relação ao conforto acústico. 2018. 80 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Diante do atual desenvolvimento do ramo da construção civil, a implantação e inclusão de métodos construtivos mais eficientes para que haja um aumento da produtividade, qualidade e velocidade de execução se torna cada vez mais necessário. Uma das possíveis soluções para essa evolução, é o emprego do *Light Steel Framing* como um método construtivo alternativo, o qual pode trazer benefícios ambientais e até mesmo financeiros. Apesar do Brasil ser um grande produtor de aço, o sistema construtivo ainda predominante é a de edificações com estruturas de concreto armado com vedações verticais em alvenarias de blocos cerâmicos. Sendo assim o presente trabalho tem como finalidade avaliar e trazer resultados comparativos sobre o isolamento acústico entre os métodos construtivos de vedações verticais em Alvenaria de blocos cerâmicos e o *light steel framing*, avaliando assim se o método alternativo em estudo apresenta características iguais ou superiores ao método construtivo predominante atual.

Palavras-chave: Alvenaria convencional, *Light Steel Framing*, Isolamento Acústico, Conforto acústico

ABSTRACT

Bissoli, Luiz A. M. Comparative analysis between conventional masonry methods and light steel framing in relation to acoustic comfort. 2018. 80 f. Monography (Undergraduate Degree in Civil Engineering) – Federal Technological University of Paraná. Toledo, 2018.

In view of the current development of the construction industry, the implementation and inclusion of more efficient construction methods to increase productivity, quality and speed of execution is becoming more and more necessary. One of the possible solutions to this evolution is the use of Light Steel Framing as an alternative constructive method, which can bring environmental and even financial benefits. Although Brazil is a major producer of steel, the construction system still predominant is that of buildings with reinforced concrete structures with vertical fences in masonry of ceramic blocks. Therefore, the present work has the purpose of evaluating and comparing results on the acoustic insulation between the constructive methods of vertical fences in masonry of ceramic blocks and light steel framing, thus evaluating if the alternative method under study presents characteristics equal to or greater than the method constructive current.

Keywords: Conventional Masonry, Light Steel Framing, Acoustic Insulation, Acoustic Comfort

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Propagação sonora.....	28
Figura 2 – Reflexão sonora	29
Figura 3 - Tipos de absorção sonora.....	30
Figura 4 - Difração de ondas.....	31
Figura 5 - Espaço acústico aberto.....	32
Figura 6 - Espaço acústico fechado semi-reverberante	32
Figura 7– Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos	35
Figura 8– Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal e vertical.....	37
Figura 9 – Perfis utilizados em LSF.....	42
Figura 10 – Estrutura de painel em LSF.....	43
Figura 11 – Modelo contraventamento em LSF	44
Figura 12– Fechamento em placas de gesso acartonado.....	45
Figura 13 – Fechamento em placas cimentícias	46
Figura 14 – Fechamento em placas OSB	47
Figura 15 – Preenchimento do painel em LSF com lã mineral	48
Figura 16 – Alto falante JBL Charge 3	50
Figura 17 – Aplicativo de som contínuo	51
Figura 18- Decibelímetro <i>Highmed</i> HM-850.....	52
Figura 19 – Residência em <i>Light Steel Framing</i>	54
Figura 20 – Corte em camadas <i>Light Steel Framing</i>	55
Figura 21 – Garagem externa ao hall.....	56
Figura 22 – Parte interna do <i>hall</i>	57
Figura 23 – Corredor externo ao quarto	58
Figura 24 – Parte interna do quarto.....	59
Figura 25 – Banheiro de divisa com o quarto.....	60
Figura 26 – Corredor externo ao quarto com porta de vidro de correr	61
Figura 27 – Parte interna da porta de vidro de correr.....	62
Figura 28 – Residência em alvenaria convencional	63
Figura 29 – Corte em camadas alvenaria convencional.....	63
Figura 30 – Parte da externa da sala de estar	64
Figura 31 – Parede interna da sala de estar	65

Figura 32 – Parede da garagem.....	66
Figura 33 – Corredor interno	66
Figura 34 – Parte interna do banheiro.....	67
Figura 35 – Parede interna do quarto adjacente ao banheiro	68
Figura 36 – Vista da parte externa da porta de vidro	69
Figura 37 – Parede interna da porta de vidro	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Paisagem Sonora Urbana	21
Quadro 2 - Níveis de pressão sonora.....	24
Quadro 3 – Dimensões de blocos cerâmicos	38
Quadro 4 – Tipos de argamassa	40
Quadro 5 – Comparação de vedações com abertura simples.....	72
Quadro 6 – Comparação de vedações sem abertura.....	72
Quadro 7 – Comparação de vedações entre banheiros e quartos	73
Quadro 8 – Comparações de vedações com porta de vidro de correr	74
Quadro 9 - Comparativo geral de desempenho	75

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivos geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
2 CONFORTO AMBIENTAL NAS EDIFICAÇÕES	17
2.1 CONFORTO ACÚSTICO.....	18
2.1.1 Legislação.....	19
2.1.2 Desenvolvimento acústico urbano.....	20
2.2 NOÇÕES DE SOM.....	21
2.2.1 Amplitude, comprimento de onda e frequência.....	22
2.2.2 Níveis sonoros.....	22
2.3 ISOLAMENTO ACÚSTICO.....	26
2.3.1 Fonte sonora.....	27
2.3.2 Propagação sonora.....	27
2.3.2.1 Reflexão	28
2.3.2.2 Absorção	29
2.3.2.3 Difração	30
2.3.3 Campo acústico.....	31
3 SISTEMAS CONSTRUTIVOS	34
3.1 VEDAÇÕES VERTICAIS EM ALVENARIA CONVENCIONAL.....	34
3.1.1 Alvenaria de vedação.....	35
3.1.1.1 Blocos cerâmicos	36
3.1.1.2 Argamassa	39
3.2 VEDAÇÕES VERTICAIS EM <i>LIGHT STEEL FRAMING</i>	40

3.2.1 Componentes do sistema.....	41
3.2.1.1 Perfis	41
3.2.1.2 Paineis.....	42
3.2.1.3 Contraventamento	43
3.2.2 Componentes de fechamento.....	44
3.2.2.1 Placas de gesso acartonado	44
3.2.2.2 Placas cimentícias	45
3.2.2.3 Painéis OSB	46
3.2.3 Isolantes térmico e acústico	47
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
4.1 TIPO DO EXPERIMENTO.....	49
4.2 OBJETO DE ESTUDO.....	49
4.3 MATERIAIS UTILIZADOS.....	50
4.4 METODOLOGIA UTILIZADA.....	52
4.5 COLETA DE DADOS.....	53
4.5.1 Edificação em Light Steel Framing.....	54
4.5.1.1 Vedação vertical com abertura simples (porta/janela).....	56
4.5.1.2 Vedação vertical sem abertura	57
4.5.1.3 Vedação vertical de divisa entre quarto e banheiro	59
4.5.1.4 Vedação vertical com porta de vidro de correr	60
4.5.2 Edificação em Alvenaria Convencional.....	62
4.5.2.1 Vedação vertical com abertura simples (porta/janela).....	64
4.5.2.2 Vedação vertical sem abertura	65
4.5.2.3 Vedação vertical de divisa entre quarto e banheiro.....	67
4.5.2.4 Vedação vertical com porta de vidro de correr	68
5 RESULTADOS.....	71
5.1 VEDAÇÃO VERTICAL COM ABERTURA SIMPLES (PORTA/JANELA).....	71

5.2 VEDAÇÃO VERTICAL SEM ABERTURA.....	72
5.3 VEDAÇÃO VERTICAL DE DIVISA ENTRE QUARTO E BANHEIRO.....	73
5.4 VEDAÇÃO VERTICAL COM PORTA DE VIDRO DE CORRER.....	74
5.5 COMPARATIVO GERAL.....	75
6 CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do desenvolvimento da área de construção civil são gerados impactos na vida urbana por meio da implantação das edificações e de seu decorrente uso cotidiano. Seja a nível nacional ou internacional, os profissionais têm-se obrigado, assim como as empresas e pesquisadores, a buscarem potencializar novas tecnologias que favoreçam a qualidade das etapas de obra e projeto bem como atender a demanda por maior carga de conforto ambiental interno. Procura-se de forma incisiva uma evolução na velocidade de execução, na durabilidade da obra, não deixando de pensar na sustentabilidade e no conforto termo acústico da obra.

Um fator a ser destacado em relação ao desempenho das edificações, um aspecto que passa a ter grande importância no ramo da construção civil, é o sistema de vedação nas edificações. Com o aumento da temperatura no ambiente urbano devido ao aquecimento global bem como a perturbação interna nas residências devido à presença da poluição sonora nos grandes centros, surge a dúvida e receio da população em adotar ou mesmo recomendar métodos construtivos alternativos como o tratado por este estudo: *Light Steel Framing*. Embora este já seja explorado por outros países como Estado Unidos e Canadá e possa ofertar maior desempenho em relação ao conforto interno das edificações.

Atualmente, no Brasil, o sistema de construção mais utilizada nas vedações verticais é a alvenaria convencional em blocos cerâmicos, sistema desenvolvido de forma ainda bastante artesanal. A intensa utilização deste tipo de vedação é devido à facilidade de produção e pela vasta quantidade de matéria prima existente para a fabricação desse tipo de bloco, a qual é realizada pela queima de argila (NASCIMENTO, 2004). Levando em consideração a necessidade de busca de novas tecnologias, percebe-se que fora do país já se utilizam métodos construtivos diversos, dentre eles, painéis metálicos, sistemas de vedação com vidros, painéis pré-fabricados de concreto e o método que mais se destaca no exterior é o que utiliza estruturas leves de aço, também conhecido mundialmente como *Light Steel Framing* (MEDEIROS et al., 2014).

Santiago et al. (2012) caracteriza o *Light Steel Framing* como um sistema relativamente novo na construção civil. De caráter industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução e que tem por principal

característica uma estrutura construída por perfis formados a frio de aço galvanizado. Estes são utilizados para composição de painéis estruturais e não estruturais, viga secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes.

Nos sistemas de fechamento em edificações de LSF, sigla que será adotada na pesquisa para o Sistema *Light Steel Framing*, os componentes de vedação utilizados e fornecidos no Brasil são chapas de espessuras variadas, de baixo peso próprio e industrializadas para proporcionar uma obra seca, reduzindo ou até evitando o uso de argamassas em algumas etapas. São colocadas externamente à estrutura e que, juntamente com o sistema, formam as vedações internas e externas da edificação (CRASTO, 2005).

No ano de 2013, ao entrar em vigor a norma de Desempenho de Edificações (NBR 15575) com atualizações importantíssimas para garantir a qualidade e a segurança das obras e edificações, são estabelecidos alguns critérios de conforto e qualidade em cada sistema que compõem a edificação: estrutura, vedações, pisos, instalações e cobertura, sendo eles essenciais para a elaboração de projetos. Assim, após a organização da Norma Técnica, a construção civil acaba por ganhar maior respaldo em suas ações diante da qualidade de novos sistemas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Porém, embora haja inúmeras vantagens já provadas a partir de testes em adotar o sistema *Light Steel Framing*, sendo que muitas das quais já atendem a NBR 15575, ainda existe uma resistência tanto dos profissionais da área quanto da população em fazer o uso deste sistema. Neste contexto a pesquisa se propõe a discutir a qualidade deste sistema que cresce aos poucos no Brasil. De forma específica pretende apresentar e compreender o sistema, suas particularidades e especificações e, após o resgate geral, poder comparar o sistema de vedação vertical de alvenaria convencional em blocos cerâmicos com o sistema de vedação vertical em *Light Steel Framing* em relação ao conforto acústico.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com o agravamento do aquecimento global, a escassez de recursos e a crise energética, o uso de materiais e sistemas alternativos e recicláveis na construção civil torna-se não só mais uma opção, mas uma obrigatoriedade, uma ação pautada na ética profissional. Caso se continue a ignorar estes fatos e não forem tomadas

medidas eficientes, o planeta Terra correrá sérios riscos de entrar em colapso, e quem sofrerá as consequências será a própria comunidade no âmbito não mais local ou regional e sim a esfera global.

Segundo Farias (2013), o setor da construção civil apresenta 8% do PIB brasileiro e tem procurado atuar de forma consciente procurando métodos alternativos industrializados que venham substituir os métodos tradicionais, minimizando perdas de todos os tipos e não esquecendo de preservar o meio ambiente. Diante desta preocupação e, considerando essa fase de crescente busca por métodos ecológicos, o LSF apresenta uma boa solução frente às necessidades da construção que são basicamente a redução de custos, prazos, bem como o uso racional dos materiais.

O Brasil hoje é considerado como um dos maiores produtores de aço a nível mundial e, apesar deste potencial, a indústria e a população ainda não o utilizam completamente devido à falta de conhecimento do potencial do produto aplicado à construção civil (HASS et al., 2011). Embora se tenha esta vantagem apresentada pelo potencial de produção de aço no país, o LSF ainda não é explorado de forma incisiva. O sistema chegou ao Brasil na década de 90 e dentre as características que esse método possui, deve-se ressaltar que possui várias vantagens frente a métodos convencionais, tais como: velocidade na execução da obra, economia de material, construção parcialmente ou totalmente a seco e melhor desempenho termo acústico (FARIAS, 2013).

Partindo deste princípio de que o sistema LSF possui potencial em relação à sua contribuição ao campo da construção civil atendendo a demanda pela modernização dos processos construtivos e, sendo um fator necessário no processo de desenvolvimento econômico e social do país o trabalho pretende realizar uma comparação entre o sistema *Light Steel Framing* e a Alvenaria Convencional. Esta comparação terá como foco o conforto acústico da edificação a fim de divulgar e impulsionar esse novo sistema nos processos de Industrialização da Construção Civil.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos desta pesquisa que possui como foco o estudo prático da eficiência da edificação em relação ao conforto acústico estão dispostos nos itens a seguir:

1.2.1 Objetivos geral

Esse trabalho tem por objetivo principal coletar e comparar dados referentes ao isolamento acústico entre o sistema *Light Steel Framing* em relação ao sistema convencional de alvenaria em blocos cerâmicos.

1.2.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral proposto, foram definidos como objetivos específicos:

- Contextualizar os aspectos relativos ao Conforto Ambiental interno das edificações e sua relação com a atual problemática ambiental urbana;
- Definir o conforto acústico, suas especificidades e o papel das vedações como agentes capazes de minimizar ruídos;
- Apresentar as características construtivas no uso de blocos cerâmicos em alvenaria convencional;
- Apresentar as características construtivas em LSF;
- Escolher duas edificações com padrões de acabamento semelhantes para a análise;
- Coletar e comparar os dados de isolamento acústico de ambos os sistemas;
- Avaliar o sistema construtivo de maior eficiência em relação ao conforto acústico.

2 CONFORTO AMBIENTAL NAS EDIFICAÇÕES

Diante da atual problemática ambiental urbana, é importante que se preze pela qualidade das intervenções promovendo obras que atendam à demanda social sem que esta acarrete ao “sítio de implantação” e danos ambientais durante e após sua conclusão. O conjunto de informações e análises do local inicial do terreno permite organizar um diagnóstico a fim de identificar características que poderão ser afetadas, as quais, permitindo assim registrar os efeitos decorrentes da construção, tanto internos quanto externos ao meio ambiente.

A maioria dos municípios brasileiros já dispõem de códigos de edificações e/ou posturas que determinam limitações à implantação de suas edificações, sendo elas: as normais gerais da construção (delimitam dimensões e áreas mínimas, pé-direito, tamanho de aberturas, etc.), aos índices urbanísticos (delimita os afastamentos, número de pavimentos, etc.) e especialmente às posturas municipais que responsabilizam pela apropriação dos espaços públicos (praças, áreas verdes, calçadas, etc.). Todas essas normas trabalham juntas para uma melhor interação que inicia na fase do projeto, estende-se à obra e resulta no conforto ambiental da própria cidade.

Lamberts *et al.* (2014) descrevem conforto ambiental como um conjunto de condições ambientais que permitem o ser humano sentir bem-estar térmico, visual, acústico e antropométrico, além de garantir a qualidade do ar e o conforto olfativo. Estes fatores são alcançados por meio de propostas projetuais embasadas por ações técnicas e éticas diante da produção arquitetônica de qualidade.

Apesar do ambiente urbano ser distinto ao longo de toda e qualquer região do planeta, com diversidade climática e conseqüente diversidade de paisagens, o ser humano é parecido independente de raça ou local que habite. Para se adaptar ao meio diante de diferentes condições ambientais, o ser humano se utiliza de mecanismos culturais, arquitetônicos e tecnológicos que proporcionem de forma efetiva o equilíbrio necessário do ambiente interno das edificações em relação ao conforto ambiental.

Sendo assim, diante dos parâmetros de conforto ambiental interno das edificações – térmico, lumínico, acústico e olfativo – a presente pesquisa concentra o

foco de investigação na finalidade de aprofundar o estudo em relação específica ao conforto acústico das edificações.

2.1 CONFORTO ACÚSTICO

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o ruído hoje está entre os três maiores causadores de poluição no planeta, perdendo apenas para o ar e a água. Seguindo esta afirmação, a OMS decreta que a poluição sonora atualmente se torna um problema de saúde pública.

Davi Akkerman, presidente da ProAcústica (Associação Brasileira para a Qualidade Acústica), afirma que a poluição sonora ocorre quando há, em determinado ambiente, a alteração da condição normal de audição. Existem limites em que a audição humana possui para que os ruídos não causem prejuízos ao sistema auditivo, entretanto, esses limites não são respeitados em todos os lugares, fato que justifica o aparecimento de problemas tanto em curto, quanto a médio e longo prazo na capacidade auditiva humana (SUMMA+, 2012).

Numa interpretação coloquial o conforto acústico de uma edificação traduz-se diante da não observância de interferências sonoras externas, seja de ambientes e/ou obras vizinhas ou mesmo do espaço público urbano de ruas e calçadas. Ou seja, quando o indivíduo estiver presente num ambiente interno da edificação este não deverá ser capaz de detectar sons de conversas, ruídos e outras expressões advindas de ambientes contíguos.

Em ambientes comerciais como salas de reunião e em auditórios, esse isolamento se torna imprescindível para que a privacidade das conversas seja mantida ou o perfeito entendimento das apresentações. Uma opção de obtenção desse conforto acústico é através do uso de paredes, pisos e tetos adequados ao ambiente, não deixando de considerar a importância da vedação de vãos, portas e janelas. Sem uma perfeita vedação de todos locais em que possam penetrar algum ruído, todo o trabalho e custo com a obra tornam-se insuficientes para um bom conforto acústico interno. Este processo se dá por meio do projeto de acústica, especialidade do projeto de arquitetura realizado por profissional capacitado e inserido no corpo do projeto como um dos projetos complementares no caso de edificações em que a demanda por uma eficiência acústica de ponta seja solicitada como a exemplo as casas de espetáculo, teatros e auditórios.

Uma boa vedação hoje já não é mais considerada como luxo, mas sim como necessidade, pois ela garante privacidade, saúde e qualidade de vida. E, levando em consideração as possibilidades oferecidas pelo nível de tecnologia que o ser humano possui nos dias de hoje, seria um equívoco dizer que investir em conforto acústico resultaria em um aumento significativo de custo (PAIXÃO, 1997).

A preocupação com a acústica em um ambiente significa proporcionar a ele boas condições de audibilidade e bloquear ruídos externos e internos preservando a qualidade ambiental interna e, em decorrência a saúde humana (SOUZA, 2006).

2.1.1 Legislação

Analisando a legislação a nível nacional e internacional, esta possui como objetivo estudar e contemplar, através de normas, o conforto e a segurança do ser humano. Também estabelecem níveis de ruídos aceitáveis para vários tipos de emissores (carros, pessoas, equipamentos, indústrias, residenciais, etc.) e também definem métodos de proteção. Essas normas que estudam, determinam e estabelecem padrões de conforto acústico são aplicadas muitas vezes de forma irresponsável, pois apesar de sua obrigatoriedade, elas não são empregadas como um todo e não há punições para os que não as praticam.

No âmbito da legislação nacional o controle do conforto acústico relacionado ao ruído é determinado pela Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A Resolução CONAMA nº 1, de 8 de março de 1990, publicada no Diário Oficial da União (DOU) nº63, de 2 de abril de 1990, Seção 1, página 6408, dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos (CONAMA, 1990).

Cabe também considerar os critérios e diretrizes das normas da ABNT, sendo elas, a NBR 10151, que avalia o ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,2000). E a NBR 10152 que estabelece níveis de ruído para o conforto acústico (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,1987).

Outro fator que, apesar de não ter obtido o sucesso esperado, foi a instituição do Programa “Silêncio”, ou Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora pela Resolução CONAMA nº 2, de 8 de março de 1990. Programa que tinha como objetivo geral difundir noções sobre poluição sonora, efeitos causados por excesso de ruídos, incentivar a fabricação e uso de máquinas com menores

intensidades de ruídos, capacitar a polícia civil e militar para receber denúncias e combater a poluição sonora e por fim estabelecer convênios com órgãos que contribuíssem com o Programa “Silêncio” (CONAMA, 1990).

Quatro anos após a instituição do Programa “Silêncio”, no dia 07 de dezembro de 1994 com a aprovação da resolução CONAMA nº 20, foi instituído o “selo ruído”, selos que eram fornecidos por laboratórios credenciados pelo INMETRO, como forma de controlar o nível de potência sonora emitido por eletrodomésticos que emitiam ruídos em seu funcionamento. Além deste projeto de controle de potência de ruídos em eletrodomésticos, também foram criados em seguida critérios para controle de ruídos em automóveis, leis que tratam da influência do ruído sobre o trabalhador, entre outros programas que surgiram com o objetivo de conscientizar a população em se preocupar mais com a com a qualidade de vida, com a segurança em relação à emissão excessiva de ruídos e a preocupação com o conforto acústico (PAIXÃO, 2002).

2.1.2 Desenvolvimento acústico urbano

A partir do final do século XVIII, período de intensas transformações nos modos de vida da sociedade e com reflexo na paisagem urbana, em especial acarretou alterações também na esfera sonora do ambiente representada no quadro 1. Esta alteração se deu quando foram introduzidas novas fontes sonoras, meios de transporte e produção, resultantes dos adensamentos nos núcleos fabris. Período também demarcado pelo fim da Revolução Industrial, em que os sons mecânicos abafaram os sons humanos quanto os naturais (SHAFER, 1991).

Quadro 1 - Paisagem Sonora Urbana

	Sons naturais	Sons humanos	Sons de utensílios e tecnologia
Culturas Primitivas	69%	26%	5%
Culturas Medieval, Renascentista e Pré-Industrial	34%	53%	14%
Culturas Pós-Industriais	9%	25%	66%
Hoje	6%	26%	68%

Fonte: SHAFER, 1991

Os ruídos de tráfego e construção civil são considerados os mais desagradáveis, pois convivemos com eles diariamente dentro das cidades. Já os sons emitidos por atividades humanas são considerados neutros. Vale também lembrar que a idade interfere na avaliação da intensidade sonora, de modo em que as pessoas ao envelhecerem passam a preferir sons mais calmos, como relacionados à natureza, enquanto os jovens são mais resistentes e toleram os ruídos mais intensos (SHAFER, 1991).

2.2 NOÇÕES DE SOM

O som é o resultado de uma perturbação física ou de uma vibração provocada quando há uma variação de pressão. Ele propaga no ambiente pela vibração de partículas promovendo a mesma sensação no sistema auditivo (BISTAFA, 2011).

Essas vibrações necessitam de um meio material para se propagarem, ou seja, as partículas necessitam vibrar e conseqüentemente se espalharem. Por essa propriedade de propagação e pela direção da vibração e da propagação serem as mesmas, o som é definido como uma onda mecânica longitudinal (OGAWA, 2014).

2.2.1 Amplitude, comprimento de onda e frequência

As vibrações sonoras se propagam no ar devido a pequenas alterações na pressão atmosférica. E, ao sofrer essa vibração a partícula passa por compressões sucessivas causando um deslocamento em relação ao seu centro de equilíbrio e determinando a amplitude da onda (SOUZA, 2006).

O termo “comprimento de onda” (λ) é definido por Bistafa (2011) como a distância percorrida pela mesma, a partir de qualquer pressão, para que um ciclo completo de vibração se complete. Já considerando o número de vezes que uma partícula completa um desses ciclos de compressão e rarefação, em um determinado intervalo de tempo, é denominada frequência e medida em Hertz (Hz), representando o número de ciclos realizados por segundo (SOUZA, 2006).

O comprimento de onda e frequência se relacionam com a velocidade do som de forma que formam a equação 1 a seguir:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Onde:

λ = comprimento de onda (m);

c = velocidade do som (m/s);

f = frequência (c/s – ciclos por segundo ou em Hz)

Cabe considerar que os valores de faixa de frequências audíveis do ser humano se encontram entre 20 Hz e 20000 Hz.

2.2.2 Níveis sonoros

Segundo Carvalho (2009), existem três formas de se medir a quantidade de energia sonora: Potência, intensidade e pressão sonora que foram definidas por Niemeyer (2007) como sendo:

- Potência: quantidade de energia sonora liberada por uma fonte, por unidade de tempo. É medida em Watts (W);

- Intensidade: fluxo médio de energia sonora, por unidade de área. É medida em Watts por metro quadrado (W/m^2);
- Pressão sonora: variação da pressão do ar, em relação à pressão estática devido a uma perturbação acústica. Sua unidade de medida é o Pascal (Pa).

A unidade de escala decibel (dB) é a décima parte do Bel, unidade utilizada para exprimir a relação entre dois valores de potência, intensidade ou pressão sonora. Seus limites são compreendidos entre 0 a 130 dB que correspondem ao limiar de audibilidade e de dor humana, respectivamente (EGAN, 1984 *apud* NIEMEYER, 2007).

O nível de potência sonora (NWS) pode ser definido conforme Carvalho (2009) como a taxa de energia emitida pela fonte emissora conforme equação 2:

$$NWS = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0} \quad (2)$$

Onde:

NWS = nível de potência sonora (dB);

W = potência sonora da fonte (W);

W₀ = potência sonora de referência dada por 10^{12} Watts (W).

O nível de intensidade sonora (NIS) conceituado por Carvalho (2009) é a quantidade de energia sonora passando por uma unidade de área em uma direção específica e é definido pela equação 3:

$$NIS = 10 \cdot \log \frac{l}{l_0} \quad (3)$$

Onde:

NIS = nível de intensidade sonora (dB);

l = intensidade sonora da fonte (W/m^2);

l₀ = intensidade sonora de referência dada por 10^{12} Watts (W/m^2).

Por sua vez o nível de pressão sonora (NPS) é definido por Carvalho (2009) como sendo a quantidade de energia gerada pela fonte sonora que é responsável pela variação de velocidade das partículas no ar e é calculado pela equação 4:

$$NPS = 20. \log \frac{P}{P_0} \quad (4)$$

Onde:

NPS = nível de pressão sonora (dB);

P = pressão sonora da fonte (Pa);

P₀ = pressão sonora de referência dada por 2.10⁻⁵ Pascal (Pa).

Dentre os três tipos de energia sonora, segundo Carvalho (2009) o mais usual é o Nível de Pressão Sonora (NPS), pois há relação da resposta sonora do ambiente em relação à pressão sonora da fonte. A respeito desta consideração pode-se apresentar alguns exemplos de níveis de pressão sonora apresentados no quadro 2.

Quadro 2 - Níveis de pressão sonora

			continua
Sensação subjetiva de intensidade	Descrição	Pressão sonora (Pa)	Nível de pressão sonora (dB)
Estrondoso	Perigo de ruptura do tímpano	200	140
	Avião a jato a 1 m		
	Fogo de artilharia		
	Limiar da dor	63	130
Tambor de graves a 1m			
Avião a jato a 5m			

continuação

Sensação subjetiva de intensidade	Descrição	Pressão sonora (Pa)	Nível de pressão sonora (dB)
Muito barulhento	Limiar do desconforto auditivo	20	120
	Avião a pistão a 3m Broca Pneumática		
	Metrô Próximo a uma britadeira	6,3	110
Barulhento	Industria barulhenta Dentro de um avião	2	100
	Banda ou orquestra sinfônica Rua barulhenta	0,63	90
Moderado	Dentro de um automóvel em alta velocidade Escritório barulhento Aspirador de pó	0,2	80
	Rua de Barulho médio Pessoa falando a 1m	0,063	70
Tranquilo	Escritório de barulho médio Rádio com volume médio	0,02	60
	Restaurante tranquilo Escritório aberto (com tratamento acústico)	0,006	50
	Sala de aula (ideal) Escritório privado (ideal)	0,002	40

			conclusão
Sensação subjetiva de intensidade	Descrição	Pressão sonora (Pa)	Nível de pressão sonora (dB)
Silencioso	Teatro vazio Quarto de dormir	0,0006	30
	Movimento de folhagem Estúdio de rádio e TV	0,0002	40
Muito silencioso	Deserto ou região polar (sem vento) Respiração normal	0,00006	10
	Laboratório de acústica (câmara anecoica) Limiar da audição	0,00002	0

Fonte: BISTAFA, 2011

A partir dos conceitos de som apresentados, deve se preocupar com o ambiente em questão, pois, além de possuir leis e normas para se cumprir em relação à emissão do som e à qualidade do ambiente, todos devem estar cientes o quão é perigosa a exposição do sistema auditivo humano para altas pressões sonoras, as quais podem causar a perda total da audição a longo prazo.

2.3 ISOLAMENTO ACÚSTICO

Para que arquitetos, projetista e construtores obtenham técnicas em que favoreçam a construção, é de suma importância assegurar o isolamento acústico dos ambientes primando pela redução dos ruídos de impacto e equipamentos. O conforto acústico é influenciado e depende do local e da implantação do empreendimento. Na concepção de um empreendimento deve se considerar o isolamento acústico em relação aos ruídos do espaço exterior; isolamento acústico aos ruídos dos ambientes face aos ruídos interiores e qualidade acústica interna dos ambientes em função dos seus usos (SUMMA+, 2012).

O atendimento a estes fatores perpassa a compreensão de conceitos de fonte sonora e propagação sonora. O conhecimento do processo de propagação do som e suas especificidades são de fundamental importância para o atendimento e promoção

do conforto acústico em edificações. Sendo assim, a pesquisa segue com o detalhamento destes fatores.

2.3.1 Fonte sonora

A fonte sonora é o elemento de onde parte o som e pode ser considerada em diversas maneiras. Pode ser classificada em seu conforto (incômoda ou indiferente), pela mobilidade (fixa ou móvel), pela sua direção (direcional ou omnidirecional) e forma (pontual, linear) (NIEMEYER, 2007).

Um exemplo claro de fontes que podem ser classificadas pela mobilidade está presente em ambientes urbanos. Como exemplo de fontes fixas se enquadram as indústrias e construção civil que emitem ruído no local e fontes móveis podemos citar os veículos de modo geral.

Já em relação à classificação pela direção, uma fonte sonora é classificada como direcional quando a intensidade é maior em uma determinada direção e omnidirecional quando o som é emitido uniformemente em todas as direções.

Quanto à forma, deve se levar em consideração as dimensões tanto da fonte quanto do receptor. Se a fonte possuir dimensões insignificantes em relação à sua distância ao receptor, é classificada como pontual. É chamada de linear se as dimensões da fonte forem significativas em relação à distância entre o receptor e a fonte.

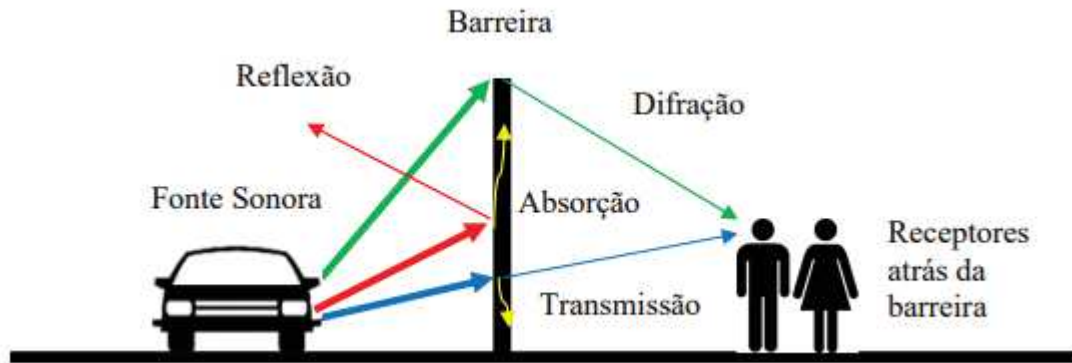
2.3.2 Propagação sonora

Para entender melhor sobre a propagação sonora o tópico irá fazer uma relação entre a mesma e o ambiente urbano que o ser humano convive todos os dias. Uma via de circulação urbana, por exemplo, é margeada por edifícios que determinam um ambiente acústico totalmente diferente de um campo em que o ambiente é aberto. O ruído percebido pelos pedestres e usuários do edifício dependem das características das superfícies refletoras, altura e distância entre os edifícios, revestimento, relevo, etc.

O ruído, ao encontrar obstáculos em seu caminho de propagação, pode sofrer alterações em sua energia (Figura 1). A energia sonora incidente pode ser: Refletida, voltando ao meio de incidência; absorvida ou dissipada pelo obstáculo, transmitida,

ao meio de propagação posterior ao obstáculo; ou até difratada, quando passa através de frestas e orifícios (NIEMEYER, 2007).

Figura 1 - Propagação sonora



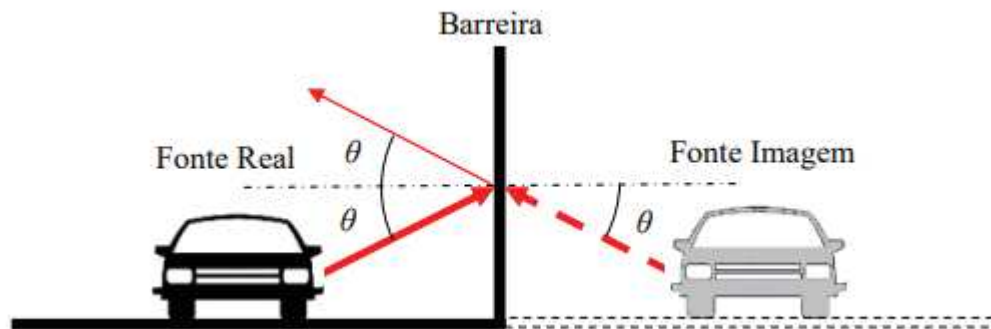
Fonte: PAZOS, 2015

A energia se distribui diferentemente para cada material que ela e incide, o que depende de características físicas e da geometria do mesmo.

2.3.2.1 Reflexão

O som ao incidir sobre uma superfície plana de uma barreira altamente refletora é refletido e desviado na direção especular à de incidência. Assim o som é idealizado como vindo de uma fonte imaginária simetricamente à fonte real com relação à superfície, ou seja, o seu ângulo de incidência é igual seu ângulo de reflexão. (Figura 2)

Figura 2 – Reflexão sonora



Fonte: PAZOS, 2015

Em outras palavras, a reflexão de uma onda sonora acontece quando ela choca com algum tipo de obstáculo e retorna para o seu meio de origem. Tal acontecimento pode dar origem a outros dois fenômenos, que são conhecidos como eco e reverberação. O eco acontece quando o som refletido retorna à fonte após o som original ser extinto totalmente. E na reverberação, o som emitido volta ao sistema auditivo antes da extinção do som original reforçando o som emitido (SILVA, 2018).

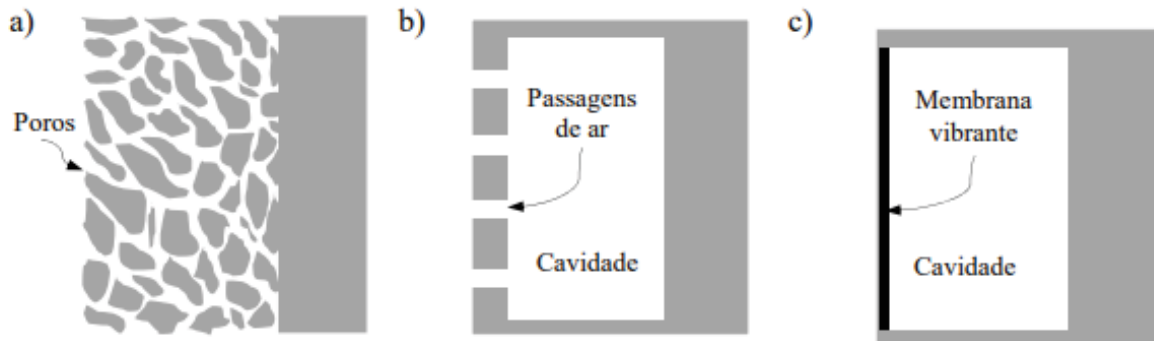
2.3.2.2 Absorção

Absorção sonora compreende quando parte da energia emitida é perdida no obstáculo em que as ondas se chocam. Em superfícies de barreiras ocorrem dois processos de absorção sonora: por porosidade e por ressonância.

A absorção porosa (Figura 3.a) se dá pela incidência do som sobre materiais porosos e fibrosos, permitindo a passagem do ar para sua parte interna. Durante essa propagação pelos poros, promove-se uma fricção do ar com a estrutura causando a perda de energia sonora sob forma de energia térmica.

Já a absorção por ressonância é feita por dispositivos conhecidos como ressoadores de *Helmholz* e absorvedores de membranas. No ressoador de *Helmholz* (Figura 3.b), são formados por cavidades abertas ao meio externo por pequenas passagens, ou no caso do absorvedor de membrana (Figura 3.c) por cavidades fechadas por uma membrana vibrante. Em ambos os casos, o elemento rigidez é o ar dentro da cavidade do dispositivo (PAZOS, 2015).

Figura 3 - Tipos de absorção sonora



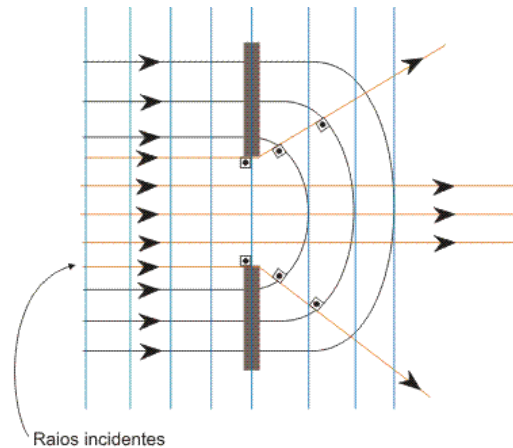
Fonte: PAZOS, 2015

A absorção sonora causa o agitamento das partículas do material levando transformação da energia sonora emitida em energia térmica (PAZOS, 2015).

2.3.2.3 Difração

A difração é o espalhamento ou desvio na direção de propagação das ondas ao atingirem um canto ou passagem por uma abertura de um anteparo. Este fenômeno prova que a generalização de que os raios de onda são sempre retilíneos é errado, já que parte que atinge a barreira é refletida, enquanto os raios que atingem a fenda passam por ela, mas nem sempre continuam em linha reta (Figura 4) (SÓ FÍSICA, 2008-2018).

Figura 4 - Difração de ondas



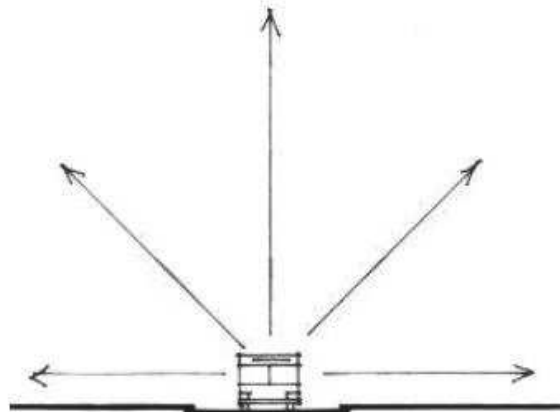
Fonte: SÓ FÍSICA, 2018

A difração é o fato que confirma que para se conseguir ouvir algum som não necessariamente precisa-se estar de frente do emissor, pois se houver alguma abertura em um obstáculo próximo, as ondas podem ser difratadas em sua direção.

2.3.3 Campo acústico

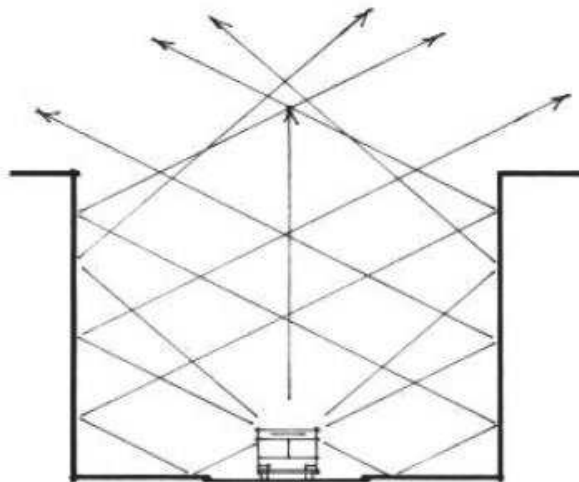
O campo acústico descrito de forma simples e fácil de se entender é a região do espaço onde ocorrem as vibrações. E podemos defini-lo das seguintes maneiras: Acústico aberto livre, fechado reverberante ou fechado semi-reverberante (NIEMEYER, 2007).

É determinado como campo aberto livre o local em que não há obstáculos de modifiquem o trajeto das ondas sonoras, e a título de simplificação, são todas as situações que envolvam poucas reflexões. A única coisa que afeta o nível sonoro que será percebido pelo receptor é a distância e a potência da fonte sonora (Figura 5).

Figura 5 - Espaço acústico aberto

Fonte: NIEMEYER, 2007

Já nos campos fechados, reverberante e no semi-reverberante, o nível sonoro não depende apenas da distância entre a fonte e o receptor, ele também é influenciado pela característica geométrica do meio de propagação e dos coeficientes de absorção dos materiais de revestimento das superfícies refletoras. A perda do nível sonoro acontece a cada reflexão, ou quando a onda sonora encontra um ângulo de escape para campo livre (Figura 6) (NIEMEYER, 2007).

Figura 6 - Espaço acústico fechado semi-reverberante

Fonte: NIEMEYER, 2007

O nível sonoro percebido por um receptor em um espaço acústico fechado sempre será maior ao do espaço aberto, fato resultante do somatório do som direto com suas inúmeras reflexões decorrentes da sua superfície de isolamento.

Tal definição de isolamento acústico leva a entender que há inúmeros fatores físicos que podem ou não interferir na propagação do som, os quais ajudam a entender e planejar o ambiente a partir das características de seu campo acústico.

3 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Quando se pretende investigar a questão do conforto acústico em edificações uma das ações fundamentais é o resgate sobre os sistemas construtivos. Os planos de vedação da edificação – piso, cobertura e paredes – possuem papel fundamental na propagação do som de acordo com suas especificidades. São estes elementos que potencializarão ou atuarão de forma a minimizar a propagação de ruídos entre ambiente interno e externo e mesmo nos espaços contíguos à edificação. Assim, desenvolve-se esta questão iniciando com o sistema de alvenaria convencional e após o *light steel framing*, perfazendo assim a base do estudo comparativo objeto desta pesquisa.

3.1 VEDAÇÕES VERTICAIS EM ALVENARIA CONVENCIONAL

A alvenaria de vedação é definida por Araújo (1995) como um conjunto de blocos artificiais ou componentes naturais, sistematicamente organizados, unidos por uma argamassa ou não, constituindo um maciço que deve apresentar resistência, durabilidade e impenetrabilidade.

Sendo responsável na produção de vários elementos construtivos, a alvenaria não necessariamente deve exercer função estrutural, ou seja, em determinadas edificações ela pode apenas apresentar função de vedação vertical.

O processo de execução da alvenaria, construídos pelo processo construtivo tradicional, necessita do uso essencial e intenso de mão de obra, baixa mecanização e apesar deste método sofrer melhorias e evoluções, ainda há grande desperdício de tempo, material e da própria mão de obra (SILVA, 2007).

O sistema construtivo mais utilizado no Brasil, apesar da inclusão de novas tecnologias, ainda é a que possui estrutura em concreto armado e vedações em alvenarias de componentes cerâmicos com revestimentos em argamassas (SABATINI, 2012).

3.1.1 Alvenaria de vedação

A função da alvenaria de vedação é delimitar ambientes preenchendo os vãos das estruturas em concreto armado devendo apenas suportar seu peso próprio e cargas de uso, como objetos que serão fixados na mesma (THOMAZ et al. 2009). Possuem também características essenciais para o conforto da obra como proteção, isolamento térmico, isolamento acústico, estética, solidez e praticidade de manutenção (CHING, 2001) (MARTINS, 2009).

Figura 7– Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos



Fonte: PEDREIRÃO, 2018

Para que todas essas funções e especificações sejam atendidas devemos salientar que há vários fatores que podem interferir neste processo. O principal fator é a qualidade do material empregado na obra, mas também podemos citar o transporte, armazenamento, mão de obra qualificada, que também são características que influenciam diretamente na qualidade e resultado final se não forem bem empregadas.

No que diz à qualidade do material, ou seja, aos blocos cerâmicos especificamente, eles correspondem a cerca de 85% a 95% do volume da alvenaria e é de suma importância que a possuam qualidade elevada pois são eles que definem

as principais características de desempenho, projeto e produção na execução deste tipo de alvenaria (SABATINI, 2012).

A mão de obra pode variar de baixa ou pouca até a alta qualificação, característica que interfere na qualidade e tempo de execução da alvenaria, podendo ou não ocasionar o desperdício de materiais e até a necessidade de refazer o trabalho concluído por não atender os critérios especificados pelo contratante. Para que não haja falhas ou a necessidade do retrabalho, é necessário um controle de execução de obra que evitam esse tipo de problema.

3.1.1.1 Blocos cerâmicos

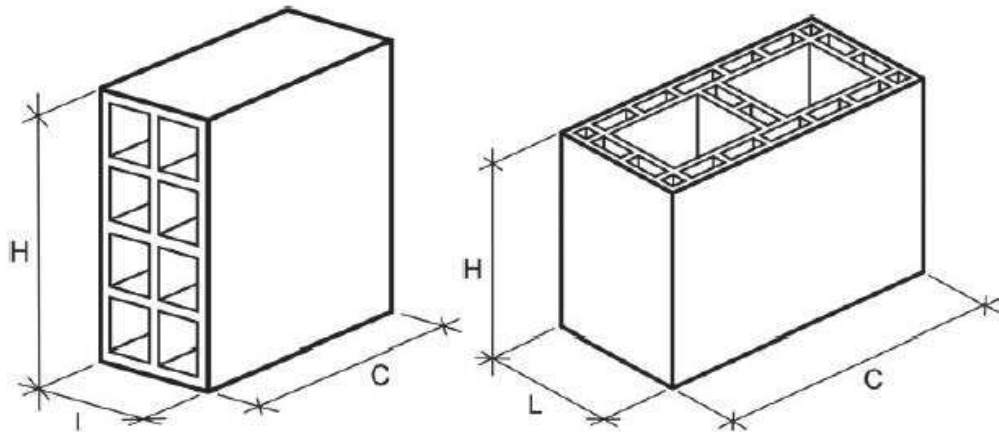
No que diz respeito à execução de alvenarias, têm-se vastas opções de elementos que podem ser utilizados para a execução de paredes, como: tijolos cerâmicos maciços, blocos cerâmicos, blocos de concreto, blocos de sílico-calcários, blocos de concreto celular, etc. (SALGADO, 2009).

Oriundos de argila, sua matéria prima, os blocos cerâmicos passam por um processo artesanal de queima com temperaturas que variam entre 900°C e 1100°C. São utilizados em alvenaria de vedação e possuem baixo custo devido sua baixa utilização de tecnologia (SALGADO, 2009).

A NBR 7171/92 é a norma que especifica os blocos cerâmicos para alvenaria. Ela o classifica segundo sua faixa de resistência e finalidade, em sete classes. Para os blocos cerâmicos de vedação e uso corrente, especifica que devem atender a uma classe de resistência mínima (Classe 10), que corresponde a uma resistência de compressão de 1,0 Megapascal (Mpa) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

Quanto às suas características geométricas, o bloco de vedação pode possuir furos tanto na horizontal quanto na vertical e deve possuir a forma de um prisma reto. Sendo sua geometria indicada segundo a figura 8.

Figura 8– Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal e vertical



Fonte: NBR 15270-1, ABNT (2005)

O bloco cerâmico de vedação, segundo a NBR 15270 – Componentes cerâmicos parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos (ABNT, 2005) deve ser fabricado por adequação plástica da matéria prima argilosa, com ou sem aditivos e queimados a elevadas temperaturas.

Devem conter, obrigatoriamente gravado em uma de suas faces, a identificação do seu fabricante. Esta identificação deve ser em baixo relevo ou reentrância e deve constar no mínimo a identificação da empresa, dimensões em centímetros, na sequência largura (L), altura (H) e comprimento (C), na forma (L x H x C). Para sua comercialização a unidade utilizada é o milheiro. O quadro a seguir apresenta as dimensões normalizadas (Quadro 3) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

Quadro 3 – Dimensões de blocos cerâmicos

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10cm	Dimensões de fabricação (cm)			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco principal	1/2 Bloco
(1) M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (2) M		14	19	9
(1) M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (1) M x (3) M			29	14
(1) M x (1) M x (4) M			39	19
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M		11,5	11,5	24
(5/4) M x (3/2) M x (5/2) M	14		24	11,5
(5/4) M x (2) M x (2) M	19		19	9
(5/4) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(5/4) M x (2) M x (3) M			29	14
(5/4) M x (2) M x (4) M	14	19	39	19
(3/2) M x (2) M x (2) M			19	9
(3/2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(3/2) M x (2) M x (3) M			29	14
(3/2) M x (2) M x (4) M			39	19
(2) M x (2) M x (2) M	19	19	19	9
(2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(2) M x (2) M x (3) M			29	14
(2) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/2) M x (5/2) M x (5/2) M	24	24	24	11,5
(5/2) M x (5/2) M x (3) M			29	14
(5/2) M x (5/2) M x (4) M			39	19

Fonte: NBR 15270-1, ABNT (2005)

A conformidade geométrica do bloco com as normas é de suma importância, pois poderá haver um acréscimo no custo do serviço e consumo de argamassa para o revestimento se o mesmo não estiver de acordo com as formas e dimensões padronizadas.

3.1.1.2 Argamassa

As argamassas são utilizadas em alvenarias de alicerces, chapiscos e nos revestimentos possuindo várias funções e composições. As argamassas de cal são utilizadas para assentamento de alvenarias de vedação e preparações da superfície como no reboco e emboço. Argamassas mistas são empregadas nas alvenarias estruturais ou de vedação, nos contrapisos, no assentamento de revestimento cerâmico em pisos ou paredes, no preparo de paredes e pisos para receberem revestimento cerâmicos aplicados com argamassa colante, e nos emboços de forros e paredes (FIORITO, 1994).

Em relação à sua produção, existem dois tipos: industrializadas e preparadas em obra. Na de caráter industrializado, o fornecedor deve entregar a construtora uma ficha técnica do sistema base/chapisco/argamassa, atendendo as solicitações do projetista e a especificações do projeto (CEOTTO, 2005).

Já a argamassa preparada em obra, é necessário fazer escolha dos fornecedores de insumos (areia, cimento e cal) bem como sua composição, responsabilidade pela qual o projetista deve participar visto que deve atender os parâmetros por ele especificados em projeto.

A NBR define o tipo de argamassa e seus materiais constituintes conforme o quadro 4 a seguir.

Quadro 4 – Tipos de argamassa

Tipo de Argamassa	Descrição e materiais constituintes
Preparada em obra	Medição e mistura em canteiros de obras de aglomerantes, areia e água, podendo conter aditivos ou adições para melhorias de suas propriedades.
Mistura semipronta para argamassa	Mistura de uma parte dos materiais constituintes da argamassa, com materiais medidos e homogeneamente misturados em fábrica ou canteiro de obras, e fornecida para um último processo de mistura com a adição dos demais materiais constituintes da argamassa no canteiro de obras imediatamente antes de sua aplicação.
Industrializada úmida	Mistura pronta para uso com proporções feitas em central, não necessitando de material adicional.
Industrializada seca	Mistura seca pronta, ensacada ou fornecida em silos, necessitando somente de água para preparo.

Fonte: NBR 13530, ABNT (1995)

A importância das argamassas na construção civil é inexplicável, pois estão presentes em todo e qualquer tipo de edificação. Recomendam-se utilizar, para o assentamento, as argamassas mistas, compostas por cimento e cal hidratada, podendo ser industrializada ou preparada em obra, desde que atendam os requisitos estabelecidos pela norma NBR 13281 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-requisitos (FIORITO, 1994).

3.2 VEDAÇÕES VERTICAIS EM *LIGHT STEEL FRAMING*

O *Light Steel Framing* é um sistema construtivo industrializado que possui sua estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado e que seu uso está em constante crescimento devido suas várias vantagens perante a métodos existentes há mais tempo. Construído de forma rápida e seca, o LSF com seu conjunto de componentes é capaz de resistir a cargas e, ao mesmo tempo dar forma e estética para a edificação (CRASTO, 2005).

3.2.1 Componentes do sistema

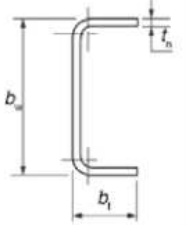
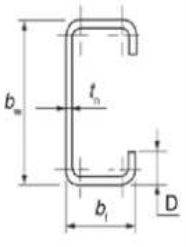
As vedações verticais do LSF são compostas por poucos componentes. São basicamente constituídos pelos perfis de aço galvanizado, componentes de fechamento internos e externos, isolantes térmicos e acústicos, sistema de fixação constituído por parafusos e finalizados com acabamento a gosto do proprietário (SANTIAGO et al., 2012).

3.2.1.1 Perfis

Santiago et al. (2012) explica que os perfis do sistema LSF são denominados formados a frio pois o procedimento de dobragem ou modelamento das tiras de aço são realizados com o aço em sua temperatura ambiente. A galvanização ou zincagem dessas tiras de aço tem por finalidade proteger a estrutura contra corrosão através de uma barreira mecânica.

Quanto ao seu formato, podem possuir inúmeras formas de seções, mas as mais comuns e mais utilizadas são do tipo guia (U), que possui formato parecido com a letra “U” (Figura 9), a qual possui alma e mesa com dimensões “bw” e “bf”, respectivamente. E outro tipo de seção é em formato de “U” enrijecido (Ue) (Figura 9), a qual além possuir alma e mesa com dimensões “bw” e “bf”, também possui uma borda de dimensão “D” (MEDEIROS et al., 2014).

Figura 9 – Perfis utilizados em LSF

Seção transversal	Designação NBR 6355
	U simples
	U enrijecido

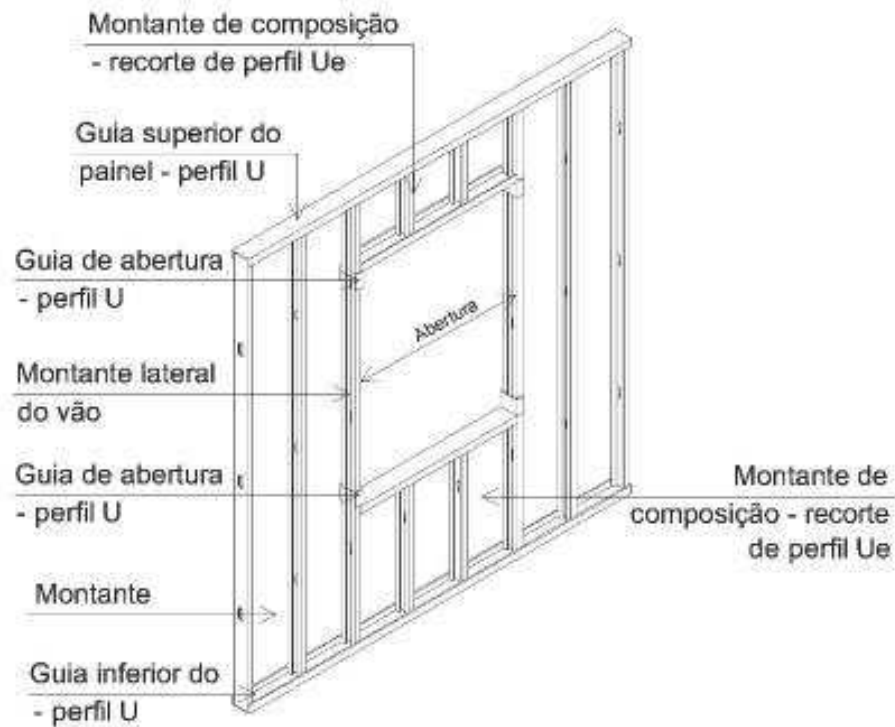
Fonte: MEDEIROS, 2014

3.2.1.2 Paineis

Denominado como painéis, eles são as principais estruturas que compõem o sistema LSF. Podem ser de caráter estrutural ou apenas associados ao conjunto de componentes responsáveis pela vedação.

Esses painéis são compostos segundo Crasto (2005) por elementos verticais, denominados montantes, e horizontais, denominados guias. O montante tem por função transmitir as cargas sobre as fundações ou outros painéis, já as guias possuem a função de fixar e estabilizar os montantes (SANTIAGO et al., 2012). Na figura a seguir é mostrado um esquema de construção em LSF mostrando em detalhes os painéis constituídos de elementos de montantes e guias.

Figura 10 – Estrutura de painel em LSF



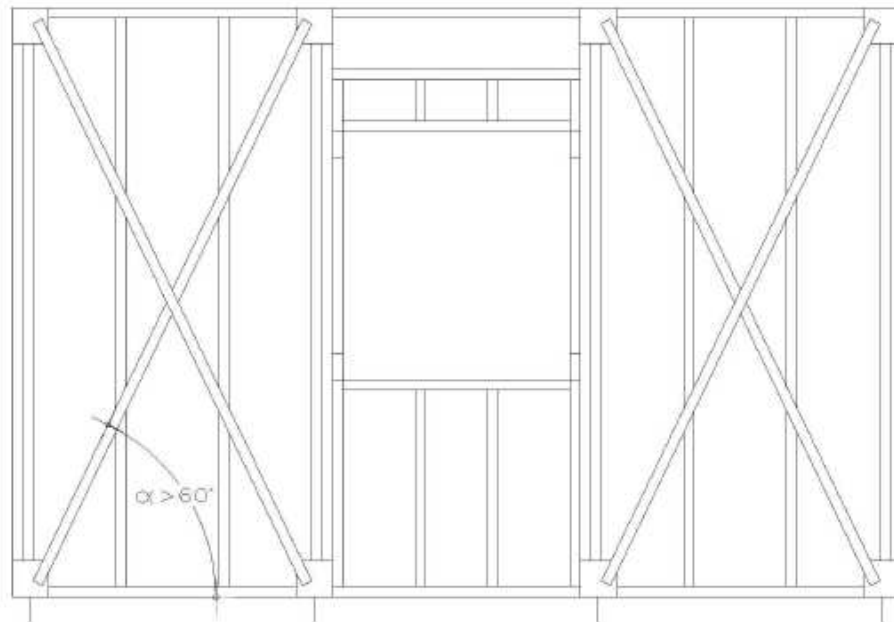
Fonte: CAMPOS, 2004

3.2.1.3 Contraventamento

Cruz (2012), afirma que como qualquer estrutura metálica tradicional, a necessidade de um contraventamento para uma melhor estabilização da estrutura se torna necessário. Geralmente é executado em fitas de aço galvanizado parafusadas nas quinas do painel, podendo assumir formas de "X" ou "K", dependendo de cada situação do projeto.

O travamento horizontal é executado pelos bloqueadores, conectados aos montantes ou guias. Introduce, também, uma fita metálica que une os montantes do painel entre si e com os bloqueadores. A finalidade específica desse travamento é diminuir o comprimento da flambagem, aumenta a resistência do painel e também ajuda na prevenção de torção da estrutura. Um exemplo de painel com travamento é mostrado na figura 11, lembrando que o número de linhas de travamentos depende da altura do painel e de sua solicitação de projeto (CRUZ, 2012).

Figura 11 – Modelo contraventamento em LSF



Fonte: CAMPOS, 2004

3.2.2 Componentes de fechamento

O sistema de fechamento vertical do LSF não é basicamente a parte dos painéis, ou seja, vai além da parte estrutural. Ele também é composto por chapas ou painéis delgados que fazem a vedação da edificação. E para não deixar a estrutura perder sua linha de benefícios, o sistema de fechamento deve ser realizado por elementos leves. Os elementos mais utilizados e encontrados no Brasil são, as placas de gesso acartonado, as placas cimentícias e os painéis OSB (*Orientes Strand Board*) (SANTIAGO et al., 2012).

3.2.2.1 Placas de gesso acartonado

Sendo hoje o material mais utilizado para fechamentos internos, são placas de baixo peso e não possuem função estrutural. São produzidas industrialmente a partir de uma mistura de gesso, água e aditivos, e revestidas com lâminas de papel (SANTIAGO et al., 2012).

Figura 12– Fechamento em placas de gesso acartonado



Fonte: INOVARE ACABAMENTOS, 2018

São oferecidas no mercado nos seguintes modelos: Placas Standard (PLST) que é destinada a áreas secas, placa verde (PLRU) destinada a ambientes com umidade, ou seja, áreas molhadas e a Placa rosa (PLRF) que é o tipo de placa de gesso que possui resistência ao fogo (CRUZ, 2012). São comercializadas com largura de 1200mm, espessura de 12,5mm e altura variável.

3.2.2.2 Placas cimentícias

As placas cimentícias apesar de servirem para fechamento interno e externo é uma ótima opção de substituição do gesso acartonado para áreas externas, pois ela possui maior resistência a impactos e à umidade em áreas expostas a intempéries.

São fabricadas a partir de cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados, são placas de constituição permeável ao vapor d'água. E são comercializadas com largura de 1,20m, e com comprimentos variados de 2,00m, 2,40m e 3,00m (MEDEIROS et al., 2014).

Figura 13 – Fechamento em placas cimentícias



Fonte: SULMODULOS, 2015

3.2.2.3 Painéis OSB

Painéis OSB ou Painéis “*Oriented Strand Board*” são painéis formados por tiras de madeira unidas com resinas sob alta pressão e temperatura. São comercializadas nas dimensões 1,22m por 2,44m, e nas espessuras de 9, 12, 15 e 18mm e possuem baixo peso que possibilitam uma facilidade no transporte e instalação (MEDEIROS et al., 2014).

Deve-se tomar precauções quando forem expostas a ambientes externos, pois quando sofrem variações de temperatura e umidade, elas tendem a sofrer variações em suas dimensões, fato que deve ser levado em consideração em fase de projeto para cálculo de juntas de dilatação. Além de toda essa preocupação, devem ser revestidas com uma manta impermeável para garantir a estanqueidade das paredes (SANTIAGO et al., 2012).

Figura 14 – Fechamento em placas OSB



Fonte: TÉCHNE, 2013

3.2.3 Isolantes térmico e acústico

Analisando a parte interna dos painéis, é onde fica o material responsável pelo isolamento termo acústico. Os materiais isolantes têm como função minimizar as perdas de calor durante o inverno e os ganhos de calor no verão, mas não deixando de lembrar que também possui função de isolamento da acústica do ambiente.

Os materiais de preenchimento dos painéis em LSF são geralmente porosos, de baixa densidade o que auxilia em uma perda de transmissão sonora, ou seja, parte da energia sonora que o atravessa é absorvida e transformada em energia térmica (CRASTO, 2005).

Os materiais mais utilizados para essa função termo acústica são as lãs minerais, pois são mais leves, de fácil manuseio e corte e sua capacidade isolante não é alterada com o tempo. São materiais constituídos de lã de vidro, lã de rocha ou lã de pet, e ambas possuem basicamente as mesmas funções acústicas, diferenciando apenas em condições térmicas, pois as lãs de rochas apresentam resistências maiores a elevadas temperaturas.

A lã de vidro é comercializada na forma de feltros ou painéis, os feltros de lã de vidro possuem largura de 1200mm e comprimento variado de 10 a 15m, já os painéis são fornecidos em largura de 600, e comprimento de 1350mm, e em ambos os casos possuem espessura de 50, 75 ou 100mm. A lã de rocha também é fornecida

em painéis, de largura 600mm, comprimento de 1200mm e espessuras de 25, 40, 50, 75, 100mm. Lembrando que a espessura de ambos os materiais depende do projeto, ambiente, nível de isolamento, etc. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL, 2006).

Figura 15 – Preenchimento do painel em LSF com lã mineral



Fonte: AMPLITUDE, 2017

A questão do planejamento, orçamento, cronograma, conforto, isolamento térmico e acústico de sua obra vai depender única e exclusivamente do sistema construtivo e de seus componentes adotados, pois eles são os responsáveis em interferir diretamente em toda e qualquer característica de sua construção. Devido a esse motivo, deve-se realizar estudos e pesquisas para que essa escolha seja feita de forma concreta antes de qualquer ideia de início do projeto, afim de atender todas suas necessidades e para que não ocorra arrependimentos futuros.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa teve como proposta estudar e analisar a capacidade de isolamento acústico, através de análises comparativas do sistema construtivo em alvenaria convencional de blocos cerâmicos com sistema construtivo em *Light Steel Framing*. O estudo foi realizado por meio da coleta de dados em edificações de mesmo padrão de dimensões e acabamento em ambos os métodos construtivos com a finalidade de comparar diretamente a absorção do som em cada tipo de vedação vertical.

4.1 TIPO DO EXPERIMENTO

Inicialmente, para uma introdução do conhecimento científico abordado, realizou-se uma revisão bibliográfica de conceitos sobre o tema em questão e definição das características dos sistemas de vedação vertical em alvenaria convencional e em *Light Steel Framing*.

Para a análise e comparação em relação ao isolamento acústico em ambos os sistemas foram utilizadas as normas presentes na ABNT como referência de metodologia do procedimento a ser utilizado. A fonte sonora utilizada foi um alto falante emitindo sons em diferentes níveis de pressão sonora, de forma que se assemelhe a fatos cotidianos tornando mais abrangente as condições analisadas no experimento.

4.2 OBJETO DE ESTUDO

O presente trabalho comprometeu-se a analisar dois tipos de vedações verticais distintas a fim de escolher qual a melhor em relação ao isolamento acústico. As obras escolhidas foram a vedação vertical em *Light Steel Framing* e a outra em alvenaria convencional em blocos cerâmicos.

4.3 MATERIAIS UTILIZADOS

O equipamento utilizado para emitir as diferentes intensidades de pressão sonora para análise do isolamento acústico foi o alto falante portátil Charge 3, da marca JBL (Figura 16), com potência nominal de 20W, resposta de frequência compreendida entre 65Hz – 20 kHz, com relação de ruído podendo passar dos 80dB.

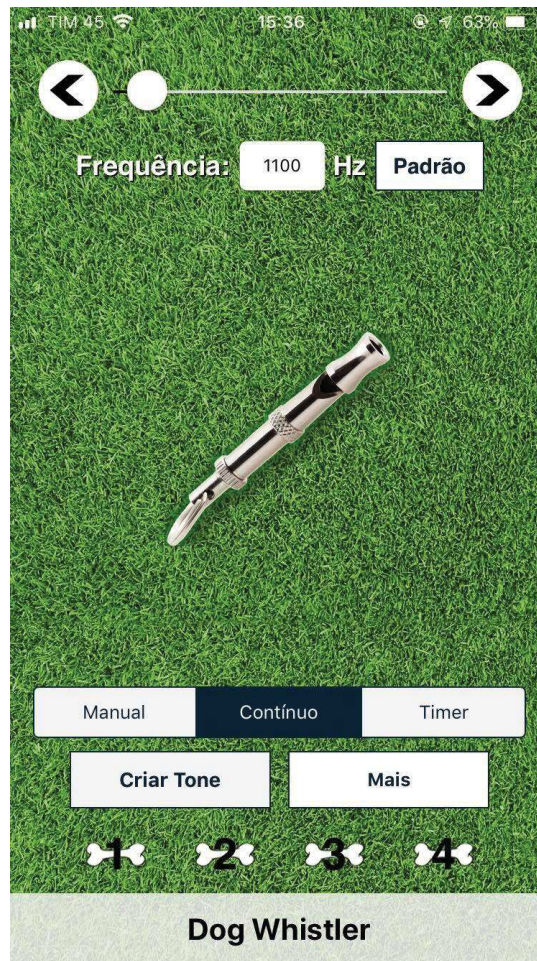
Figura 16 – Alto falante JBL Charge 3



Fonte: HARMAN, 2018

Com a finalidade de manter um som de caráter estável, o som foi proveniente de um aplicativo de celular chamado “*DogWhistler*” (Figura 17), o qual possui um som semelhante ao de um apito contínuo em que se pode alterar o volume até atingir a intensidade de pressão sonora desejada.

Figura 17 – Aplicativo de som contínuo



Fonte: Autoria própria, 2018

Para as medições do nível de pressão sonora geradas pelo aplicativo junto da caixa de som JBL Charge 3, o equipamento utilizado foi o disponível na UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, *campus* Toledo. Também conhecido como decibelímetro, o modelo disponível é o HM-850, da marca *Highmed* (Figura 18), o qual está de acordo com o padrão IEC 60651 tipo 2.

Figura 18- Decibelímetro Highmed HM-850



Fonte: INSMART, 2018

Sua escala de frequência está compreendida entre 31Hz e 8500Hz e faixa dinâmica entre 30dB e 130dB, com ponderação de frequência de A e C, trabalhando em tempo rápido (125ms) e lento (1s), e possuindo margem de precisão de medição de $\pm 1,5$ dB.

4.4 METODOLOGIA UTILIZADA

Como já citado anteriormente, a metodologia utilizada foi baseada na ABNT NBR 10151 para auxílio da coleta de dados e na NBR 10152 para auxílio e estudo de comparação dos mesmos. O objetivo destas normas é fixar condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades. Para isto especificam um método para medição de ruídos e métodos que possibilitam a correção quando esses apresentarem características especiais. O método de avaliação envolve as medições de pressão sonora equivalente, em decibéis, a partir do valor médio da pressão sonora coletada em todo intervalo de medição.

Para o procedimento de medição segue algumas condições:

- Não devem ser efetuadas medições na existência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza (por exemplo: trovões, chuvas fortes, etc.).
- O tempo de medição deve ser escolhido de forma a permitir a caracterização do ruído em questão. A medição pode envolver uma única amostra ou uma sequência delas.
- Todos os valores medidos do nível de pressão sonora devem ser aproximados ao valor inteiro mais próximo.

Para as medições externas, deve-se prevenir o efeito de ventos sobre o microfone com o uso de protetor e as medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2m do piso e pelo menos 2m do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras.

Já para as internas, as medições devem ser efetuadas a uma distância de no mínimo 1m de quaisquer superfícies, como paredes, teto, pisos. Os níveis de pressão sonora em interiores devem ser o resultado da média aritmética dos valores medidos em pelo menos três posições distintas, sempre que possível afastadas entre si em pelo menos 0,5m.

4.5 COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados e posterior comparação foram escolhidas duas edificações residenciais de alto padrão de construção e acabamento bem como áreas e aberturas dos ambientes aproximadas. Tal escolha foi feita para que se aproxime ao máximo a qualidade utilizada dos materiais a fim de que esse não seja um fator que possivelmente altere o resultado final do estudo.

Foram escolhidos quatro tipos de vedações verticais para análise e comparações, são elas: Vedação vertical com uma abertura simples, janela ou porta; Vedação vertical sem nenhuma abertura; Vedação de divisa entre quarto e banheiro; Vedação vertical com abertura em porta de correr de vidro.

4.5.1 Edificação em Light Steel Framing

A primeira residência analisada possui como sistema de vedação vertical o *Light Steel Framing*. A obra localiza-se na Av. Jabuti, número 200, Condomínio Village das Cerejeiras, casa número 10, na cidade de Apucarana, estado do Paraná (Figura 19). A presente edificação apresenta características construtivas em LSF de acordo com as normas técnicas específicas para o sistema. Possui diversos ambientes apresentando vedações verticais com diferentes vãos e aberturas possibilitando uma diversidade de coleta de dados e análises.

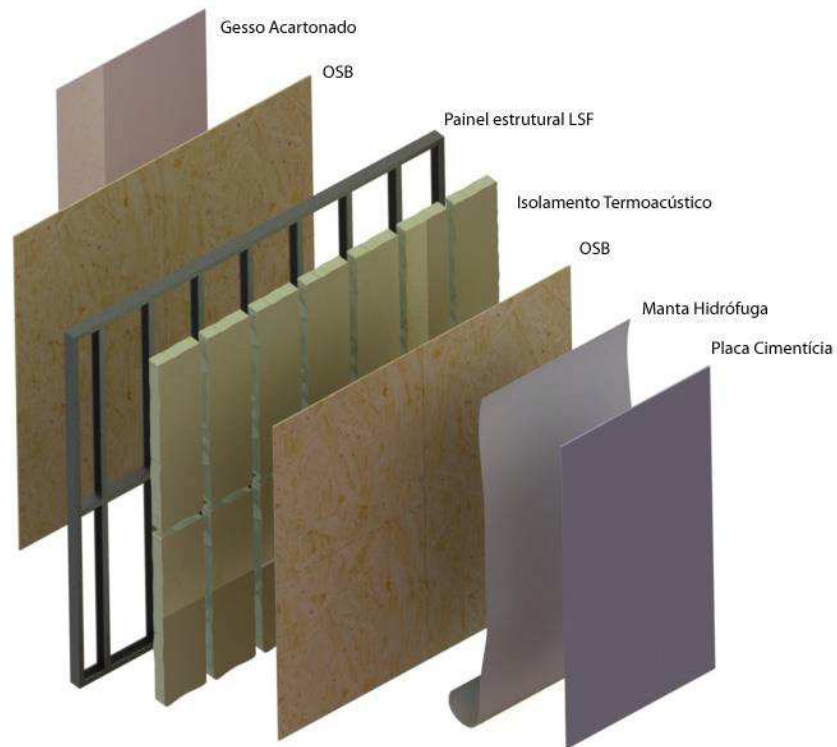
Figura 19 – Residência em *Light Steel Framing*



Fonte: Autoria própria, 2018

A alvenaria de vedação vertical no sistema construtivo em *Light Steel Framing* possui grande diversidade de escolhas quanto ao seu preenchimento e seus componentes de fechamento. A escolha feita pelos responsáveis desta edificação está disposta abaixo (Figura 20) em camadas de forma a facilitar o entendimento.

Figura 20 – Corte em camadas *Light Steel Framing*



Fonte: LIGHT STEEL FRAME, 2018

O preenchimento utilizado como isolante termo acústico no interior do painel estrutural foi a lã de pet, visto que está em constante crescimento devido a ser um produto sustentável e de fácil manuseio comparado aos outros preenchimentos existentes a mais tempo no mercado.

Analisando o lado interno da vedação vertical, foram fixadas nos painéis as placas OSB (*Oriented Strand Board*) possuindo função de fechar e isolar a parte central do sistema. E posteriormente foram sobrepostas com placas de gesso acartonado na finalidade de proporcionar um melhor acabamento da edificação.

Já na parte externa da vedação, também foram fixadas nos painéis as placas OSB (*Oriented Strand Board*) na função de fechar e isolar a parte central do sistema. Posteriormente devido à área externa estar sujeita a ação de intempéries foi aplicada uma manta impermeabilizante e assim sobrepostas lado a lado com placas cimentícias, garantindo assim que o sistema não seja danificado devido a ação da umidade e outros fatores naturais.

4.5.1.1 Vedação vertical com abertura simples (porta/janela)

A primeira análise realizada foi na parede de divisa entre a garagem e o *hall* de entrada da residência que possui uma porta como abertura simples. A caixa de som foi posicionada na parte externa (Figura 21) a dois metros da parede e a 1,2m do chão controlando sua pressão sonora em três níveis: 91dB, 100dB, 114dB.

Figura 21 – Garagem externa ao hall



Fonte: Autoria própria, 2018

Na parte interna (Figura 22) foram realizados quatro testes, cada um coletando três medições distantes 1m metro da parede e 0,5m entre si para assim realizar a média das medições como prescreve a norma. No primeiro teste os dados coletados foram os níveis de pressão sonora em repouso, ou seja, com a caixa de som desligada na parte externa.

Figura 22 – Parte interna do *hall*

Fonte: Autoria própria, 2018

Os demais dados coletados são provenientes dos outros três testes resultantes dos diferentes níveis de pressão sonora emitidos da caixa de som do outro lado da vedação vertical.

4.5.1.2 Vedação vertical sem abertura

A segunda análise realizada foi na alvenaria de vedação de divisa entre o quarto e o corredor externo do mesmo, a qual não possui nenhum tipo de abertura. A caixa de som foi posicionada na parte externa (Figura 23) a 1,2m metros da parede e a 1,2m do chão controlando sua pressão sonora em três níveis: 91dB, 100dB, 114dB. Não foi possível distanciar a caixa de som a 2m da parede como prescreve a norma devido à largura do corredor, todavia esse fato foi levado em consideração nas medições da edificação em alvenaria convencional de blocos cerâmicos.

Figura 23 – Corredor externo ao quarto



Fonte: Autoria própria, 2018

Já na parte interna do quarto (Figura 24) foram realizados quatro testes, cada um coletando três medições distantes 1m metro da parede e 0,5m entre si para assim realizar a média dos dados como prescreve a norma. No primeiro teste os dados coletados foram os níveis de pressão sonora em repouso, ou seja, com a caixa de som desligada na parte externa

Figura 24 – Parte interna do quarto

Fonte: Autoria própria, 2018

Os demais dados coletados são provenientes dos outros três testes resultantes dos diferentes níveis de pressão sonora emitidos da caixa de som do lado externo da vedação vertical.

4.5.1.3 Vedação vertical de divisa entre quarto e banheiro

A terceira análise realizada foi na parede de divisa entre o mesmo quarto e o banheiro. Apesar de não ser uma alvenaria de vedação vertical com divisa a nenhuma parte externa da residência, foi considerada como uma parede de caráter viável para realizar mais uma comparação com o outro método construtivo. A caixa de som foi posicionada na parte interna do banheiro (Figura 25) a 1,2m da parede e a 1,2m do chão controlando sua pressão sonora em três níveis: 91dB, 100dB, 114dB. Não foi possível distanciar a caixa de som a 2m da parede como prescreve a norma devido à largura do banheiro, todavia esse fato foi levado em consideração nas medições da edificação em alvenaria convencional em blocos cerâmicos.

Figura 25 – Banheiro de divisa com o quarto



Fonte: Autoria própria, 2018

Já na parte interna do quarto foram realizados os mesmos quatro testes, agora com a parede de divisa com o banheiro, cada um coletando três medições distantes 1m metro da parede e 0,5m entre si para assim realizar a média como prescreve a norma. No primeiro teste os dados coletados foram os níveis de pressão sonora em repouso, ou seja, com a caixa de som desligada na parte interna do banheiro. Os demais dados coletados são provenientes dos outros 3 testes resultantes dos três níveis de pressão sonora emitidos da caixa de som dentro do banheiro.

4.5.1.4 Vedação vertical com porta de vidro de correr

A quarta e última análise também foi realizada no quarto, porém agora em relação à alvenaria de vedação vertical que possui uma porta de vidro de correr com acesso ao corredor externo. A caixa de som foi posicionada na parte externa (Figura 26) a 1,2m metros da parede e a 1,2m do chão controlando sua pressão sonora em

três níveis: 91dB, 100dB, 114dB. Não foi possível distanciar a caixa de som a 2m da parede como prescreve a norma devido à largura do corredor, todavia esse fato foi levado em consideração nas medições da edificação em alvenaria convencional em blocos cerâmicos.

Figura 26 – Corredor externo ao quarto com porta de vidro de correr



Fonte: Autoria própria, 2018

Já na parte interna do quarto (Figura 27) também foram realizados quatro testes, cada um coletando três medições distantes 1m metro da parede e 0,5m entre si para assim realizar a média como prescreve a norma. No primeiro teste os dados coletados foram os níveis de pressão sonora em repouso, ou seja, com a caixa de som desligada no corredor ao externo ao quarto.

Figura 27 – Parte interna da porta de vidro de correr



Fonte: A autoria própria, 2018

Os demais dados coletados são provenientes dos outros 3 testes resultantes dos três níveis de pressão sonora emitidos da caixa de som no corredor ao lado externo do quarto.

4.5.2 Edificação em Alvenaria Convencional

A segunda residência a ser analisada e comparada com a primeira foi a com sistema de vedação vertical em alvenaria convencional em blocos cerâmicos, a qual está localizada na rua Maringá, número 2918, na cidade de Toledo, estado do Paraná (Figura 21). A presente edificação apresenta arquitetura e padrão de acabamento semelhantes à edificação analisada com vedação vertical em *light steel framing*, o que proporciona resultados diretos e justos perante à semelhança visual de ambas.

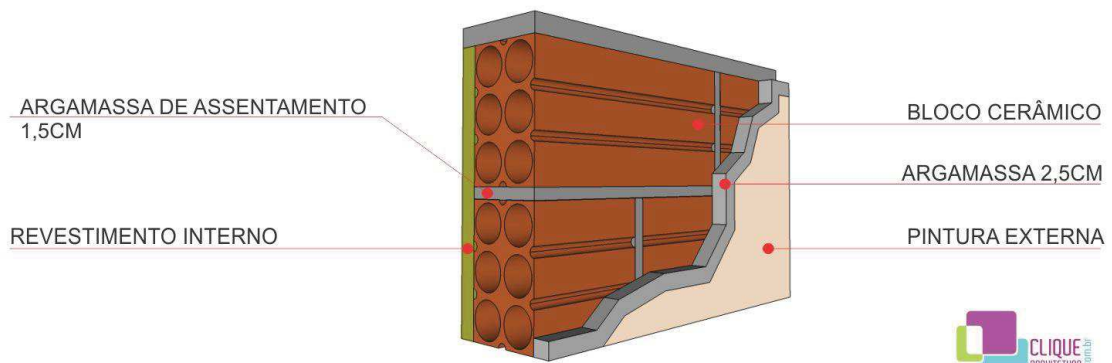
Figura 28 – Residência em alvenaria convencional



Fonte: Autoria própria, 2018

A alvenaria de vedação vertical no sistema construtivo em alvenaria convencional de blocos cerâmico é mais simples que o outro método analisado. De maneira mais fácil a se explicar, o corte do sistema está disposto abaixo (Figura 22) em camadas para melhor entendimento.

Figura 29 – Corte em camadas alvenaria convencional



Fonte: CLIQUE ARQUITETURA, 2018

O sistema é basicamente composto por blocos cerâmicos unidos com argamassa de assentamento e revestidos com argamassa de revestimento, a qual é composta por chapisco, emboço e reboco. Conjunto assim por completo responsável pelo isolamento e conforto termo acústico da edificação.

4.5.2.1 Vedação vertical com abertura simples (porta/janela)

A primeira análise realizada foi na parede de divisa entre a área externa e a sala de estar da residência que possui uma janela como abertura simples. A caixa de som foi posicionada na parte externa (Figura 30) a dois metros da parede e a 1,2m do chão controlando sua pressão sonora em três níveis: 91dB, 100dB, 114dB.

Figura 30 – Parte da externa da sala de estar



Fonte: Autoria própria, 2018

Na parte interna (Figura 31), foram realizados quatro testes, cada um coletando três medições distantes 1m metro da parede e 0,5m entre si para assim realizar a média como prescreve a norma. No primeiro teste os dados coletados foram os níveis de pressão sonora em repouso, ou seja, com a caixa de som desligada na parte externa.

Figura 31 – Parede interna da sala de estar



Fonte: Autoria própria, 2018

Os demais dados coletados são provenientes dos outros três testes resultantes dos diferentes níveis de pressão sonora emitidos da caixa de som do outro lado da vedação vertical.

4.5.2.2 Vedação vertical sem abertura

A segunda análise realizada foi na alvenaria de vedação de divisa entre a garagem e o corredor interno da casa, a qual não possui nenhum tipo de abertura. A caixa de som foi posicionada na parte da garagem (Figura 32) a 1,2m metros da parede e a 1,2m do chão controlando sua pressão sonora em três níveis: 91dB, 100dB, 114dB. Apesar da possibilidade de posicionar a caixa de som a 2m de distância da parede como prescreve a norma, foi decidido colocar a essa distância para executar os testes nas mesmas condições em que foram executados na edificação em *Light Steel Framing*.

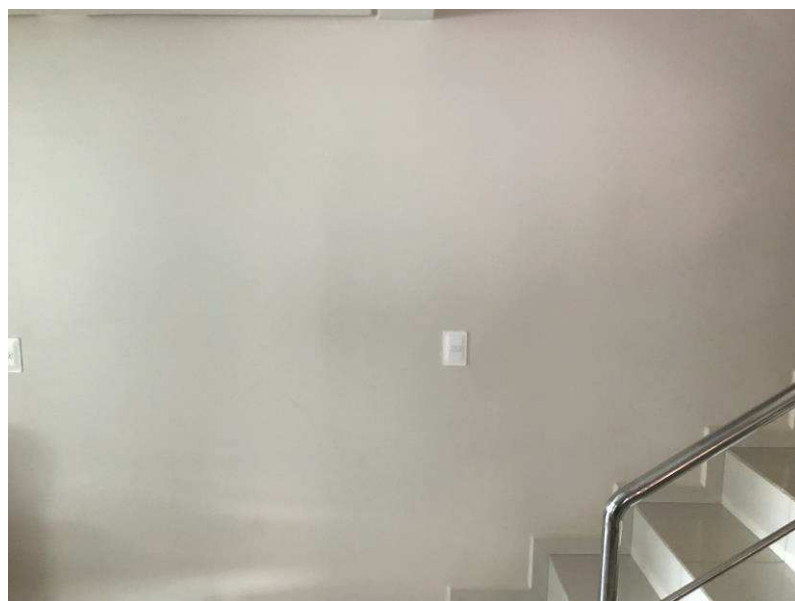
Figura 32 – Parede da garagem



Fonte: Autoria própria, 2018

Já na parte interna desta mesma parede, o corredor (Figura 33), foram realizados quatro testes, cada um coletando três medições distantes 1m metro da parede e 0,5m entre si para assim realizar a média como prescreve a norma. No primeiro teste os dados coletados foram os níveis de pressão sonora em repouso, ou seja, com a caixa de som desligada na parte da garagem

Figura 33 – Corredor interno



Fonte: Autoria própria, 2018

Os demais dados coletados são provenientes dos outros três testes resultantes dos diferentes níveis de pressão sonora emitidos da caixa de som do lado externo a esse corredor.

4.5.2.3 Vedação vertical de divisa entre quarto e banheiro

A terceira análise realizada foi na parede de divisa entre o quarto suíte e seu respectivo banheiro. A caixa de som foi posicionada na parte interna do banheiro (Figura 34) a 1,2m da parede como adotado nas medições da edificação em *light steel framing* e a 1,2m do chão controlando sua pressão sonora em três níveis: 91dB, 100dB, 114dB.

Figura 34 – Parte interna do banheiro



Fonte: Autoria própria, 2018

Já na parte interna do quarto (Figura 35) foram realizados os mesmos quatro testes dos outros ambientes, cada um coletando três medições distantes 1m metro da parede e 0,5m entre si para assim realizar a média como prescreve a norma.

Figura 35 – Parede interna do quarto adjacente ao banheiro



Fonte: Autoria própria, 2018

No primeiro teste os dados coletados foram os níveis de pressão sonora em repouso, ou seja, com a caixa de som desligada na parte interna do banheiro. Os demais dados coletados são provenientes dos outros 3 testes resultantes dos diferentes níveis de pressão sonora emitidos da caixa de som ligada.

4.5.2.4 Vedação vertical com porta de vidro de correr

A quarta e última análise desta residência foi realizada na outra suíte, a qual possui uma porta de vidro de correr muito semelhante à da residência em *light steel framing*. A caixa de som foi posicionada na parte externa com a cortina aberta (Figura 36) a 1,2m metros da parede como na edificação localizada em Apucarana e a 1,2m do chão controlando sua pressão sonora em três níveis: 91dB, 100dB, 114dB.

Figura 36 – Vista da parte externa da porta de vidro



Fonte: Autoria própria, 2018

Já na parte interna do quarto (Figura 37) também foram realizados quatro testes, cada um coletando três medições distantes 1m metro da parede e 0,5m entre si para assim realizar a média como prescreve a norma. No primeiro teste os dados coletados foram os níveis de pressão sonora em repouso, ou seja, com a caixa de som desligada na parte externa da porta de vidro.

Figura 37 – Parede interna da porta de vidro



Fonte: Autoria própria, 2018

Os demais dados coletados são provenientes dos outros 3 testes resultantes dos diferentes níveis de pressão sonora emitidos da caixa de som ligada na sacada externa a este quarto.

5 RESULTADOS

Após o desenvolvimento dos procedimentos descritos no item anterior a pesquisa pode se estruturar e apresentar seus resultados atendendo aos objetivos traçados. Esta ação segue, portanto, com as análises e comparações dos dados coletados em ambos os tipos de alvenarias de vedação vertical.

A análise e comparação específica sobre a absorção sonora e isolamento acústico de cada tipo de alvenaria foi realizada a partir da porcentagem da pressão sonora que atravessa o componente de vedação vertical estudado em questão.

A fórmula utilizada para cálculo desta porcentagem excedente que passa pelo sistema construtivo é dada a seguir:

$$\% \textit{ excedente} = \frac{(MI - MN)}{IE} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

MI: Média interna das medições resultantes da intensidade sonora

MN: Média interna do ambiente ao som natural

IE: Intensidade de pressão sonora externa emitida pela caixa de som

5.1 VEDAÇÃO VERTICAL COM ABERTURA SIMPLES (PORTA/JANELA)

A primeira comparação de resultados entre os métodos construtivos está disposta abaixo no quadro 5, o qual demonstra dados coletados de pressão sonora interna tanto ao ambiente natural quanto a dados resultantes das diferentes intensidades emitidas pela caixa de som.

Vale lembrar que na edificação em *light steel framing* a abertura simples existente na vedação vertical era a porta de entrada da residência e na edificação em alvenaria convencional de blocos cerâmicos a abertura simples era uma janela de duas folhas de vidro fechadas.

Quadro 5 – Comparação de vedações com abertura simples

OBRA	LIGHT STEEL FRAMING											
CÔMODO	PAREDE DIVISA GARAGEM/HOME (com porta/janela)											
EXTERNO (dB)	Natural			91			100			114		
INTERNO (dB)	37	38	37	46	41	39	52	47	44	58	61	59
MÉDIA INTERNO (dB)	38			42			48			60		
% EXCEDENTE	0			5			10			19		
OBRA	ALVENARIA CONVENCIONAL											
CÔMODO	PAREDE DIVISA ENTRADA/SALA DE ESTAR (com porta/janela)											
EXTERNO (dB)	Natural			91			100			114		
INTERNO (dB)	34	36	37	39	38	36	46	47	45	56	55	55
MÉDIA INTERNO (dB)	36			38			46			56		
% EXCEDENTE	0			3			10			18		

Fonte: Autoria própria, 2018

Perante os dados existentes no quadro acima concluímos que neste tipo de vedação vertical os excedentes de pressão sonora de ambos os métodos estão praticamente empatados, deixando a vedação vertical em alvenaria convencional por poucos pontos percentuais na frente da vedação vertical em *light steel framing*.

5.2 VEDAÇÃO VERTICAL SEM ABERTURA

O segundo tipo de análise (Quadro 6) é uma comparação mais direta perante os métodos, pois ela estuda diretamente o sistema de vedação vertical sem interferências construtivas, ou seja, sem aberturas ou vãos.

Quadro 6 – Comparação de vedações sem abertura

OBRA	LIGHT STEEL FRAMING											
CÔMODO	PAREDE DIVISA SACADA/QUARTO (sem abertura)											
EXTERNO (dB)	Natural			91			100			114		
INTERNO (dB)	36	35	37	40	38	38	45	48	44	53	57	58
MÉDIA INTERNO (dB)	36			39			46			56		
% EXCEDENTE	0			4			10			18		
OBRA	ALVENARIA CONVENCIONAL											
CÔMODO	PAREDE DIVISA GARAGEM/CORREDOR (sem abertura)											
EXTERNO (dB)	Natural			91			100			114		
INTERNO (dB)	38	39	40	40	38	38	42	43	42	45	47	46
MÉDIA INTERNO (dB)	39			39			43			46		
% EXCEDENTE	0			0			4			7		

Fonte: autoria própria, 2018

Com a análise obtida através dos dados coletados em vedações verticais sem nenhum tipo de abertura podemos perceber uma diferença maior perante o primeiro teste em vedação com abertura simples. Lá as duas estavam praticamente com a mesma eficiência de absorção, aqui podemos ver o quanto a alvenaria convencional em blocos cerâmicos absorve melhor as ondas sonoras comparando ao sistema em *light steel framing*.

5.3 VEDAÇÃO VERTICAL DE DIVISA ENTRE QUARTO E BANHEIRO

Essa terceira comparação serve para analisarmos a parte interna das edificações excluindo a interferência do ambiente externo, ou seja, apenas analisando a acústica interna do banheiro e a vedação vertical de divisa com o quarto adjacente.

Tais medições também foram feitas levando em consideração o ambiente ao som natural, sem efeitos resultantes da caixa e som e posteriormente coletando os dados de pressão sonora excedentes no quarto resultantes do aumento de níveis em decibéis emitidos dentro do banheiro (Quadro 7).

Quadro 7 – Comparação de vedações entre banheiros e quartos

OBRA	LIGHT STEEL FRAMING											
CÔMODO	PAREDE DE DIVISA QUARTO/BANHEIRO (sem abertura)											
EXTERNO (dB)	Natural			91			100			114		
INTERNO (dB)	35	36	36	37	39	38	45	46	47	50	51	53
MÉDIA INTERNO (dB)	36			38			46			52		
% EXCEDENTE	0			3			10			15		
OBRA	ALVENARIA CONVENCIONAL											
CÔMODO	PAREDE DE DIVISA QUARTO/BANHEIRO (sem abertura)											
EXTERNO (dB)	Natural			91			100			114		
INTERNO (dB)	37	38	35	38	38	39	39	40	42	42	44	43
MÉDIA INTERNO (dB)	37			39			41			43		
% EXCEDENTE	0			3			4			6		

Fonte: Autoria própria, 2018

O resultado deste terceiro teste se assemelha com o da parede sem abertura em relação à parte externa da edificação, colocando a alvenaria convencional como melhor eficiência entre estes dois métodos.

5.4 VEDAÇÃO VERTICAL COM PORTA DE VIDRO DE CORRER

Como quarto e último teste, foi pensado em colocar ambos os métodos construtivos à prova sobre dizer se a qualidade de esquadria existente em sua vedação vertical poderia interferir na absorção sonora da mesma.

A escolha foi coletar dados (Quadro 8) em portas de vidro de correr das suítes para suas respectivas sacadas.

Quadro 8 – Comparações de vedações com porta de vidro de correr

OBRA	LIGHT STEEL FRAMING											
CÔMODO	PAREDE DIVISA QUARTO/SACADA (com porta de correr)											
EXTERNO (dB)	Natural			91			100			114		
INTERNO (dB)	35	36	37	46	45	44	54	50	52	62	63	61
MÉDIA INTERNO (dB)	36			45			52			62		
% EXCEDENTE	0			10			16			23		
OBRA	ALVENARIA CONVENCIONAL											
CÔMODO	PAREDE DIVISA QUARTO/SACADA (com porta de correr)											
EXTERNO (dB)	Natural			91			100			114		
INTERNO (dB)	36	37	37	44	46	48	57	58	63	67	70	67
MÉDIA INTERNO (dB)	37			46			60			68		
% EXCEDENTE	0			10			23			27		

Fonte: Autoria própria, 2018

E pela primeira e única vez podemos dizer que o sistema construtivo em *light steel framing* possuiu um desempenho melhor que a alvenaria convencional em blocos cerâmicos.

Nesta comparação de vedações verticais com porta de vidro de correr, o sistema construtivo que estava se saindo pior nos outros testes se saiu melhor neste por uma causa justificável. Estudando mais detalhadamente não só a estrutura em si, percebemos que a esquadria instalada na vedação vertical em *light steel framing* possui uma característica considerada como especial, pois seu isolamento é composto por uma “camada” de ar desidratado entreposta a duas camadas de vidro em cada “folha”, diferentemente da esquadria instalada na alvenaria convencional em que cada “folha” da porta possui apenas uma camada de vidro para isolamento.

A partir deste resultado pudemos perceber que a escolha do tipo de esquadria a ser instalada em sua vedação vertical pode sim afetar o desempenho acústico interno de sua residência.

5.5 COMPARATIVO GERAL

Levando em consideração todos os resultados acima analisados, chegamos à conclusão que o sistema construtivo que se saiu melhor nos testes de forma geral foi a vedação vertical de alvenaria convencional em blocos cerâmicos pois apresentou melhor desempenho em três dos quatro testes realizados (Quadro 9).

Quadro 9 - Comparativo geral de desempenho

Tipo de Vedação	Melhor Desempenho
Vedação vertical com abertura simples (Janela/Porta)	Alvenaria Convencional
Vedação vertical sem abertura	Alvenaria Convencional
Vedação vertical entre quarto e banheiro	Alvenaria Convencional
Vedação vertical com porta de vidro de correr	<i>Light Steel Framing</i>

Fonte: A autoria própria, 2018

Vale também ressaltar que apesar do sistema construtivo em *light steel framing* ter uma capacidade menor de absorção de pressão sonora do que o sistema vencedor, ele também é considerado como um ótimo isolante acústico para a parte interna de sua edificação. Além do mais, como citado nos itens anteriores, é considerado como um sistema construtivo sustentável, fato que ajuda na conservação e cuidado com nosso meio ambiente.

6 CONCLUSÃO

Seguindo o raciocínio da revisão bibliográfica presente neste trabalho, está cada vez mais explícito a necessidade do aumento de uso de sistemas construtivos sustentáveis, os quais proporcionam um maior cuidado com o meio ambiente visto que a construção civil atual é uma área que gera grande quantidade de resíduos e boa parte acaba sendo descartada que conseqüentemente poluem nosso ecossistema. Sendo assim, para uma melhor aceitação desses novos métodos construtivos, a análise do isolamento acústico de cada método é de suma importância para provar que além do caráter sustentável ele também possui as mesmas funções de conforto ambiental dos demais métodos já existentes.

Ao analisar o isolamento acústico de ambos os métodos construtivos estudados, conseguimos constatar que mesmo em situações extremas de intensidade sonora, as vedações verticais, tanto em *Light Steel Framing* quanto em alvenaria convencional de blocos cerâmicos, alcançam marcas maiores que 70% de absorção de pressão sonora. E independentemente dos resultados que colocam a alvenaria convencional de blocos cerâmicos em primeiro lugar por alguns pontos percentuais de absorção sonora, vale reafirmar que o outro método construtivo analisado, aquele que sua estrutura é composta por perfis de aço formados a frio, também possui grande capacidade de isolamento acústico e é bem recomendado para ser um substituto de métodos construtivos mais antigos da construção civil.

Analisando-se, portanto, o quesito isolamento acústico desses métodos construtivos, percebe-se que no geral os dois possuem uma boa absorção de pressão sonora e que a vedação vertical não é unicamente responsável por tal resultado, mas que também a qualidade das esquadrias, portas e outros elementos responsáveis pelo fechamento de possíveis aberturas possuem função tão importante quanto das estruturas em si.

Foram obtidos resultados de conforto acústico para os métodos construtivos em *Light Steel Framing* e alvenaria convencional em blocos cerâmicos, atendendo ao objetivo principal desta pesquisa, podendo identificar o sistema mais vantajoso sobre o tema abordado.

REFERÊNCIAS

AMPLITUDE. **Lã de vidro ou lã de rocha? Qual a melhor manta acústica?**.

Emarket, 2017. Consultado em 06/05/2018 às 18:53. Disponível em:

<http://www.amplitudeacustica.com.br/blog/la-de-vidro-ou-la-de-rocha-qual-melhor-manta-acustica/>

ARAÚJO, H. N. **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: Um estudo de caso**. 1995 117p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7171 – Bloco cerâmico para alvenaria- Especificação**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando conforto da comunidade - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2000.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13530: Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânica**. Rio de Janeiro. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais**. Rio de Janeiro. 2013.

BRASIL, Resolução CONAMA nº01, de 8 de março de 1990. **Controle da poluição sonora**. Publicado no D.O.U. de 2 abril 1990.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2011

CAMPOS, A. de. S; JARDIM, G. T. de. C. **Light steel framing: uma aposta do setor siderúrgico no desenvolvimento tecnológico da construção civil**. 2004.

CARVALHO, M. L. U. **Resíduos de poli (tereftalato de etileno) e de pneu na confecção de pisos flutuantes para o isolamento do ruído de impacto**. 2009. 110 p. Dissertação (Pós-Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2009.

CEOTTO, L. H.; BANDUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de Argamassas: Boas práticas em Projeto, Execução e Avaliação**. Porto Alegre: ANTAC, 2005.

CHING, F. D.K. **Arquitetura, forma, espaço e ordem**. 2. Ed. Livraria Martins Fontes, São Paulo, 2010.

CLIQUE ARQUITETURA. **Comparativo térmico: parede de tijolos cerâmicos X blocos de concreto**, 2018. Consultado em 15/10/2018 às 18:39. Disponível em: <http://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/comparativo-termico-parede-de-tijolos-ceramicos-x-blocos-de-concreto.html>

CRASTO, R. C. M. de. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing**. 2005. 231 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

CRUZ, Emerson Donizete da. **Processo construtivo – Light Steel Frame construção seca**. 2012. 64p. Projeto de Graduação (Bacharel em Engenharia Civil). Faculdades integradas Dom Pedro II, São José do Rio Preto, 2012.

EGAN, M. D. **Concepts in Architectural Acoustics**. Mc Graw Hill. Book Company. New York, USA. 1984

FARIAS, João Lopes. **Estudo de viabilidade técnica e econômica do uso do método construtivo Light Steel Framing numa residência unifamiliar de baixa renda**. 2013. Projeto de Graduação (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

FIORITO, A. J. S. L. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo: Pini, 1994.

HARMAN. **JBL Charge 3**. Indústria Eletrônica e participações Ltda, 2018. Consultado em 23/05/2018 às 01:28. Disponível em:
<http://www.jbl.com.br/wireless/caixas-de-som-bluetooth/jbl-charge-3>

HASS, Deleine Christina Gessi and MARTINS, Louise Floriano. **Viabilidade Econômica do uso do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações sociais**. Curitiba, 2011.

INOVARE ACABAMENTOS. **Gesso acartonado**. AgênciaNet, 2018. Consultado em 06/05/2018 às 18:18. Disponível em:
<http://www.inovareacabamentos.com/site/produtos/gesso-acartonado>

INSMART. **Decibelímetro Digital Portátil HM-850**. Insmart Comércio de Equipamentos Ltda. 2018. Consultado em 15/10/2018 às 22:29. Disponível em:
<http://www.insmart.com.br/produto/seguranca-do-trabalho/decibelímetros/655-decibelímetro-digital-portatil-hm-850>

LAMBERTS, Roberto, DUTRA, Luciano, PEREIRA, Fernando O. R. et al. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/procel, 2014.

LIGHT STEEL FRAME. **Qual revestimento externo utilizar no Steel frame? O Blog do Sistema Light Steel Frame: Tudo sobre o sistema construtivo do futuro do**

brasil. 2018. Consultado em 15/10/2018 às 21:34. Disponível em:
<http://lightsteelframe.eng.br/qual-revestimento-externo-utilizar-no-steel-frame/>

MEDEIROS, J. S.; MELLO, M. B.; ROGGERO, M. V. V.; SEGUNDO, M. J. P.; PIETRANTONIO, V. B. **Tecnologias de vedação e revestimento para fachadas**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2014. Série Manual da Construção em Aço.
NASCIMENTO, O. L. do. **Alvenarias**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004. Série Manual da Construção em Aço.

NIEMEYER, Maria Lygia Alves de. **Conforto acústico e térmico, em situação de verão, em ambiente urbano: uma proposta metodológica**. 2007. 194 p. Dissertação (Pós-Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

OGAWA, Matheus de Oliveira Afonso; ÁVILA FILHO, Mauro César; BASSI, Pedro Fábio. **Isolamento Acústico ao ruído de impacto em lajes de edifícios habitacionais**. 2014. 76 p. Projeto de Graduação (Bacharel em Engenharia Civil) , Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

PAIXÃO, Dinara Xavier da. **Análise das condições acústicas em sala de aula**. 1997. 208 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

PAZOS, Daniel Ferreira de Panta. **Caracterização da reflexão sonora de barreiras acústicas com superfície corrugadas periódicas**. 2015. 209 p. Dissertação (Pós-Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PEDREIRÃO. **Alvenaria: Como construir uma parede de tijolos ou blocos**. Fabricio Rossi, 20011-2018. Consultado em 06/05/2018 às 17:39. Disponível em:
<https://pedreira.com.br/alvenaria-como-construir-as-paredes-de-tijolos-ou-blocos/>

SABBATINI, F.H. **Notas de aula da disciplina de Tecnologia de produção de vedações verticais –TG004**. EPUSP, 2002. Consultado em 06/05/2018 às 18:59. Disponível em: <http://tgpmba.pcc.usp.br/TG-004/TG004-AULA1.pdf>

SALGADO, J. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificações**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2009.

SANTIAGO, A. K., FREITAS, A. M. S., CRASTO, R. C. de. **Steel Framing: arquitetura**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2012. Série Manual da Construção em Aço.

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. **Reflexão e Refração do Som**; *Brasil Escola*. 2018. Consultado em 07/05/2018 às 21:37. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/reflexao-refracao-som.htm>

SCHAFER, Murray. **Ouvido pensante**. São Paulo: Unesp, 1992.

SILVA, M. M. A.; NASCIMENTO, D.M. **Paredes de vedação: integração entre projeto e canteiro**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 2007.

SOUZA, Léa Cristina Lucas; ALMEIDA, Manoela Guedes de; BRAGANÇA, Luis. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura** – São Carlos: EdUFSCar, 2006.

SÓ FÍSICA. **Difração de Ondas**. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2018. Consultado em 06/05/2018 às 17:02. Disponível em: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/difracao.php>

SUMMA+: Acustica e Sustentabilidade nas edificações. 124. Ed. Buenos Aires, Argentina.: Donn S.a., 2012.

SULMODULOS. **As vantagens do uso de placas cimentícias na construção civil**. 2015. Consultado em 06/05/2018 às 18:22. Disponível em:

<http://www.sulmodulos.com.br/as-vantagens-do-uso-de-placas-cimenticias-na-construcao-civil-2/>

TÉCHNE. **Light Steel Frame e fechamento em OSB revestido com siding vinílico.** Fernando Benigno da Silva, 2013. Consultado em 06/05/2018 às 18:41. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/196/light-steel-frame-e-fechamento-em-osb-revestido-com-siding-294064-1.aspx>