UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – UNIJUÍ

PAULA MANICA DE MORAES

COMPILAÇÃO DE DADOS DA PERDA DE TRANSMISSÃO SONORA EM PAREDES DE ALVENARIA DE BLOCOS

Ijuí (RS)
2015

PAULA MANICA DE MORAES

COMPILAÇÃO DE DADOS DA PERDA DE TRANSMISSÃO SONORA EM PAREDES DE ALVENARIA DE BLOCOS

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Ma. Tenile Rieger Piovesan

Ijuí (RS)
2015

PAULA MANICA DE MORAES

COMPILAÇÃO DE DADOS DA PERDA DE TRANSMISSÃO SONORA EM PAREDES DE ALVENARIA DE BLOCOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora.

Ijuí, 09 de Novembro 2015

Profª Tenile Rieger Piovesan
Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria - Orientadora

Profª Lia Geovana Sala
Coordenador(a) do Curso de Engenharia Civil/UNIJUÍ
Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina

BANCA EXAMINADORA

Prof. Tarcísio Dorn Oliveira
Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria

Profª Tenile Rieger Piovesan
Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria - Orientadora

Ao meu Deus, que esteve em todo tempo
segurando-me e guiando-me, aos meus maravilhosos pais,
Valmor e Clarice,
pelo amor, apoio, compreensão,
dedico-lhes esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ser Tudo e a razão de tudo, agradeço pela vida e pela família linda que me destes. Há uma eterna gratidão em meu coração, pois em todo tempo segurou em minhas mãos, e muitas vezes carregou-me no colo quando forças já não tinha. Obrigada por ser meu refúgio, meu socorro sempre presente nos dias de angustia. Obrigada pelas pessoas que colocas-te em meu caminho, que me ajudaram, me incentivaram quando tudo parecia estar perdido. Reconheço que sem a mão do Senhor, não chego a nenhum lugar, toda glória e honra somente a Ti, Deus da minha vida.

Aos meus pais, Valmor e Clarice, pela vida, pelo amor incondicional para comigo, por serem minhas bases, pelo apoio sempre dado, pelo investimento, por não medirem esforços, pelo incentivo que desde criança recebi. Obrigada por sonharem comigo, por acreditarem em mim, quando mais nem eu acreditava. Obrigada pelos conselhos, hoje compreendo perfeitamente, e o quanto sou abençoada em ter-lhes ouvido. Eu amo vocês demais! Serei eternamente grata a vocês! Vocês são as minhas riquezas aqui na terra. Obrigada!

A minha irmã Giovana, pelo amor, pelas palavras de incentivo, por estar comigo sempre, eu amo você!

A minha família, em especial a minha tia Vânia que sempre esteve ao meu lado, me ajudando, me incentivando, obrigada pela dedicação e cuidado.

Aos amigos que me incentivaram e me ajudaram nessa caminhada, minha amiga Georgia, meu amigo o Hagi, minha prima Daiane, vocês foram indispensáveis. Obrigada por tudo. Não há palavras que descrevam minha gratidão pela vida de vocês. Amo-os!

As minhas colegas, que viraram verdadeiras amigas, Caroline, Carla, Jamile, Joana Laura e Luana, o meu muito obrigada, pelos estudos, pelas noites em claro fazendo projetos, pela ajuda, pela força, pelo incentivo, vocês valem ouro. Amo vocês!

A minha Orientadora e amiga Tenile, pela disposição, pela ajuda, pelas orações. Por estar ao meu lado quando tudo parecia estar perdido, me deu forças, me ajudou e me orientou da melhor forma possível. Deus foi perfeito em colocar você em meu caminho para orientar-me. Muita obrigada!

Ao professor Maurício também ao laboratorista Maurício, e todo pessoal do departamento da engenharia elétrica pelas ideias, paciência, auxílio, pela ajuda, infelizmente tivemos que mudar o rumo do trabalho. Entretanto, vocês foram fantásticos! Obrigada.

A todos os professores pelo conhecimento compartilhado e a todos os colegas, pela amizade, compartilhamento de conhecimento, união, pois desconheço colegas mais unidos que

nós! Obrigada.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta compartilharam dessa história. Meu carinho, meu abraço e meu muito obrigada!

“Bem sei eu que Tudo Podes, e que nenhum dos Teus pensamentos pode ser impedidos.” (Jó: 42;2)

RESUMO

MORAES,P.M. **COMPILAÇÃO DE DADOS DA PERDA DE TRANSMISSÃO SONORA EM PAREDES DE ALVENARIA DE BLOCOS.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí,2015.

A norma de desempenho NBR 15575 - Edifícios Habitacionais - passou por um processo de modificações, a última publicação, em julho de 2013, gerou um investimento considerável no desenvolvimento de estudos em relação ao desempenho das edificações. A partir disso, o mercado da construção civil tem buscado desenvolver propostas que adequem as novas exigências da norma. O tema de estudo deste trabalho foi direcionado para o desempenho acústico. A pesquisa tem como objetivo apresentar de maneira mais clara e prática as diretrizes estabelecidas pela norma, na área de desempenho acústico, através de análises de resultados experimentais encontrados na bibliografia, relativos à perda de transmissão (PT) sonora entre paredes de alvenaria estrutural. Comparou-se os dados existentes na revisão bibliográfica com os parâmetros descritos na norma de desempenho NBR 15575-4, da Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), que estabelece limites mínimos de isolamento acústico ao ruído aéreo, e também define níveis de desempenho informativos, chamados de intermediário e superior que proporcionam um conforto maior, afim de verificar se as medições, seja em laboratório ou em campo, estão conforme ou não. Espera-se que a análise desses dados de pesquisa bibliográfica ajude na aplicação da norma, mostrando sua importância para evolução desse setor no campo brasileiro.

Palavras-chave: ABNT. Engenharia civil. Norma de desempenho. Ruído. Perda de transmissão sonora. NBR 15575/2013-4.

ABSTRACT

The performance standard NBR 15575 - Residential buildings (July of 2013) - generated a considerable investiment on the development of researches related to the accomplishment of the buildings. By that, the Construction Market has tried to develop proposals that suit the new requirements of the norm.The central theme of this study, was directed to the acoustic performance. The research has as purpose present in a clear and objective way the established guidelines on the norm, in this particular area, by analisis of experimental results found on the bibliography, relating to the sound transmission loss between structural masonry walls. Comparing the data existent on the bibliography review with the parameters described on the performance standard NBR 15575-4, from the Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) that stablishes minimum limits of soundproofing to the aerial noise, also defines levels of informative performance, called intermediate and superior that provide a bigger confort, in order to verify that the measurements both in the laboratory or in the field conform or not. It is expected that the analysis of the literature data helps in the application of the standard, showing its importance for development of this sector in the Brazilian field.

Key words : ABNT. Civil Engeneering. Performance Standard. Noise. Sound Transmission Loss. NBR 15575/2013-4.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Blocos de concreto 22
Figura 2 - Blocos de concreto 22
Figura 3 - Tipos de blocos cerâmicos 23
Figura 4 - Blocos cerâmicos 24
Figura 5 - Etapas construtivas do revestimento de paredes com argamassa 28
Figura 6 - Processamento do som nos seres humanos, do nível físico ao psíquico 33
Figura 7 - Sistema auditivo e grandezas psicoacústicas 33
Figura 8 - Intervalos da psicoácustica 34
Figura 9 - Variação da pressão sonora 36
Figura 10- Variação da pressão ambiente em função do tempo 36
Figura 11 - Meios de transmissão do ruído aéreo 40
Figura 12 - Isolamento de uma parede 41
Figura 13 - Transmissão do ruído aéreo 42
Figura 14 - Balanço energético do som que incide sobre uma superfície 42
Figura 15 - Curva típica de Índice de Redução Sonoro para paredes simples 44
Figura 16 - Efeitos da coincidência 46
Figura 17 - Curva típica de Índice de Redução Sonora – R- para paredes simples espessas ... 47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das alvenarias 17
Quadro 2 - Índice de Redução Sonora ponderado dos componentes construtivos, Rw, para ensaio de laboratório 53
Quadro 3 - Diferença Padronizada de Nível Ponderada entre ambientes, DnT,w, para ensaio de campo 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados de *RW* para paredes/divisórias em bloco estrutural cerâmico..... 55
Tabela 2 - Resultados de Laboratório do índice de redução sonora..... 55
Tabela 3 - Resultados Parede A..... 56
Tabela 4 - Resultados Parede C..... 57
Tabela 5 - Paredes medidas em campo por Martins (2014) / Cozinha- Suíte 57
Tabela 6 - Paredes medidas em campo por Martins (2014) / Sala- Suíte.....58
Tabela 7 - Verificações feitas em campo por Pinto (2011) 58

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

D - Diferença de Nível

DnT,w – Diferença padronizada de nível ponderada

NBR - Norma Brasileira Registrada

PT - Perda de Transmissão

R - Índice de Redução Sonora

Rw – Redução Sonora Ponderado

TL - Transmision Loss

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 Justificativa..... 14
1.2 Objetivos da pesquisa..... 15
1.3 Delimitação 15

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16
2.1 Alvenaria 16
2.1.1 Função, propriedades e classificação da alvenaria 17
2.1.2 Capacidade de suporte 17
2.1.3 Tipos de alvenaria..... 18
2.2 Alvenaria estrutural 19
2.2.1 Vantagens da alvenaria estrutural..... 20
2.2.2 Desvantagens da alvenaria estrutural 20
2.2.3 Tipos de alvenaria estrutural 20
2.2.4 Componentes e elementos da alvenaria estrutural..... 21
2.3 Argamassa de Revestimento 26
2.3.1 Argamassas Industrializadas 30
2.4 Acústica 31
2.4.1 Som e ruído..... 31
2.4.2 Reação dos seres humanos ao som/ruído 32
2.4.3 Conceitos relativos ao som 35
2.4.3.1 Pressão sonora (p)..... 35
2.4.3.2 Frequência (f) e período 36
2.4.3.3 Onda sonora..... 37
2.4.3.4 Nível de pressão sonora e o decibel (dB) 38
2.4.3.5 Velocidade de propagação do som 39
2.4.3.6 Ruído de fundo e ruído ambiente 39
2.4.4 A Transmissão e a Isolação Sonora..... 39
2.4.4.1 Isolação de uma parede..... 41
2.4.5 Índice de redução sonora em parede vibrante 43
2.4.6 Índice de Redução Sonora (Rw)..... 48

2.4.7 Diferença Padronizada de Nível Ponderado (DnT,w).....48

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 49
3.1 Classificação da Pesquisa..... 49
3.2 Delineamento..... 49
3.3 Normativas 50

4 RESULTADOS.....53
5 CONCLUSÃO..... 59
SUGESTÃO DE PRÓXIMAS PESQUISAS 61
REFERÊNCIAS 62

1 INTRODUÇÃO

O desempenho acústico das edificações em geral é relacionado diretamente à qualidade de vidas das pessoas. Cada vez mais o mundo emite ruído. Por esse motivo existe a necessidade de fazer estudos de maneira profunda para reduzir os ruídos mais intensos. Para diminuir a transmissão de energia sonora, que pode ser tanto por via aérea quanto via estrutural, é preciso conhecer a natureza dos ruídos, como estão sendo transmitidos, bem como o desempenho dos materiais utilizados.

Em relação aos aspectos referentes a conforto em ambientes, percebe-se que em projetos arquitetônicos, na maioria das vezes, são enfatizados os aspectos térmicos, de iluminação e ergonômicos muito mais do que tratamento acústico. Esse fator ocorre, normalmente, devido à falta de conhecimento sobre os problemas provocados pelo ruído.

O ser humano passa por diversos ambientes acusticamente poluídos a cada instante, e, querendo ou não, se expõe a ação do ruído. Se a exposição ao ruído for excessiva e constante, poderá acarretar problemas à saúde. Segundo Irvine e Richards (1998), muitas implicações, psicológicas e fisiológicas, são frequentemente atribuídas ao ruído, contudo têm relação causal menos evidente.

Caracteriza-se a execução da alvenaria estrutural como um sistema construtivo simples, eficiente e racional, considerando-se sua simplicidade de ser projetada e de ser dimensionada (COÊLHO, 1998).

Este trabalho mostra a perda de transmissão (PT) - conhecida como Índice de Redução Sonora ou ainda Transmision Loss (TL) -, obtida para paredes de alvenaria estrutural. A alvenaria estrutural é um dos sistemas construtivos mais utilizados na construção civil, por isso optou-se por estudar a determinação dos índices de redução sonoros desse método construtivo.

1.1 Justicativa

Segundo Neto (2006), ruídos e vibrações são problemas bastante comuns nos dias atuais. O som é transmitido tanto pelo ar como pela estrutura, ocasionando desconforto para os usuários, que têm exigido maior qualidade acústica nas suas residências.

Preocupar-se com as implicações do ruído é, de certo modo, interrogar as exigências da vida, avaliando o ruído como um meio de poluição como tantos outros presentes no cotidiano, levando em consideração as diversas formas em que este se apresenta, sendo pelo incômodo gerado,dificuldade de repouso, dores de cabeça, mal estar, perda de privacidade e, alguns casos,pode ocasionar trauma auditivo (SILVA, 1978).

Segundo Reid (1989), o ruído “desgasta” a propriedade do amparo que as edificações fornecem aos seus usuários. Tanto o ruído do exterior, como o do interior, transmitido entre salas, e, ainda, o modo cada vez mais rápido de execução de muitas construções trouxeram, inevitavelmente, uma forte tendência a piorar o problema.

Marco (1990) afirma que existem vários tipos de ruídos e o que os diferencia é o incômodo causado no receptor. Ele esclarece que o ruído pode ser tão forte que ocasione danos imediatos ao ouvido. Pode ser intenso, com danos imutáveis em casos de exposição por longos momentos, pode ser suficientemente forte, impedindo o entendimento de um texto, ou pode ser, unicamente, perturbador.

Dentro deste contexto, segundo Neto (2006), o Brasil destaca-se com as construções de edificações em alvenaria estrutural de blocos de concreto e de blocos cerâmicos, sendo o material cerâmico o mais empregado na região sul, o que demonstra a importância deste estudo.

Assim, justifica-se o estudo pela baixa predominância de pesquisas na área, a qual é tratada pelas normas Brasileiras NBR 15.575 (ABNT,2013) e NBR 10.152 (ABNT 2000), que abordam temas relativos ao desempenho das edificações, estabelecendo valores aceitáveis de acordo com tipo de ocupação.

1.2 Objetivos da pesquisa

Como objetivo geral, a pesquisa visa conhecer o comportamento de paredes em alvenaria de blocos, com o intuito de analisar sua isolação acústica.

Como objetivos específicos esta pesquisa visa:

- Analisar, conforme a norma NBR 15575-4, se os dados obtidos em bibliografia, tanto em laboratório quanto em campo estão de acordo com as condicionantes da norma;
- Estudar a interpretação dada a conceitos básicos de acústica.

1.3 Delimitação

O presente trabalho de conclusão de curso está estruturado em cinco capítulos. Inicia com introdução, referente aos parâmetros aqui estabelecidos. O segundo capítulo trata-se da Revisão Bibliográfica, em que busca-se compreender: a alvenaria, alvenaria estrutural, argamassas, e a acústica. O terceiro capítulo estudado refere-se a metodologia aplicada, e as normativas. O quarto capítulo diz respeito aos resultados compilados em laboratório e em campo, utilizando os métodos mencionados pela norma regulamentadora. Faz-se, um comparativo entre os resultados e a norma regulamentadora. Finaliza-se com conclusões obtidas através dos estudos de medições compiladas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão bibliográfica visa compreender o funcionamento da perda de transmissão sonora de paredes em alvenaria estrutural. Para se analisar os resultados é interessante que se saiba os materiais os quais a parede é constituída e suas especificidades. Assim, com a compressão do sistema, se torna mais fácil interpretar e entender os resultados obtidos.

2.1 Alvenaria

A alvenaria é um método construtivo de paredes e muros, executados com tijolos, blocos, pedras naturais, unidas uma a outra através, ou não, de argamassa de ligação, em fiadas horizontais, ou com parecidas camadas, repetidas sobrepondo-as uma as outras, desenvolvendo um conjunto rígido e coeso. Possui desígnio de organizar espaços internos, proteger contra ações do meio externo, oferecer suporte de carga, além do isolamento termo acústico. De modo geral, a alvenaria deve oferecer condições de resistência, durabilidade e impermeabilidade (BARROS, 2009).

Segundo Paixão (2002), a necessidade do ser humano por abrigo é uma das exigências básicas que o mesmo possui. Desde os tempos em que a humanidade utilizava cavernas como abrigo, passou-se a desenvolver métodos para construir ambientes. A alvenaria é um dos procedimentos mais antigos que continua sendo empregada até os dias de hoje.

O tijolo é o produto de construção mais antigo que o homem criou, foi inventado a mais de 10.000 anos atrás. Na época, havia muita matéria-prima nos vales do Nilo, do Tigre e do Eufrates, o que levou ao desenvolvimento do tijolo cerâmico. Como o material era simples, resistente e durável, este teve seu lugar na história da construção em paralelo com a pedra. Os primeiros tijolos foram moldados à mão, reforçados com vários tipos de materiais e secos ao sol, extremamente resistentes, que utilizaram por um longo período. Os primeiros tijolos cozidos apareceram por volta de 4.000 a.C., representando uma grande etapa do desenvolvimento da humanidade, tendo permitido a realização de grandes obras (SOUSA, 2003).

As edificações construídas de alvenaria estão entre as construções de maior consentimento pelo homem. Nota-se que até os dias de hoje, obras concretizadas em alvenaria há mais de dois mil anos como testemunho de durabilidade e aceitação do material utilizado na construção (DUARTE, 1999).

2.1.1 Função, propriedades e classificação da alvenaria

Segundo Barros (2009), a função principal de uma alvenaria é de separar ambientes, especialmente a alvenaria externa, que tem o principal objetivo de separar o ambiente interno do externo, entretanto, para cumprir a devida função, deverá operar como freio, barreira e filtro seletivo, controlando múltiplas ações e movimentos complicados.

Ainda, segundo o mesmo autor, as propriedades das alvenarias são:

- Resistência a pressão do vento;
- Isolamento térmico e acústico;
- Resistência a umidade e aos movimentos térmicos;
- Resistência a infiltração de água pluvial;
- Controle da migração de vapor de água e regulagem da condensação;
- Base ou substrato para revestimento em geral;
- Segurança para usuários ocupantes;
- Adequar e dividir ambientes (BARROS, 2009).

No quadro 1, é possível observar a classificação das alvenarias:

Quadro 1 - Classificação das alvenarias

CLASSIFICAÇÃO	TIPO
Capacidade de suporte	Alvenaria resistente: alvenaria estrutural não armada, alvenaria estrutural armada não protendida e alvenaria estrutural protendida Alvenaria de vedação
Componentes da alvenaria	Alvenaria de blocos de concreto Alvenaria de tijolos cerâmicos maciços Alvenaria de blocos cerâmicos Alvenaria de blocos sílico-calcáreos Alvenaria de blocos de concreto celular Alvenaria de tijolos de solo estabilizado
Componentes da ligação	Junta seca (sem argamassa de preenchimento entre as unidades de alvenaria) Junta tomada (preenchida com argamassa)
Proteção	Aparente Revestida

Fonte: Sabbatini et al (1988, p. 159)

2.1.2 Capacidade de suporte

De acordo com Barros (2009), pode-se dividir as alvenarias em diferentes grupos, referente à utilização e função, também com sua estrutura adotada para absorver cargas e esforços (já definidos em projetos), ou então somente de vedação, caracterizadas

principalmente entre “alvenarias autoportantes” e “alvenarias de vedação”. O mesmo autor define que:

- Alvenarias de vedação: são meios destinados a separação de ambientes, considerados de vedação por trabalhar no fechamento de locais sob estruturas, tendo necessidade de cuidados básicos para sua estabilidade e dimensionamento.

- Alvenarias autoportantes: são destinadas a absorver as cargas das lajes.

2.1.3 Tipos de alvenaria

Segundo Barros (2009) pode-se conhecer a alvenaria pelo seu material, em que pode ser executadas com pedras naturais e pedras artificiais. As pedras naturais são conhecidas como pedras irregulares, em que são pedras que se encontram em seu estado natural, simplesmente encaixadas uma na outra ou ainda assentadas com argamassas; e também, conhecidas como pedras regulares, sendo estas pedras naturais trabalhadas, regulares ou não, assentadas com juntas argamassadas ou secas, travadas ou alinhadas.

Já as pedras artificiais são tijolos comuns ou maciços os quais são aplicados na construção de paredes, pilares, muros, fundações diretas, entre outros; tijolo refratário estes são resistentes a temperatura máxima de 1200 ° C, sem que ocorra vitrificações ou deformações**,** aplica-se em revestimento de lareiras, fornos, entre outros; tijolo furado são extrudados ou laminados, tem como característica em seu interior, pequenos furos, que reduzem o peso do tijolo, e em sua parte externa apresenta uma série de rachaduras. Recomenda-se esse tipo de tijolo para separação de compartimentos; Blocos de concreto possuem característica vazada no sentindo da altura, sua resistência a compressão é de 30 Mpa. São produzidos com agregados inertes e cimento Portland, sem ou com aditivos, moldados em prensas vibradoras; bloco de concreto leve, possui característica porosa, leve, resistente e estável. Apresenta-se em produto em blocos ou painéis, com variadas dimensões e espessuras, em que comportam a execução de paredes de vedação e lajes; bloco de solo-cimento, estes são fabricados com massa de solos argilosos ou arenoargilosos e cimento Portland, com um teor baixo de umidade, em prensa hidráulica, formando então tijolos maciços. Pode-se construir paredes monolíticas, através do esmagamento da massa e formas deslizantes, entre pilares guia.

2.2 Alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural é um sistema que nos últimos tempos tem sido bastante utilizada, pois as paredes são construídas com blocos que, além de fazer a vedação do ambiente, serve como estrutura da edificação, a mesma suporta a carga das próprias paredes, da laje, da cobertura e da ocupação em si.

Por se tratar de um sistema construtivo simples, este traz inúmeras vantagens do ponto de vista da construção, possibilita a racionalização do processo, pois há uma consequente diminuição de custos e prazos. Estes motivos justificam a difusão da alvenaria em praticamente todas as regiões do país, num curto espaço de tempo (FRANCO, 1992).

Segundo Kalil (2007), a alvenaria é um método construtivo que usa peças industrializadas de dimensões e peso que as fazem manejáveis, unidas por argamassa, assim tornando-se monolítico. Estas peças industrializadas podem ser moldadas em cerâmica, concreto e sílico-calcáreo.

No Brasil, a técnica de cálculo e execução da alvenaria estrutural deu-se no final dos anos 60, entretanto, ainda é pouco conhecida da maioria dos profissionais da Engenharia Civil. As pesquisas e a abertura de novas fábricas relacionadas a esse tema tem feito com que mais construtores se interessem e utilizem o sistema (ROMAN; MUTTI; ARAÚJO, 1999).

Em 1966, no Brasil foram construídos os primeiros prédios em alvenaria estrutural, com 4 pavimentos em alvenaria armada de blocos de concreto, no Conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa”. Há uma estimativa que entre os anos de 1964 e 1966, tenham sido executados mais de dois milhões de unidades habitacionais em alvenaria estrutural em território nacional (KALIL, 2007).

Ainda, segundo Kalil (2007), a alvenaria estrutural atingiu o cume no Brasil nos anos 80, lançada com a construção dos conjuntos habitacionais, onde ficou apresentada como um sistema para baixa renda. Por seu grande potencial de redução de custos diversas construtoras e produtoras de blocos investiram na tecnologia para ela tornar-se ainda mais vantajosa.

Na criação de uma edificação em alvenaria estrutural é básica a perfeita integração entre Arquiteto e Engenheiro calculista, pois objetiva-se a obtenção de uma estrutura econômica e competente para suportar todos os esforços previstos sem prejuízo das demais funções: compartimentação, vedação, isolamento termo acústico, instalações hidráulicas, elétricas, telefônicas e ter função estética (KALIL, 2007).

2.2.1 Vantagens da alvenaria estrutural

Segundo Neto (2006), a alvenaria estrutural tem se destacado por aspectos técnicos e econômicos que tratam fatores como: a economia no uso de fôrmas e nos revestimentos, a redução de desperdícios, a simplificação e a rapidez na execução. As fôrmas são utilizadas apenas para fazer a concretagem da laje, pois o sistema não utiliza vigas e pilares. O controle tecnológico e a precisão dimensional dos blocos levam a uma significativa redução dos revestimentos.

Neto (2006) também fala que as tubulações são embutidas nos vazados verticais dos blocos, tendo-se assim uma diminuição em "rasgos" da alvenaria. Além das etapas construtivas acontecerem simultaneamente, pois há rapidez no processo construtivo, diminuindo o tempo de execução da obra.

Kalil (2007) afirma que as maiores vantagens da alvenaria estrutural em relação ao processo convencional são: a economia no uso de madeira para formas; a redução no uso de concreto e ferragens; redução na mão-de-obra em carpintaria e ferraria; facilidade de treinar mão-de-obra qualificada; projetos são mais fáceis de detalhar; maior rapidez e facilidade de construção; menor número de equipes ou subcontratados de trabalho; ótima resistência ao fogo; ótimas características de isolamento termo acústicos; flexibilidade arquitetônica pelas pequenas dimensões do bloco.

2.2.2 Desvantagens da alvenaria estrutural

Kalil (2007) fala que, apesar de apresentar muitas vantagens, esse sistema construtivo não é flexível, impossibilitando a adaptação arquitetônica, ou seja, as paredes não podem ser removidas sem serem substituídas por outro elemento equivalente a função. Além que não existe possibilidade de efetuar modificações na disposição arquitetônica original, o projeto arquitetônico é restrito e os vãos livres são limitados.

2.2.3 Tipos de alvenaria estrutural

Para Camacho (2001), a alvenaria estrutural classifica-se em relação ao processo construtivo empregado, quanto ao tipo de unidades ou ao material utilizado, conforme:

a) Alvenaria Estrutural Armada: é o processo construtivo em que, por necessidade estrutural, os elementos estruturais possuem armadura passiva de aço. Essas armaduras são dispostas nas cavidades dos blocos que após são preenchidas com Graute.

b) Alvenaria Estrutural Não Armada: é o processo construtivo em que nos elementos estruturais existem somente armaduras com finalidades construtivas, de modo a prevenir problemas patológicos (fissuras, concentração de tensões etc.).

c) Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada: é o processo construtivo em que alguns elementos resistentes são projetados como armados e outros como não armados.

d) Alvenaria Estrutural Protendida: é o processo construtivo em que existe uma armadura ativa de aço contida no elemento resistente.

e) Alvenaria Estrutural de Tijolos ou de Blocos: é função do tipo das unidades.

f) Alvenaria Estrutural Cerâmica ou de Concreto: conforme as unidades (tijolos ou blocos) sejam de material cerâmico ou de concreto.

2.2.4 Componentes e elementos da alvenaria estrutural

Segundo Camacho (2001), os componentes da alvenaria estrutural são os blocos (concreto, cerâmico, sílico-calcário), argamassa de assentamento, graute e armadura.

a) Bloco:

Este é componente mais importante, comanda a resistência à compressão e origina os procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos (CAMACHO, 2001)

Segundo Ramalho e Correa (2003), no Brasil as unidades mais utilizadas para edificações de alvenaria estrutural são, em ordem decrescente de utilização: unidades de concreto, unidades cerâmicas e unidades sílico-calcárias.

O que diferencia um bloco de um tijolo é, basicamente, pelos blocos possuírem maiores dimensões que as máximas destes (250 x 120 x 55 mm, de comprimento, largura e altura, respectivamente) (CAVALHEIRO, 1995).

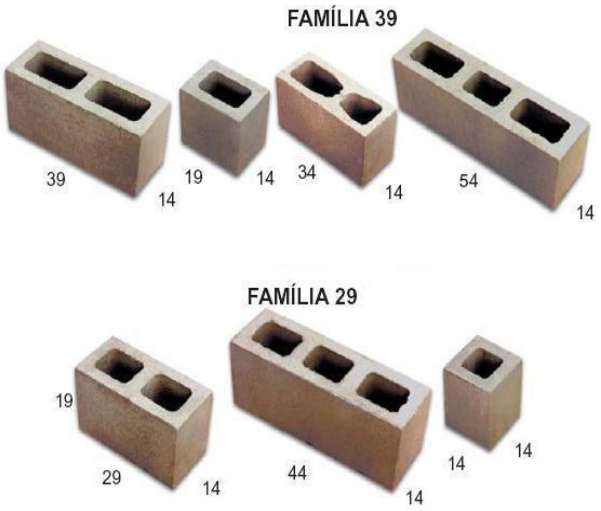
Segundo Roman, Mutti e Araújo (1999),quanto a utilização em alvenaria estrutural, as unidades devem apresentar as seguintes especificações: resistência à compressão, baixa absorção de água, durabilidade e estabilidade dimensional.

a.1) Bloco de concreto

Segundo Neto (2006), os blocos de concreto são os mais utilizados no Brasil, confeccionados em diversas geometrias e resistências à compressão. Obtidos pela mistura e cura do cimento Portland, agregados (graúdo e miúdo) e água. Deve apresentar tolerância dimensional em média de 3mm, conforme figura (01) e figura (2).

Roman, Mutti e Araújo (1999) falam que os blocos-padrão encontrados apresentam resistência à compressão de 6 a 15 Mpa, podendo apresentar, em casos especiais, resistência de até 20 Mpa.

Figura 1 - Blocos de concreto



Fonte: Désir (2015)

Figura 2 - Blocos de concreto

Fonte: Désir (2015)

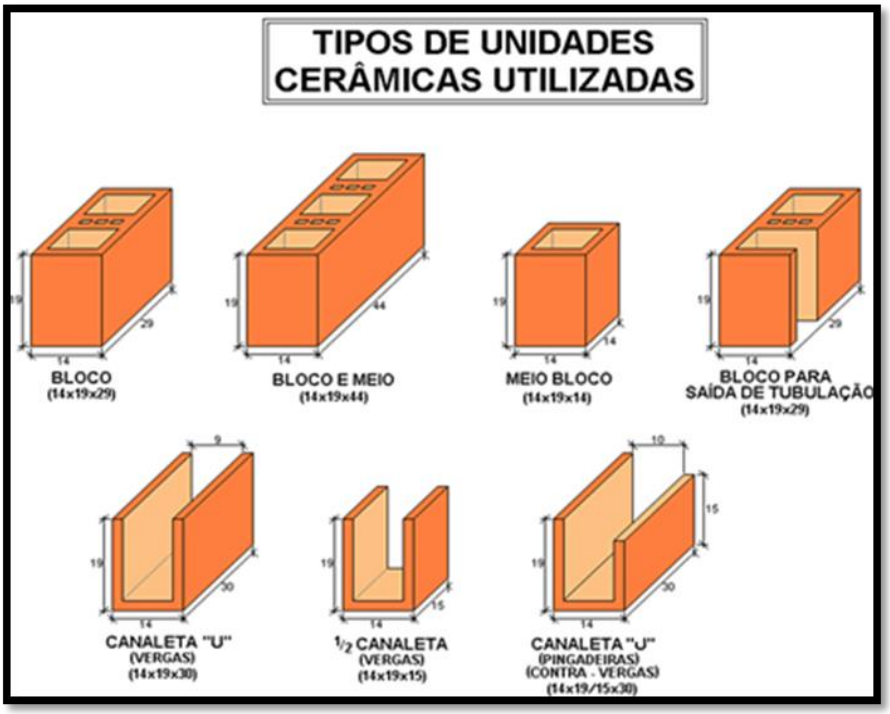
a.2) Blocos cerâmicos

Segundo Neto (2006), o bloco cerâmico é o mais utilizado na região Sul do Brasil, em que a argila – que é a matéria prima da unidade – é de boa qualidade. Outro fator para esta predominância na região é a existência de empresas cerâmicas locais com tecnologia avançada. Nestas empresas as unidades são moldadas em máquinas extrusoras, expostas a secagem e queimadas sob temperaturas bastante elevadas, exibindo uma porosidade bem baixa devido à sinterização perfeita, conforme figuras 03 e 04.

Conforme Roman, Mutti e Araújo (1999), a qualidade das unidades cerâmicas está estritamente ligada à qualidade das argilas empregadas na fabricação e também ao processo de produção.

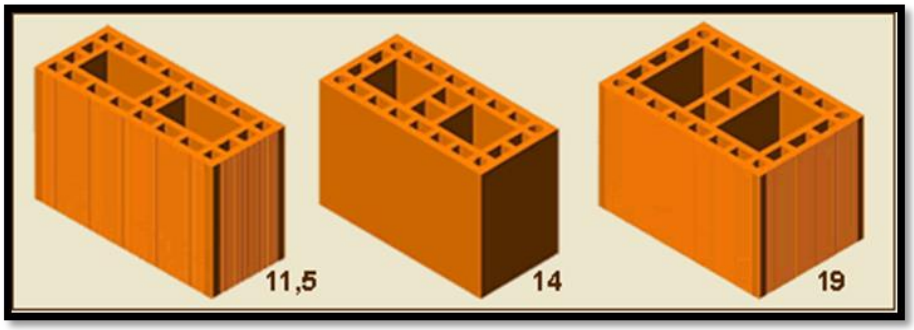
Neto (2006) fala que da mesma maneira que em blocos de concreto, as fissuras, as trincas e outros defeitos nos blocos cerâmicos podem ocasionar prejuízos, tanto na resistência da obra quanto no assentamento dos blocos.

Figura 3 - Tipos de blocos cerâmicos



Fonte: Pedreirão (2012).

Figura 4 - Blocos cerâmicos



Fonte: Pedreirão (2012).

a.3) Bloco sílico calcário

Para Neto (2006), esses blocos são fabricadas a partir de uma mistura homogênea de areia silicosa (quartzosa) e cal virgem em pó, moldadas em prensas hidráulicas e curadas por vapor de pressão. Estes apresentam uma boa resistência à compressão, durabilidade e uma grande igualdade dimensional.

Segundo Duarte (1999), os blocos cerâmicos e os de concreto têm dimensões parecidas, de maneira que a resistência e produtividade se equivalem. A vantagem do bloco cerâmico é possuir uma porosidade inferior a do bloco de concreto. Essa porosidade inferior garante uma maior estanqueidade das paredes externas contra infiltrações derivadas da chuva. Outra vantagem está em que a alvenaria cerâmica não apresenta retração, precisando menor quantidade de juntas de movimentação.

b) Argamassa de assentamento

Conforme Pozzobon (2003), a argamassa é o agente conhecido como agregador entre os blocos. A mesma deve ser resistente, durável, deve manter a parede em condições estruturais por toda vida útil da edificação e, também, deve ajudar a criar uma barreira resistente à água. Deve amoldar-se as variações dimensionais e as tensões nos blocos, quando estes são assentados.

Neto (2006) fala que as argamassas mistas, compostas por areia, cimento, cal e água, são mais adequadas para a utilização na alvenaria estrutural.

c) Graute

De acordo com Manzione (2004), o graute é conhecido como um microconcreto de alta plasticidade em que sua principal função é aumentar a resistência da parede à compressão, pelo motivo do aumento da seção transversal do bloco. Quando compatibilizado com o uso de armaduras em seu interior, o graute combaterá também esforços de tração.

Recomenda-se, quando possível, utilizar graute de fiada em fiada, ou pelo menos em duas vezes, uma até meio pé direito e a outra ao se atingir a última fiada. Este procedimento diminuirá a possibilidade de ocorrência de vazios nas cavidades dos blocos (ROMAN; MUTTI; ARAÚJO, 1999).

d) Armadura

Para Neto (2006), as armaduras usadas junto com o graute têm a função de combater os esforços de tração na alvenaria. Outro tipo de armadura usada na alvenaria estrutural são os elementos de amarração de paredes, conhecidos como “grampos”. Recomenda-se que a alvenaria trabalhe com suas juntas amarradas, sendo a utilização de “grampos” apenas em casos especiais. Já os elementos da alvenaria estrutural, como trata Camacho (2001), são as estruturas formadas a partir dos componentes. Os principais são:

a) Parede resistente: é uma parede com função de resistir às ações atuantes na estrutura, além de seu peso próprio, desempenha-se também as funções de vedação.

b) Parede de contraventamento: parede resistente que além de resistir às ações verticais, tem a função de resistir às ações horizontais.

c) Parede de Fechamento: parede para resistir somente ao seu peso próprio e desempenhar as funções de vedação.

d) Pilar: é o meio que absorve ações verticais em que a relação de seus lados seja inferior a cinco.

e) Verga: elemento estrutural colocado sobre os vãos das aberturas com o desígnio de transmitir as ações verticais para as paredes adjacentes.

f) Contraverga: elemento estrutural colocado sob os vãos das aberturas com o desígnio de absorver tensões de tração nos cantos.

g) Coxim: elemento estrutural não contínuo, apoiado na parede, com o desígnio de distribuir cargas verticais.

h) Cinta: elemento estrutural apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes, vergas ou contravergas, com o desígnio de uniformizar a distribuição das ações verticais e servir de travamento e amarração.

i) Enrijecedores: elementos estruturais ligados a uma parede resistente com o desígnio de produzir um enrijecimento na direção perpendicular ao plano da parede.

j) Diafragma: elemento estrutural laminar aceitado como rígido em seu próprio plano e sem rigidez na direção perpendicular, sendo na maioria das vezes o caso das lajes maciças.

2.3 Argamassa de Revestimento

Segundo Kersting (2014), as argamassas são compostas por mistura homogênea com um ou mais aglomerantes (cimento ou cal), agregado miúdo (areia) e água. Podendo ainda adicionar aditivos com intuito de melhorar ou atribuir propriedades a argamassa.

De acordo com Sabattini (1990), revestimento argamassado apresenta importantes funções numa construção, tais como:

a) proteger os elementos de vedação dos edifícios e construções da ação direta dos agentes agressivos;
b) auxiliar as vedações no cumprimento de suas funções como, por exemplo, isolamento termo-acústico, estanqueidade a água e os gases;
c) regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequada ao recebimento de outros revestimentos ou constituir-se no acabamento final';
d) Contribuir para estética da fachada.

De acordo com a NBR 13529 (ABNT,2013), as proporções entre os constituintes da mistura e sua aplicação no revestimento diferem, recebendo então distintos nomes em seu emprego.

As etapas construtivas do revestimento argamassado são:

1º Chapisco: argamassa, traço 1:4, cimento e areia grossa, espessura de 3 a 5mm. Teto e piso concreto, o traço 1:3. Aplicado na parede úmida, serve para impermeabilizar e como substrato de aderência. O chapisco não deve ser considerado como uma camada de revestimento. É um procedimento de preparação da base, de espessura irregular, sendo necessário ou não, conforme a natureza da base (SABBATINI, 1990). A utilização do chapisco, objetiva melhorar as condições de aderência da primeira camada do revestimento à base. Figura 5.

2º Emboço: argamassa traço 1:4, cal hidratada e areia média, espessura de 15mm. Teto – traço 1:2:9 (cimento, cal e areia), vedar a alvenaria, regularizar a superfície, e proteger a base;

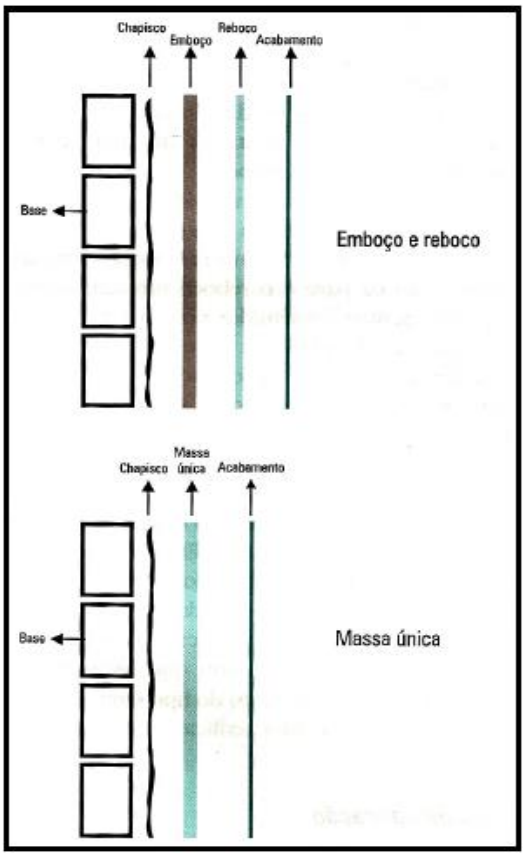
O emboço, ou massa grossa, é uma camada cuja principal função é a regularização da superfície de alvenaria, devendo apresentar espessura média entre 15 mm e 25 mm. É aplicada diretamente sobre a base previamente preparada (com ou sem chapisco) e se destina a receber as camadas posteriores do revestimento - reboco ou outro revestimento final. Para tanto deve apresentar porosidade e textura superficiais compatíveis com a capacidade de aderência do acabamento final previsto. Ambas são características determinadas pela granulometria dos materiais e pela técnica de execução (SABBATINI, 1990). Figura 5

3º Reboco: massa fina industrializada, traço 1:4 (cal e areia fina), prepara a parede para pintura, aspecto acetinado. O reboco, ou massa fina, confere a textura superficial final aos revestimentos de múltiplas camadas, sendo a pintura, em geral, aplicada diretamente sobre o mesmo. Portanto, não deve apresentar fissuras principalmente em aplicações externas. Para isto, a argamassa deverá apresentar elevada capacidade de acomodar deformações.

O reboco, aplicado sobre paredes internas ou externas, estará sujeito ao desgaste superficial provocado por atividades do usuário ou por agentes agressivos ambientais. Deve apresentar resistência superficial que lhe garanta absorver estas solicitações sem danificar-se (SABBATINI, 1990), figura 5.

Existe ainda a massa única, conhecida também como emboço paulista.Esse revestimento é executado em apenas uma camada, cumprindo funções do emboço e reboco. Figura 5.

Figura 5- Etapas construtivas do revestimento de paredes com argamassa



Fonte: Sabbatine e Baía (2008)

Propriedades ideais do revestimento de argamassa

Para Kersting (2014), as propriedades ideais do revestimento de argamassa:

a) Capacidade de aderência:

Pode-se dizer que a aderência é a propriedade que possibilita a camada de revestimento resistir as tensões normais e tangenciais atuantes na interface com a base.

Um fator que é de grande importância para aderência do revestimento à base é aquele que a camada de argamassa tenha a maior extensão efetiva de contato possível. Essa extensão depende dos seguintes fatores:

- Trabalhabilidade da argamassa e técnica de execução do revestimento: pois se a argamassa tiver trabalhabilidade adequada, a argamassa poderá mostrar contato mais extensor com a base através de um espalhamento melhor.
- Natureza e características da base: a natureza, o diâmetro e a distribuição dos tamanhos dos poros são parâmetros que determinam a rugosidade superficial e a capacidade de

absorção da base, podendo aumentar ou não a extensão de aderência e a ancoragem do revestimento;

- Condições de limpeza da superfície de aplicação: A extensão da aderência é envolvida pela existência de partículas soltas ou de grãos de areia, fungos, concentração de sais na superfície, camadas superficiais de desmoldante ou graxa, ou ainda pela própria poeira que representam obstáculos para ancoragem do revestimento à base.

b) Resistência mecânica:

O revestimento pronto deve possuir uma qualidade boa de resistência mecânica para então suportar diferentes esforços de variadas naturezas, em que resultam em tensões internas de tração, compressão e cisalhamento. Alguns exemplos dessas soluções são os esforços de abrasão superficial, cargas de impacto e movimentos de contração e expansão dos revestimentos devido o efeito de umidade. Um método que é bastante conhecido, entretanto empírico para especificações é o risco com prego ou qualquer objeto pontiagudo, usual em obra para qualificar a resistência superficial de revestimentos.

c) Capacidade de absorver deformações:

O revestimento deve possuir capacidade de absorver deformações intrínsecas,ou seja, dele mesmo, ou extrínsecas, que é da base, sem sofrer ruptura, sem perder aderência além de não não apresentar fissuras. Essa capacidade de absorver deformações é dirigida pela resistência à tração e pelo módulo de deformação do revestimento.

A capacidade que a base tem de absorção pode regular a perda de água do revestimento durante seu endurecimento e o desenvolvimento inicial de resistência à tração. Quanto mais lenta for a perda de água da argamassa, melhor será para a resistência mecânica do revestimento.

Em relação à técnica de execução, a mesma estabelece o grau de compactação do revestimento e os momentos de sarrafeamento e desempeno. Os parâmetros citados determinam o teor de umidade remanescente no revestimento, ou seja, executar o sarrafeamento e o desempeno em momento inadequado resulta em excesso de água, podendo ser prejudicial ao revestimento, comprometendo sua aderência a base.

Um fator que se deve evitar é a fissuração, pois além do revestimento perder sua capacidade de estanqueidade, a capacidade de aderência pode ficar comprometida no entorno da região fissurada. Tensões tangenciais surgem na interface base/revestimento, próxima as fissuras, podendo então ultrapassar o limite de resistência ao cisalhamento da interface, possibilitando o deslocamento do revestimento. Além disso, fissuras podem comprometer a durabilidade e o acabamento final previsto.

d) Estanqueidade:

Existem vários fatores que influenciam na estanqueidade do revestimento, como a natureza dos materiais constituintes da argamassa e as proporções, a técnica de execução, a espessura da camada, a quantidade e a natureza da base e o tipo de fissuras existentes.

Para se ter uma boa estanqueidade o revestimento deve proteger a base contra intempéries. A estanqueidade é uma propriedade dos revestimentos em que relaciona-se com a absorção capilar de sua estrutura porosa eventualmente fissurada da camada de argamassa endurecida.

e) Acabamento:

Outro fator que possui bastante importância é a rugosidade e porosidade superficiais, pois estão relacionadas com funções estéticas e com compatibilização do revestimento de argamassa com sistema de pintura, e também influenciam de forma decisiva na estanqueidade, na resistência mecânica e na durabilidade do revestimento.

A durabilidade de revestimentos argamassados, é uma propriedade complexa e depende de procedimentos adequados desde o projeto até seu uso final.

f) Espessura do revestimento:

Outro fator que deve ser observado é a espessura do revestimento, pois se essa estiver com excesso, podem ocorrer fissuras de retração, que podem comprometer a capacidade de aderência e a impermeabilidade do revestimento. Quando a execução da técnica for inadequada, pode provocar e/ou agravar o aparecimento dessas fissuras.

2.3.1 Argamassas industrializadas

Conforme a NBR 13529 (1995), se a argamassa for industrializada o fabricante terá que fornecer ao cliente uma ficha técnica do Sistema base/chapisco/argamassa contendo os valores das propriedades solicitadas pelo comprador, que é o que vai comprovar a qualidade do Sistema, previstos em projeto, além de manter as propriedades ao longo do fornecimento.

Friedrich (2010) destaca que a ficha mencionada pela NBR 13529 deve especificar o tempo e forma a qual se deve fazer a mistura, podendo ser manual ou mecânica; a relação entre água e materiais secos, além da forma de aplicação;a espessura máxima das camadas; a adição de outras substâncias, além do reaproveitamento descarte da argamassa.

2.4 Acústica

2.4.1 Som e ruído

A acústica como matéria do som restaura ao tempo dos filósofos gregos, que foram os grandes pesquisadores das primeiras relações entre a altura de um som com o comprimento de uma corda. Pitágoras desvendou a lei da harmonia, conforme a qual, dois sons estão em harmonia se a relação entre suas frequências for igual à razão entre dois números inteiros pequenos (LAMOUNIER, 2008). Neste sentido:

> Foi somente no final do século XVII, que apareceram as primeiras noções e ideias ligando a altura de um som ao número de vibrações por segundo. Estudos posteriores sobre vibrações e velocidade de propagação sonora, assim como o desenvolvimento da teoria ondulatória do som, contribuíram para estabelecer as bases científicas da Acústica. Essas bases foram importantes para o surgimento de estudos relacionados à acústica arquitetônica. Embora, os materiais acústicos sejam empregados desde a década de 50, existem poucos estudos relativos à avaliação do comportamento acústico desses materiais. (LAMOUNIER, 2008, p. 18).

O som está presente em todos os ambientes, no dia-a-dia das pessoas, este se apresenta em várias maneiras, como no toque de uma campainha, no choro de uma criança, através do canto dos pássaros, entre outras formas. Contudo, existem sons nos dias de hoje que são considerados desagradáveis além de indesejáveis (GERGES, 2000).

Segundo Carvalho (2010), som é a onda mecânica transmitida ou ainda emitida em uma corporação que seja vibrante, que possa ser audível pelo homem. Esta onda pode absorver-se em qualquer sentido em uma energia, evidenciando-se sua direção. Para seu alastramento, o som precisa de um meio, podendo ser ele gasoso, sólido ou líquido.

No entendimento de Bistafa (2011), o som caracteriza-se pela sensação produzida no sistema auditivo; já o ruído, que também é um som, é chamado pelo autor de som indesejável. Ele ainda fala que sons são vibrações das partículas do ar que se propagam a partir das estruturas vibrantes.

> Considerando ruído como som indesejável, insinua-se o julgamento da serventia do som, um julgamento que depende do contexto. O que significa “indesejável”? O que dizer do som de uma serra elétrica, ou do sobrevoo de um helicóptero? Por certo seriam qualificados como ruído se a circunstância fosse a de tentar dormir. No entanto, esses mesmo sons teriam qualificação bastante distinta no caso de um supervisor de obras da construção civil monitorando a atividade de seus subordinados a distância, ou no caso de um náufrago, em um bote salva-vidas, no meio do Oceano Atlântico, aflito pela chegada do resgate (BISTAFA,2011,p.17).

Conforme Gerges (2006), o ruído é considerado um dos maiores problemas atualmente, especialmente o ruído nas áreas urbanas, causado por estabelecimentos (bares, boates, restaurantes, indústrias, entre outros) e o tráfego de veículos. O ruído é um poluente de complexo controle devido à diversidade de origens e por sua onipresença, verificada principalmente nas grandes metrópoles (LEONEL, 1994).

Bistafa (2011) define som como a percepção produzida no sistema auditivo e ruído como um som sem harmonia, de modo geral de conotação negativa. O autor ainda afirma que eliminá-los como um todo não deve ser o objetivo dos projetistas. Deste modo, o autor destaca que:

> Tentar dormir em um quarto muito silencioso também pode ser perturbador, pois se necessita de algum ruído para evitar a sensação de total privação. Após alguns minutos em um ambiente excessivamente silencioso, a audição ficará mais sensível, tornando o individuo mais susceptível aos ruídos da corrente sanguínea nos capilares do Sistema auditivo, ruídos do aparelho digestivo e das batidas do coração. Escutar os batimentos cardíacos pode ser perturbador, pois o coração não bate com perfeita regularidade. Porém, o principal fator que torna sem sentido a complete eliminação do ruído é que, com frequência, se sobrepõe ao ruído principal o ruído de fontes secundárias. Estas geram no ponto de interesse o chamado ruído de fundo, que normalmente não pode ser eliminado. (BISTAFA, 2011, p. 17-18).

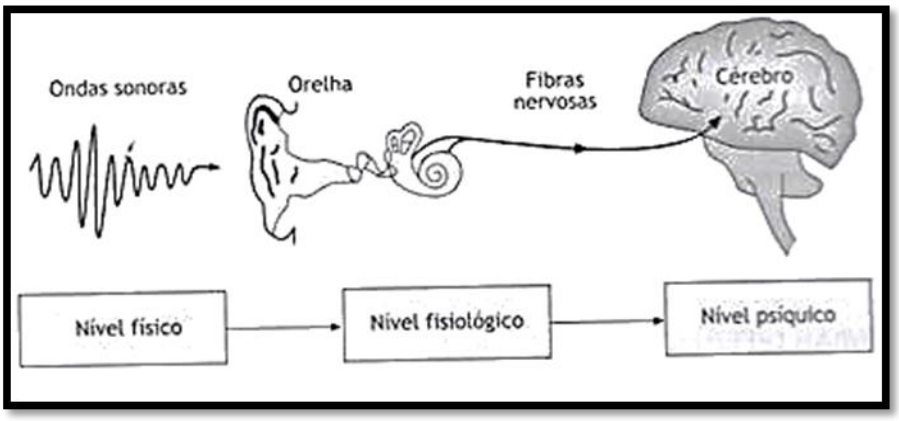
Nos dias de hoje ter interesse pelos efeitos do ruído, é considerar o ruído como um elemento de poluição como tantos outros existentes no cotidiano, além de levar em consideração as diversas formas que milhões de pessoas o sentem através do incômodo que este gera como a dificuldade de descansar, perturbações e perda de privacidade.

Reid (1989) afirma que o ruído de certa forma corrói a qualidade do abrigo que as edificações fornecem a seus moradores. Tanto o ruído interior, quanto o exterior, como o do tráfego rodoviário ou aéreo, transmitido entre salas, e, também, as construções estão sendo executadas de forma rápida, e ineficiente, tendendo a agravar ainda mais o problema.

2.4.2 Reação dos seres humanos ao som/ruído

Bistafa (2011) fala que as informações de ondas sonoras são percebidas, processadas e codificadas em nível fisiológico pela orelha, e enviadas ao cérebro pelas fibras nervosas auditivas. O cérebro interpreta no nível psíquico as informações recebidas e determina seu significado e importância, conforme Figura 6.

Figura 6 - Processamento do som nos seres humanos, do nível físico ao psíquico



Fonte: Bistafa (2011, p. 380)

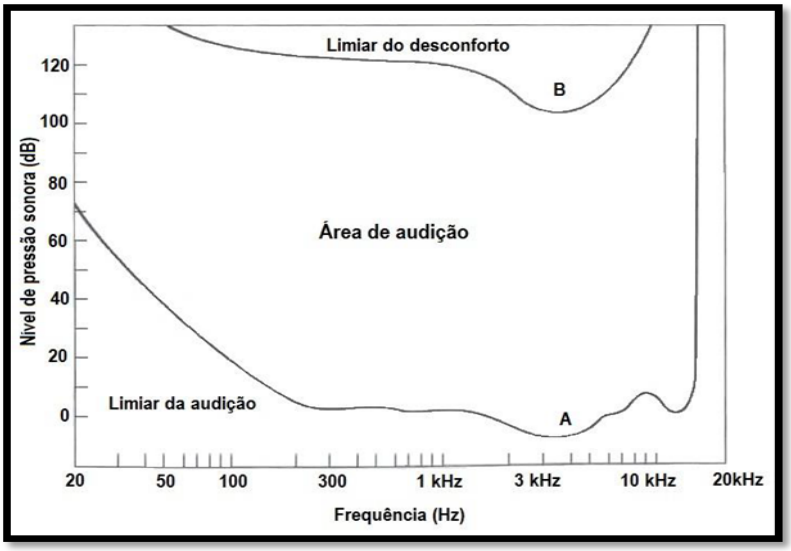
O som caracteriza-se por grandezas físicas, enquanto as sensações são características de grandezas psicoacústicas. O sistema auditivo transforma sons em sensações psíquicas, conforme Figura 7 (BISTAFA, 2011).

Figura 7 - Sistema auditivo e grandezas psicoacústicas

Fonte: Adaptado de Bistafa (2011, p. 380)

O som caracteriza-se como uma grandeza física e a percepção classifica-se como grandeza psicoacústica. Conforme Bistafa (2011), as curvas A e B da figura 08 chamam-se de área de audição, em que ocorrem todas as experiências auditivas das pessoas. É uma área que possui duas dimensões: a vertical, que trata dos níveis de pressão sonora; e a horizontal, que trata das frequências.

Figura 8 - Intervalos da psicoácustica



Fonte: Bistafa (2011, p. 380)

O ouvido humano é capaz de captar sons de forma não linear, de 20 a 20000 Hz. Sons que se encaixam dentro dessa faixa de áudio são chamados de sons audíveis, os sons com frequência inferior a 20 Hz são denominados infrassons, enquanto sons com frequência superior a da faixa de áudio são denominados ultrassons (BISTAFA, 2011).

Segundo Gerges (2000), o principal e primeiro efeito causado pela alta exposição ao ruído, é uma temporária e pequena perda de audição. Percebe-se esse efeito através da sensação de ruído após o afastamento do local gerador do mesmo, sendo que após algum tempo recupera-se o nível original de audição.

Para Carmo (1999), o ruído afeta o organismo humano de formas diferentes, causando danos ao sistema auditivo, e também, o comprometimento das atividades psíquicas, fisiológicas e físicas do indivíduo.

Para avaliar os efeitos do ruído em um grupo de pessoas, sujeitas aos mais diversos tipos de ruído, segundo Bistafa (2011), foram realizados 55 estudos de caso de ruído em comunidades, com finalidade de analisar o efeito do ruído, de tráfegos aéreo e de veículos, que provoca nas pessoas. Na maioria dos casos, resultam uma grande quantidade de pessoas perturbadas pelo barulho de tráfego veicular e aéreo. As pessoas também ficam perturbadas com outras atividades, tais como, atividades comerciais, fábricas, subestações de energia elétrica, atividades de lazer, entre outras atividades, caracterizando as mesmas como incômodos.

Turner e Pretlove (1992) falam que um ruído quando muito alto pode prejudicar por completo toda a estrutura do ouvido, resultando em perda permanente ou temporária da audição. Isso pode ocorrer devido a sons de alta intensidade, como aqueles produzidos por explosões ou ainda escapamentos de jato, que atingem em média 150 dB (cento e cinquenta decibel), que pode então romper o tímpano. A perda crônica da audição ocorre pela exposição contínua e excessiva a ruídos muito altos, é o que acontece com operários de indústrias, por exemplo.

O efeito do ruído no corpo humano causa sérios danos ao mesmo, como: aceleração da pulsação, aumento da pressão sanguínea e estreitamento dos vasos sanguíneos, dilatação da pupila, aumento da produção de hormônios da tireoide, entre outros fatores, conforme figura 8 (GERGES, 2000).

2.4.3 Conceitos relativos ao som

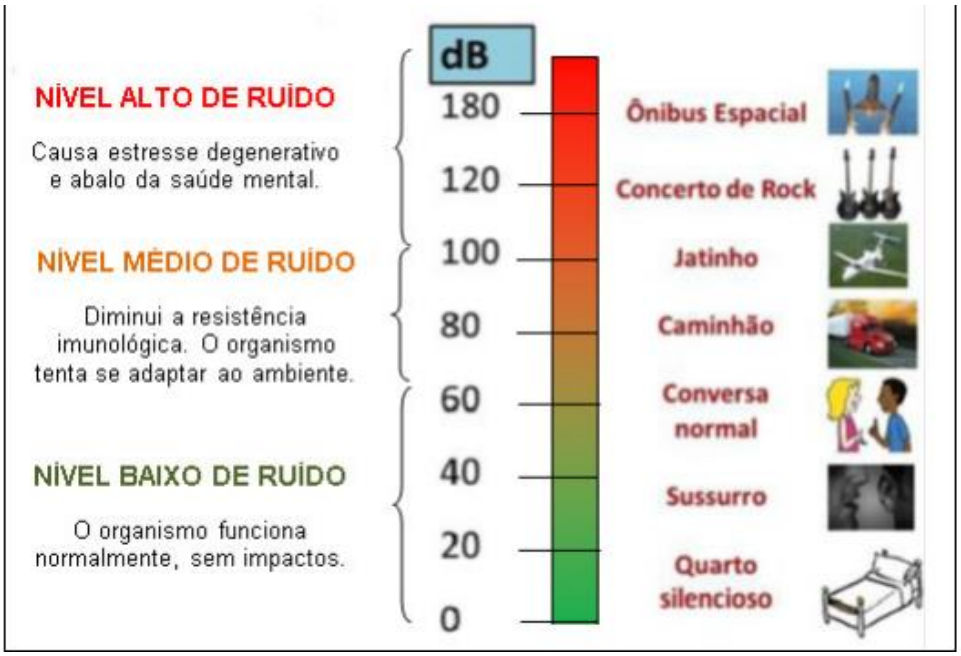
2.4.3.1 Pressão sonora (p)

É a diferença entre a pressão instantânea do ar na presença de ondas sonoras e a pressão atmosférica.

De acordo com Bistafa (2011), quando a variação da pressão ambiente for cíclica,com período T, entendido entre T1 e T2, e quando a amplitude (A) for maior que o limiar da audição o sistema auditivo detectará som. Assim, a variação da pressão ambiente é chamada de pressão sonora, ou ainda pressão acústica.

Neto (2006) afirma que a faixa de audibilidade com que o ouvido humano percebe os sons, varia de 0,00002 N/m² (20Hz),que é a mínima pressão perceptível a frequência de 1.000 Hz, até valores bastante elevados que podem chegar a 200 N/m² (20000Hz), sendo esse valor considerado como limiar da dor. Desta maneira a variação de pressão sonora audível situa-se entre 20 μPa e 20 Pa. Figura 09

Figura 9 - Variação da pressão sonora

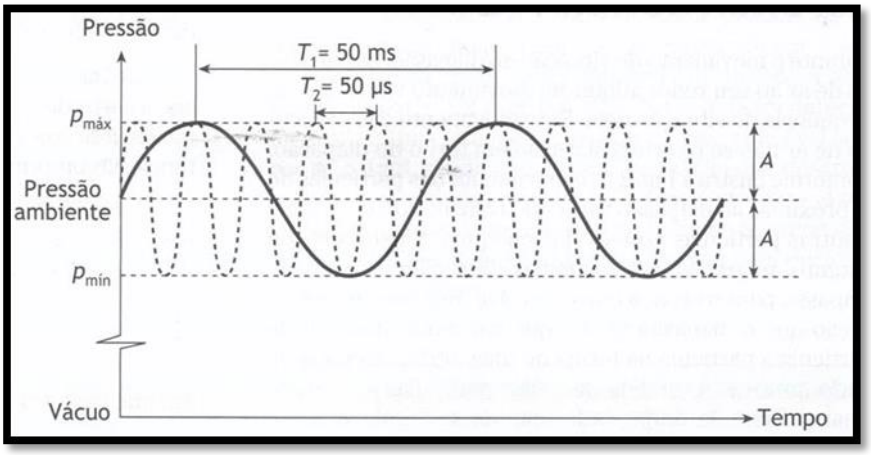


Fonte: Adaptada: Rasmussem et al (2007),*apud de* Albuquerque,(2013)

2.4.3.2 Frequência (f) e período

Segundo Bistafa (2011) período (T) é definido como intervalo de tempo decorrido para que um ciclo se complete na curva de variação da pressão ambiente com o tempo. Conforme a figura 10.

Figura 10 - Variação da pressão ambiente em função do tempo



Fonte: Bistafa (2011, p. 380)

Bistafa (2011) menciona que a frequência indica o número de períodos existentes em um segundo.

Carvalho (2010) destaca que a frequência consiste em um número de oscilações em relação ao período (tempo). Dá-se estas oscilações pelo fato de ocorrerem em um meio elástico, pressões exercidas em intervalos de tempo maiores ou menores.

O número de oscilações que um elemento realiza com periodicidade temporal de um segundo é chamado de frequência, sua unidade de medida é o Hertz. Se estas oscilações apresentarem magnitude compreendida entre 20 Hz e 20.000 Hz, serão interpretadas pela região cortical do cérebro como sons (GERGES, 2000).

2.4.3.3 Onda sonora

Para Acioli (1994), onda sonora significa variações de pressões que se reproduzem tanto no ar como em qualquer outro meio.

Carvalho (2010) refere que as ondas sonoras refletidas podem apresentar-se da seguinte forma: Difração, Ressonância, Difusão, Refração, Inteligibilidade, Reverberação, Eco, Eco palpitante, Interferência e Ondas Estacionárias.

O mesmo autor define as mesmas da seguinte forma:

- Difração: incide na propriedade que uma onda sonora possui de atravessar obstáculos.
- Ressonância: caracteriza-se pela vibração de determinado corpo por influência da vibração de outro, na mesma faixa de frequência. Por exemplo, superfícies rígidas de pequenas massas, ao vibrarem por essa influência, tendem a se quebrarem.
- Difusão/Dispersão*:* A difusão ocorre devido à superfície ser do mesmo tamanho do comprimento da onda, o som muda de direção, porém de maneira aleatória, ou seja, não direcional.
- Refração: Significa a mudança de direção que uma onda sonora sofre quando passa de um meio de propagação para outro. A alteração de direção se dá através da severa variação da velocidade de propagação que a onda sofre.
- Inteligibilidade: é a fundamental propriedade acústica de um ambiente, pois esta reflete o grau de entendimento das palavras em seu interior.

- Reverberação: consiste na ampliação necessária de um som produzido, a princípio de sua inteligibilidade em locais mais afastados da fonte produtora. Isso se dá em recintos fechados. Essa ampliação deverá ser maior quanto for a distância entre a fonte e a recepção, ou ainda, quanto maior for o volume interno do recinto.
- Eco: Acontece quando o som, que se reflete por uma ou mais superfícies, retorna a um mesmo receptor em um intervalo de tempo maior que 1/15 do segundo. Em recintos fechados, se o prolongamento do som (reverberação) for além do necessário, então é estabelecido o eco.
- Eco Palpitante: se dá quando há consecutivas reflexões entre paredes paralelas de uma sala, por exemplo.
- Interferência: se dá quando ondas sonoras diferentes encontram-se, alterando a amplitude das mesmas.
- Ondas Estacionárias: consiste na superposição de duas ondas de mesma frequência, mesma amplitude, mesmo comprimento, mesma direção que se propagam em sentidos contrários. Com a sobreposição, o acaso dos comprimentos de onda faz com que seus nós e seus ventres ocupem alternadamente as mesmas posições, produzindo a sensação de desconforto auditivo que é chamado de onda estacionária.

2.4.3.4 Nível de pressão sonora e o decibel (dB)

Conforme Carvalho (2010), os sons que possuem diferentes frequências são inaudíveis ao ser humano em seu formato original. Este fato se dá por haver inúmeras faixas de frequência que podem oscilar de corpo para corpo.

A inicial opção para expressar a grandeza da variação “Decibel” foi o logaritmo decimal, como unidade de medida, foi-se escolhido o termo *bel*, porém percebeu-se que o uso desse termo por produzir números extremamente pequenos tornou-se um problema, então, adotou-se o decibel que é igual a 0,1 *bel*, tornando-se muito mais prático e utilizado em todo o mundo (VALLE, 2009).

Segundo Friedrich (2010), o nível de pressão sonora é obtido através da Equação 01 em que NPS corresponde ao nível de pressão sonora, $P0$ = 20μPa valor correspondente ao limiar da audição em 1 kHz.

$$NPS = 20 \log \frac{P}{P0} \qquad \text{Equação 01}$$

2.4.3.5 Velocidade de propagação do som

Gerges (2000) salienta que a velocidade das ondas acústicas (c), por meio de meios fluídos, é determinada pela raiz quadrada da primeira derivada da pressão em relação à densidade do fluído. Sendo a velocidade expressa em metros por segundo (m/s). Para o ar, o som se propaga a uma velocidade que depende tão-somente da temperatura do meio. Uma fórmula aproximada para determinação da velocidade do som no ar, dentro de um intervalo razoável de temperaturas t (em ºC), mostra-se na Equação 02.

$$c = 331 + 0{,}6\ t \qquad \text{Equação 02}$$

em que:
c: velocidade do som no ar, em m/s
t: temperatura do ar, em ºC

2.4.3.6 Ruído de fundo e ruído ambiente

O ruído de fundo diz respeito a aquele ruído ambiental causado por outras fontes que não o elemento de estudo. Para que uma medição de nível de pressão sonora seja garantida, o nível do sinal deve estar no mínimo 3 dB acima do nível de fundo, de maneira que o ruído de fundo não venha a interferir o sinal de interesse.

2.4.4 A Transmissão e a Isolação Sonora

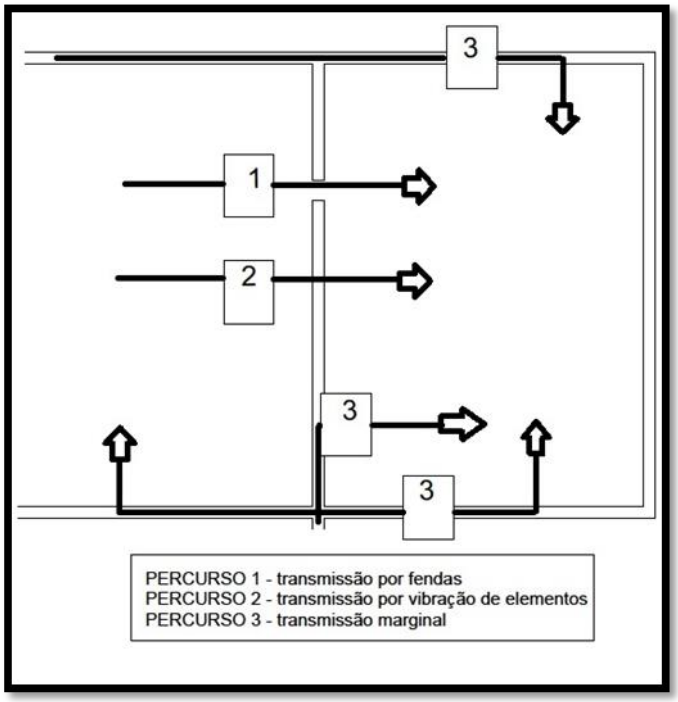
Friedrich (2010) afirma que se pode definir ruído aéreo como o ruído transmitido através do ar, entretanto, o ruído também pode ser transmitido através das vibrações de estruturas, pois estas estimulam moléculas de ar adjacentes, conforme figura 11.

Segundo Gerges (2000), isolamento sonoro é um jeito de diminuir a transmissão de energia sonora, via aérea e/ou via sólido, de um ambiente para outro.

Neto (2006) adverte que a transmissão da energia sonora que acontece entre dois recintos ocorre das seguintes maneiras, apresentadas na figura 11: por meio do ar, por portas, janelas, entre outros; pela estrutura que espaça os dois recintos, por meio de vibrações na estrutura que são transmitidas de um recinto a outro; e ainda pela transmissão por flancos ou

então transmissão marginal, através das superfícies limítrofes da estrutura como pilares, lajes, entre outros.

Figura 11 - Meios de transmissão do ruído aéreo



Fonte: Adaptado de Souza (2003, p. 149)

Neto (2006) ainda fala que o retraimento ou então, isolamento dos ruídos é uma forma de diminuir essa transmissão sonora que ocorre entre dois ambientes. A forma mais usual de diminuir a transmissão sonora entre dois ambientes é a instalação de uma barreira entre eles.

Costa (2003) afirma que a redução da sensação auditiva provocada de um lado para o outro de um obstáculo se deve a isolação propiciada através de uma estrutura separadora de dois ambientes e, pode caracterizar a atenuação do ruído, ou seja, o Índice de Redução Sonora – R- dado em dB, representado pela Equação 03 é determinado a partir da relação $\alpha.t$ = (energia transmitida)/(energia incidente), onde R é o Índice de Redução Sonora e $\alpha.t$ é o coeficiente de transmissão sonora.

$$R = 10 \log (1)/(\alpha.t) \qquad \text{Equação 03}$$

As propriedades dos materiais ou aparelhos para isolamento acústico podem ser definidos através da Perda de Transmissão (PT) e da Diferença de Nível (D). Sendo, Perda de Transmissão a relação logarítmica entre a energia sonora transmitida e a energia sonora imprevista em uma parede. A Perda de transmissão (PT) alta quer dizer baixa transmissão de

energia acústica e Perda de Transmissão baixa, quer dizer alta transmissão de energia acústica (GERGES, 2000).

Para Paixão (2002), a perda de transmissão sonora (PT) é avaliada com um dos principais parâmetros no quesito acústica de uma parede. Também fala que a Perda de transmissão não se fundamenta apenas, nas propriedades dos materiais, pois sofre a influência dos fatores referentes ao ambiente, como o volume e a absorção. Isso a torna distinta da Diferença de Nível Sonoro (D).

2.4.4.1 Isolação de uma parede

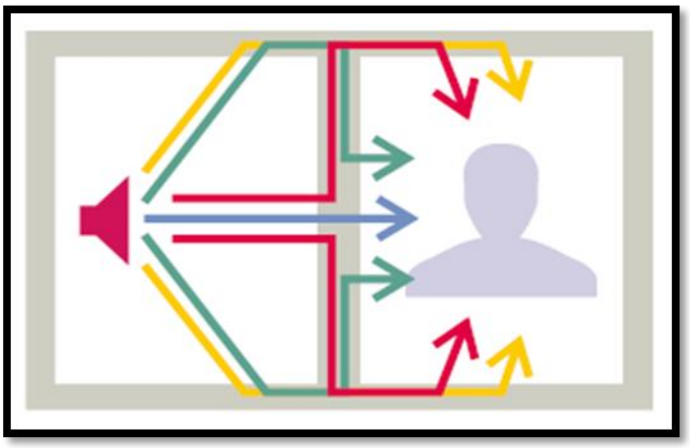
Os sistemas de vedação vertical interna equivalem as paredes que separam as diferentes unidades habitacionais. As mesmas devem garantir nas edificações um bom desempenho e adequado isolamento acústico ao ruído aéreo (conversas, TV, música, entre outros), Figura 12.

Figura 12 - Isolamento de uma parede

Fonte: Manual PróAcustica (2013)

Conforme o Manual de Pró Acústica (2013), a transmissão do ruído aéreo entre duas unidades habitacionais que são separadas por uma parede acontece através da própria parede que chama-se de 1 via de transmissão direta e também dos elementos laterais, como paredes, fachadas ou ainda de pisos. As transmissões dependem inteiramente dos materiais, suas propriedades e soluções construtivas, conforme mostra figura 13.

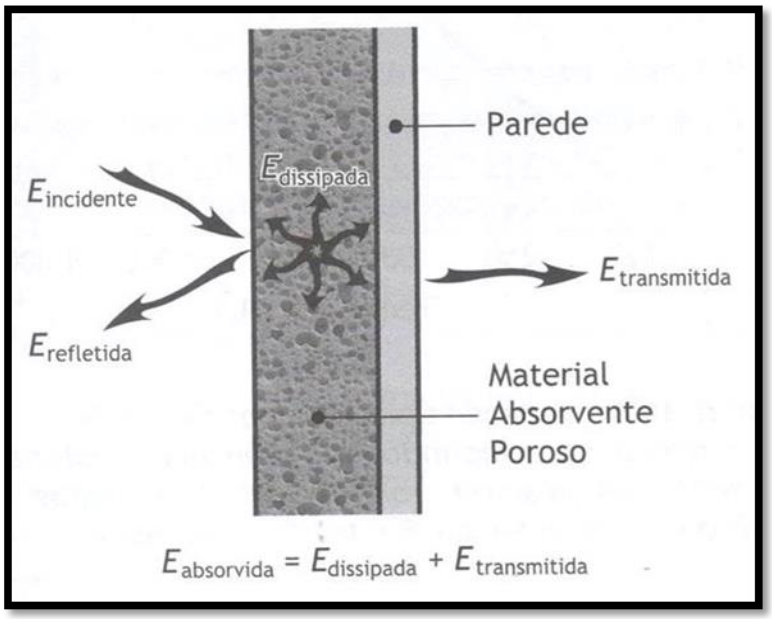
Figura 13 - Transmissão do ruído aéreo



Fonte: Manual PróAcustica (2013)

Bistafa (2011) afirma que um som quando incide sobre uma superfície, uma parte da energia sonora se reflete, e a outra, some atrás da superfície, se estabelece em duas parcelas: a energia sonora dissipada e a energia sonora transmitida pela parede, de acordo com a figura 14.

Figura 14 - Balanço energético do som que incide sobre uma superfície



Fonte: Bistafa (2011,p.380)

Para Costa (2003), a transmissão do som, em paredes simples, em aplicações práticas e simplificadas, considera-se apenas a irradiação por vibração da parede, pois está é superior a outras formas de transmissão.

Reynolds (1981) fala que a perda de transmissão é máxima quando a incidência é normal à superfície, quando esta se aproxima de zero para ângulos de incidência próximos a 90º. Também fala que a perda de transmissão nunca é igualada a zero, por estes motivos a integração é apenas dos ângulos de incidência até 78º. Para Friedrich (2010), o isolamento em paredes de alvenaria convencional, se dá conforme a densidade superficial correspondente ao material e também a frequência do som incidente. Com isso, em uma quantificação de isolação deve-se saber o Índice de Redução Sonora (R) correspondente a cada material que compõe o conjunto, como argamassa, tijolo, revestimentos, entre outros.

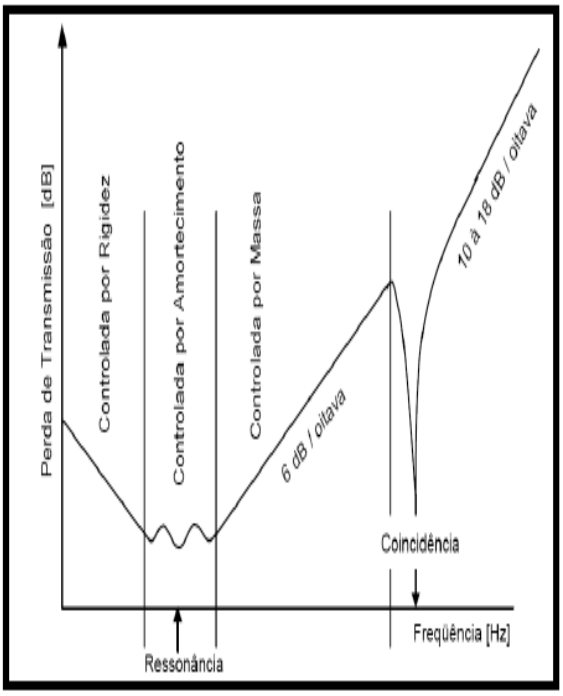
Segundo o mesmo autor, para se fazer um bom projeto de isolação de paredes simples, além de outros fatores, depende-se do conhecimento do espectro do ruído. Este é importante para fazer-se a escolha do material ideal se tratando do ponto de vista dos mecanismos de controle: frequência de ressonância, massa e efeito de coincidência, rigidez.

2.4.5 Índice de redução sonora em parede vibrante

Para Neto (2006), as paredes sobre estímulo acústico, podem vibrar-se, nas frequências de ressonância, apresentando-se com uma rigidez *k* limitada.

O desempenho da isolação de uma parede, de acordo com a teoria clássica, definida para placas finas, mostra-se na figura 15, em que pode-se observar quatro regiões distintas definidas.

Figura 15 - Curva típica de Índice de Redução Sonoro para paredes simples



Fonte: Gerges (2000,p.676)

A isolação sonora aérea de paredes simples difere-se em cinco regiões: abaixo da frequência de ressonância (fr), na fr, entre a fr e a frequência crítica (fc), acima da fc e na própria frequência crítica (GERGES, 2000). Dessa maneira, o mesmo autor aborda que todas as bandas de frequência de interesse deverão ser consideradas. A curva de perda de transmissão sonora aérea de uma parede simples pode ser dividida em zonas controladas de acordo com a variação da frequência, como: Rigidez, Ressonância, Massa e Coincidência, definidas a seguir:

1)Região controlada pela rigidez:

Segundo Friedriech (2010), acontece em frequências bastante baixas e neste caso o isolamento depende inteiramente da rigidez da parede. Nestes casos, o Índice de Redução Sonora (R) aumenta 6 dB cada vez que a rigidez duplica e diminui 6 dB, cada vez que a frequência duplica.

Costa (2003) mostra a equação 04, sendo R o Índice de Redução Sonora, k a rigidez da mola e f a frequência:

$$R = 20\log (k/f) – 74,2 \qquad \text{Equação 04}$$

2) Região controlada pela ressonância:

Para Neto (2006), é uma região em que o sistema exibe suas primeiras frequências de ressonância, produzindo quedas e picos de isolamento. Estas ressonâncias dependem das dimensões, da rigidez e da massa da parede.

Costa (2003) afirma que uma parede quando entra em vibração em sua frequência natural, a transmissão sonora aumenta, com isso, o Índice de Redução Sonora (R) diminui. Dado pela equação X em que ρ corresponde a densidade, c determina a velocidade de propagação e C representa o amortecimento. Equação 05.

$$R = 20 \log (1 + C/\rho c) \qquad \text{Equação 05}$$

3) Região controlada pela lei da massa

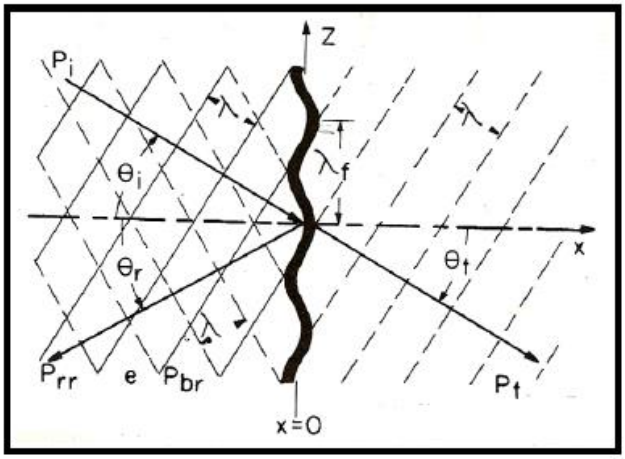
De acordo com Neto (2006), é a região em que o isolamento é controlado pela densidade de área da parede e calculado de acordo com a Lei da Massa de Campo dada pela equação 06 a seguir.

$$R=20\log(mf)–47,4(dB) \qquad \text{Equação 06}$$

4) Região controlada pela coincidência

Segundo Friedrich a região controlada pela coincidência se dá quando uma frequência demonstra o caso.

Figura 16 - Efeitos da coincidência

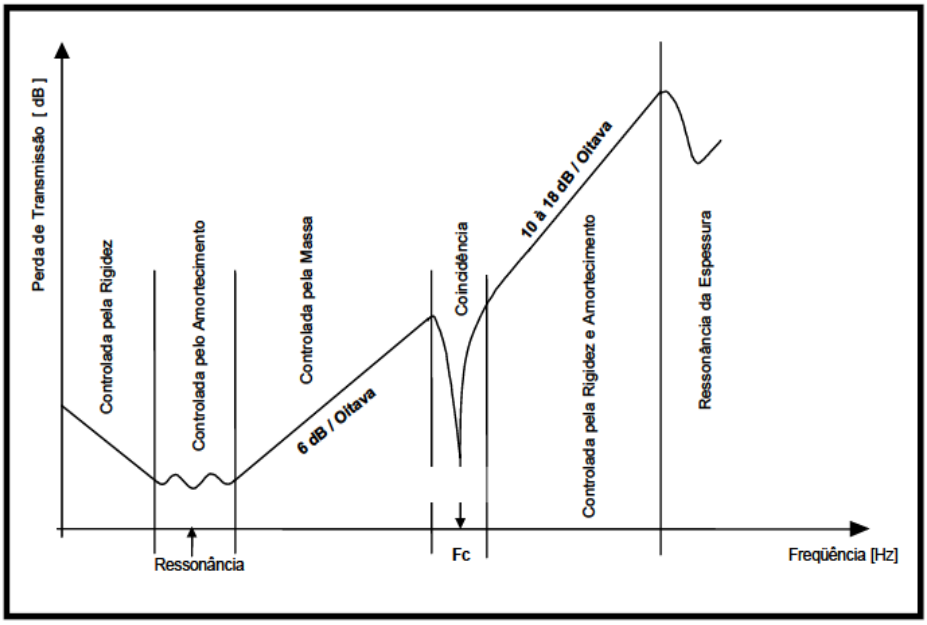


Fonte: Mendéz (1994, p. 238)
Em que:
Pi: energia incidente;
Pt: energia transmitida;
Z: parede vibrante

Segundo Friedrich (2010), a região que situa-se acima da zona controlada pela coincidência, a isolação retorna a ser controlada pela rigidez. Então, passa-se a depender do tamanho do painel, de seu amortecimento interno e também de seus contornos.

O seguinte gráfico, apresentado por Paixão (2002), propõe uma adaptação ao gráfico da figura 17, em que se demonstra o comportamento do isolamento sonoro para placas finas, muito eficientes por sua vez. No entanto, nem sempre se utiliza placas finas, pelo fato de possuírem dimensões superiores a elas. Então a autora apresenta um novo gráfico e demonstra o desempenho para placas espessas.

Figura 17 - Curva típica de Índice de Redução Sonora – R- para paredes simples espessas



Fonte: Paixão (2002, p. 161)

Ao contrário do outro gráfico, que se dividia em 4 regiões, este pode ser dividido em 6 regiões, que são:

1) É a região controlada pela rigidez, existe um decréscimo no Índice de Redução Sonora.

2) É a região controlada pelo amortecimento, em que o Índice de Redução Sonora (R) é pequeno, acontecendo uma grande transmissão sonora.

3) É a região controlada pela Lei da Massa, em que há um crescimento no Índice de Redução Sonora (R) de 6 dB/oitava.

4) É a região da coincidência, em que situa-se a frequência crítica. Em paredes estudadas na construção civil, é a região que se dá mais importância, pois é onde à faixa de frequências que abrange e a acentuada diminuição que provoca no Índice de Redução (R);

5) É a Região controlada pela rigidez e pelo amortecimento, em que há um aumento linear no Índice de Redução Sonora, conforme o material utilizado.

6) É a região onde surge nova diminuição no Índice de Redução Sonora, devido às ressonâncias relativas à espessura da parede.

2.4.6 Índice de Redução Sonora (Rw)

O índice de redução Sonora (Rw) trata-se de quando uma onda sonora incide sobre um elemento construtivo, em que parte desta será transmitida através da parede e a outra parte refletida. A fração de energia transmitida é conhecida como coeficiente de transmissão sonora. Logo, o índice de redução Sonora (Rw) é definido em termos de coeficientes de transmissão (PINTO, 2011).

As medições do Rw ocorrem em laboratório, colocando o elemento a ser testado em salas reverberantes. Para se fazer a determinação da perda de transmissão Sonora, mede-se o nível de pressão Sonora na sala da fonte emissora, bem como da fonte receptora e a reverberação.

Para Pinto (2011), isolação entre ambientes deve proporcionar Índice de Redução Sonora Ponderado, Rw de acordo com o Nível de Desempenho fornecido na norma regulamentadora. Nos casos em que o sistema entre os ambientes apresentar mais de um componente, é necessário que seja ensaiado o sistema composto ou ensaiado cada componente isoladamente e calculado a isolação resultante.

Segundo a NBR 15575 (ABNT,2013) deve-se utilizar a Norma ISO 140-3:1995 para a determinação dos valores do Índice de Redução Sonora, R, em bandas de terço de oitava entre 100 e 5000 Hz. Para a determinação do valor do Índice de Redução Sonora Ponderado, Rw, a partir do conjunto de valores do Índice de Redução Sonora de cada faixa de freqüências, deve-se utilizar o procedimento especificado na Norma ISO 717-1:1996.

2.4.7 Diferença Padronizada de Nível Ponderada (DnT,w)

> A edificação deve proporcionar isolamento acústico adequado entre o meio externo e o interno, bem como entre unidades condominiais distintas. Completamente, deve proporcionar isolamento acústico adequado entre dependências de uma mesma unidade, quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual.(NBR 15575-4)
> A parede interna deve apresentar Diferência Padronizada de Nível Ponderada, DnT,w, conforme o Nível de Desempenho. A Diferença Padronizada de Nível Ponderada, DnT,w, é o número único do isolamento de ruído aéreo em edificações, derivado dos valores em banda de oitava ou terço de oitava da Diferença Padronizada de Nível DnT, entre ambientes de acordo com o procedimento especificado na Norma ISO 717-1:1996. (NBR 15575-4, p.43)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Classificação da pesquisa

A presente pesquisa é classificada como de natureza aplicada, pelo fato de buscar conhecimentos para aplicação prática, visando compreender problemas específicos. É uma pesquisa de caráter bibliográfico, baseando-se a partir de dados fornecidos por autores em suas pesquisas.

3.2 Delineamento

Por sua vez uma pesquisa bibliográfica se caracteriza por ser algo já elaborado e publicado. Consiste no levantamento de todo o referencial já editado em relação ao tema em estudo desde monografias, periódicos, dissertações, teses, livros, documentos eletrônicos entre outros (RAUPP; BEUREN, 2004). Sendo assim, pode-se desenvolver o trabalho com um intuito de unir diversas publicações isoladas, atribuindo dessa forma uma nova leitura. O fator determinante da pesquisa bibliográfica é escolher, entender além de analisar as principais contribuições sobre o assunto, ideia em estudo.

Conforme já citado, fez-se uma análise bibliográfica foi realizada, buscando compreender os materiais empregados. Analisou-se sobre o emprego da alvenaria, alvenaria estrutural, argamassa de revestimento, e também estudou-se sobre a acústica e seus comportamentos. Além do embasamento teórico fez-se uma compilação de dados e análises em relação a perda de transmissão sonora entre paredes de alvenaria de blocos internas de diferentes autores, e diferentes paredes, verificando se as mesmas atendem as especificações da norma de desempenho NBR 15575-4 (ABNT, 2013)

3.3 Normativas

A ABNT NBR 15575/2013 Edificações habitacionais- Desempenho entrou em vigor em 19 de julho de 2013 e elenca vários requisitos destinados à avaliação de desempenho de uma edificação, segundo a ABECE- Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural esta norma é conhecida como a "Norma de Desempenho". A NBR 15575 (ABNT, 2013) está estruturada em 6 partes conforme os elementos construtivos: Parte 1: Requisitos Gerais; Parte 2: Requisitos para sistemas estruturais; Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos; Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas; Parte 5: Requisitos para sistemas de cobertura e Parte 6: Sistemas hidrossanitários.

A NBR 15575 (ABNT,2013) na "Parte 4" traz em seu teor todos os requisitos para o isolamento acústico estrutural nas fachadas e paredes internas em edifícios habitacionais de até 05 (cinco) pavimentos. Quanto ao desempenho acústico no requisito níveis de ruído admitidos na habitação, a NBR 15575 (ABNT,2013) estabelece que:

> A edificação deve proporcionar isolamento acústico adequado entre o meio externo e o interno, bem como entre unidades condominiais distintas. Completamente, deve proporcionar isolamento acústico adequado entre dependências de uma mesma unidade, quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual.(NBR 15575-4,p.43)

Para que este isolamento acústico seja satisfatório é necessário que seja projetado a partir de uma série de elementos que garantam conforto acústico. Em cada dependência deve ser analisada a sua destinação e os níveis de ruído para o conforto acústico, devendo ser considerado os estímulos sonoros externos especificados na NBR 10151 (ABNT,1987).

Este requisito é atendido diante de medições do isolamento acústico, sendo que podem ser realizadas em campo ou em laboratório, existindo três métodos para tanto, podendo se optar por qualquer deles: método de precisão, realizado em laboratório, conforme a norma ISO140-3; método de engenharia, realizado em campo, conforme as normas ISO140-4 (paredes internas) e método simplificado, realizado em campo, conforme a norma ISO 10052.

a) Método de Precisão

O método de precisão, também conhecido como método de laboratório, visto que é realizado em laboratório, conforme a ISO140-4, determina a isolação sonora dos componentes, quais sejam parede, janela, porta dentre outros. (ABNT NBR 15575, 2013).

Os resultados obtidos são informados por fabricantes de componentes e sistemas construtivos a projetistas de edificações, sendo que o resultado é aplicável a diferentes projetos,

mas para avaliar cada um dos componentes supracitados é necessário ensaiar cada um deles e depois calcular o isolamento global do conjunto.

Segundo Vittorino (2013) o método de laboratório ou de precisão apresenta os procedimentos para a medição da isolação sonora, sendo este o método mais preciso para a obtenção do índice de redução sonora, pelo fato que em laboratório as condições necessárias para a realização dos testes são controladas. Além que, no laboratório os elementos construtivos, são analisados independentemente. O resultado apresenta o desempenho acústico desse ambiente construtivo isoladamente. (NETO, 2009)

b) Método de Engenharia

O método de engenharia apresenta procedimentos necessários para a medição do isolamento sonoro em campo, de sistemas construtivos entre dois ambientes (paredes internas de edificações, parede com janela, parede com porta, entre outros fatores). (MORAMAY, 2011)

Este método é rigoroso, posto que determina o Isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas e fachada, nos edifícios multipiso); o Isolamento sonoro global entre ambientes no caso de paredes internas caracterizando de forma direta o comportamento acústico o sistema a ser avaliado; e o Isolamento sonoro ao ruído de impacto de piso. O resultado obtido caracterizando de forma direta o comportamento acústico do elemento construído. As especificações determinadas por este método constam na ISO140-4 e ISO140-5.

Os equipamentos a serem utilizados na medição de acordo com a ISO140-4 são: Medição Microfone: IEC 60942; Filtros: IEC 61260; Equipamento de medição do tempo de reverberação: ISO 354.

Segundo Martins (2014) a caracterização da fonte emissora recomendada pela norma ISO 140-4 a Medição Ruído deve ser estável e seu espectro de frequência contínuo; Diferença de nível entre uma banda de 1/3 de oitava e outra não deve ultrapassar os 6dB; O nível de pressão sonora no ambiente receptor deve ser, pelo menos, 10dB mais alto que ruído de fundo; No caso de uma única fonte, duas posições diferentes devem ser adotadas para a medição; Caso os ambientes tenham volumes diferentes, o maior deve ser usado como emissor do ruído.

Ainda conforme a Norma, a medição do nível médio de pressão sonora recomendada é a seguinte: Medição Distâncias mínimas de separação entre os microfones: 0,7m entre as

posições do microfone; 0,5m entre qualquer posição do microfone e os limites da sala; 1,0m entre o microfone e a fonte de ruído; Medição com microfone móvel: devem ser feitas no mínimo 2 medições; Microfone em movimento com o tempo mínimo de 30s.

Quanto a faixa de frequência das medições recomendada pela norma o nível de pressão sonora deve ser medido utilizando filtros de banda de 1/3 de oitava com pelo menos as seguintes frequências centrais (Hz): 100/ 125/ 160/ 200/ 250/ 315/ 400/ 500/ 630/ 800/1000/ 1250/ 1600/ 2000/ 2500/ 3150. Para ampliar a faixa deve-se utilizar as seguintes frequências (Hz): 4000/ 5000.

Segundo Vittorino (2013) em relação a medição do tempo de reverberação e avaliação da área de absorção sonora equivalente recomendada pela norma é de: 6 medições para cada faixa de frequência; pelo menos uma posição de auto-falante; três posições de microfone com duas leituras devem ser usadas em cada caso.

O resultado obtido caracteriza de forma direta o comportamento acústico do elemento construído. O resultado deste método se restringe à situação avaliada.

4 RESULTADOS

Observa-se nos quadros (2 e 3) a seguir, em que a NBR 15575(ABNT,2013) estabelece limites mínimos (M) normativos de isolamento acústico, assim como define níveis de desempenho informativos, intermediário (I) e superior (S).

Quadro 2 - Índice de Redução Sonora ponderado dos componentes construtivos, Rw, para ensaio de laboratório

Elemento da edificação	Índice de Redução Sonora Ponderado R_w [dB]	Nível de Desempenho
Parede entre ambientes de uma mesma unidade habitacional	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 45	S
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, play ground, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

Fonte: NBR 15575-4 (2014)

Quadro 3 - Diferença Padronizada de Nível Ponderada entre ambientes, DnT,w, para ensaio de campo

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de Desempenho
Parede entre ambientes de uma mesma unidade habitacional	25 a 29	M
	30 a 34	I
	≥ 35	S
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como *home theater*, salas de ginástica, play ground, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

Fonte: NBR 15575-4 (2014)

Existem dois métodos de avaliação para a obtenção dos valores da Diferença Padronizada de Nível, DnT, sendo o método descrito na Norma ISO 140-4:1998, obtendo-se valores em bandas de terço de oitava entre 100 e 3150 Hz ou em bandas de oitava entre 125 e 2000 Hz; e o método simplificado descrito na norma ISO 10052, obtendo-se valores em bandas de oitava entre 125 e 2000 Hz.

Visto que nesta pesquisa foram analisadas apenas o método em laboratório e o método de campo.

Todas as medições devem ser efetuadas com portas e janelas dos ambientes fechadas. Para a determinação do valor da Diferença Padronizada de Nível Ponderada, DnT,w, entre os

ambientes a partir do conjunto de valores de Diferença Padronizada de Nível, deve-se utilizar o procedimento especificado na Norma ISO 717-1:1996.

Nesta pesquisa compilou-se dados referentes ao índice de redução sonora R_w e $D_{nt,w}$ de diferentes materiais componentes de elementos construtivos de paredes de vedação internas, o quais foram determinados em ensaios de laboratórios e a campo.

Dondé (2008) realizou seu estudo, construindo paredes com as devidas especificações, conforme, Tabela 1:

Tabela 1 - Resultados de *RW* para paredes/divisórias em bloco estrutural cerâmico

Produto Ensaiado	**Densidade Superficial (Kg/m²)**	**R*w***
Blocos cerâmicos estruturais (14cmx19cmx29cm) - sem revestimentos	170	35
Blocos cerâmicos estruturais (14cmx19cmx29cm) – com revestimento	227,5	41

Fonte: Adaptado de Dondé (2008)

Pinto (2011) apresentou resultados de ensaios de campo, e também em laboratório. A tabela 2 apresenta índices de redução sonoros aéreos ponderados de paredes em alvenaria estrutural, avaliados em laboratório compilados da pesquisa de (SILVA,2000).

Tabela 2 - Resultados de Laboratório do índice de redução sonora

Tipo de parede	Dimensão bloco (cm)	Espessura total (cm)	Densidade superficial (Kg/m²)	R*w* (dB)
Blocos Cerâmicos Estruturais (resist. 12 Mpa) com reboco de argamassa nos 2 lados	14x19x29	17,5	215,75	49
Blocos Cerâmicos Estruturais (resist. 12 Mpa) com reboco de argamassa nos 2 lados	14x19x29	19	239,8	50

Blocos de Concreto (resist. 10 Mpa) com reboco de argamassa nos 2 lados	14x19x29	17,5	241,5	51

Fonte: Silva (2000 *apud* PINTO, 2011)

Friedrich (2010) construiu três paredes em laboratório, alternadas de dois tipos de blocos, sendo um deles com dimensões iguais a 190x190x290 mm referente a parede A, e o outro possui dimensões iguais a 140x190x290 mm, constituídas pelas paredes de B e C. Foram utilizadas diferentes aplicações de argamassas. Sendo compilados apenas resultados da parede A e C.

A parede "A", conforme já mencionado foi construída com blocos 190x190x290 mm, com 7 Mpa de resistência vazados e ranhurados, revestida com argamassa industralizada emboço e reboco. A seguir demonstra-se através da tabela 3, a compilação dos resultados obtidos por (FRIEDRICH,2010).

Tabela 3 - Resultados Parede A

Ensaio	Estágio da Parede	R*w* (dB)
A1	Parede em osso – ensaio aos 3 dias	42
A2	Parede em osso – ensaio aos 7 dias	43
A3	Parede com emboço (massa média) 2 cm + reboco 2 mm na face externa – ensaio aos 3 dias	45
A4	Parede com emboço (massa média) 2 cm + reboco 2 mm na face externa – ensaio aos 7 dias	45
A5	Parede com revestimento nas duas faces, interna e externa – ensaio aos 3 dias	47
A6	Parede com revestimento nas duas faces, interna e externa – ensaio aos 7 dias	47

Fonte: Baseado nos dados de Friedrich (2010)

A parede "C", construída com blocos de 140x190x90 mm,com resistência de 7 Mpa, vazados e ranhurados e revestida com argamassa industrializada: chapisco (massa própria),emboço (massa grossa) e reboco (massa fina). A tabela 4 abaixo mostra-se a compilação dos resultados de R*w* obtidos por Friedrich (2010).

Tabela 4 - Resultados Parede C

Ensaio	Estágio da Parede	R*w*
C1	Parede em osso – ensaio aos 3 dias	40
C2	Parede com chapisco 5 mm,emboço 2 cm (massa grossa) + reboco 2 mm na face externa –ensaio aos 3 dias	43
C3	Parede com chapisco 5 mm,emboço (massa grossa) 1,5 + reboco 2 mm nas duas faces –ensaio aos 3 dias	44

Fonte: Baseado nos dados de Friedrich (2010)

Verifica-se que em razão da falta de informação quanto aos elementos da edificação das medições supracitadas, não é possível fazer a análise se estas verificações estão de acordo ou não, com a NBR 15575-4. Contudo, observa-se que a maioria dos resultados obtidos se direcionados a parâmetros específicos, atenderiam perfeitamente a norma brasileira.

Para resultados em campo, Martins (2014), estudou uma parede de vedação entre unidades, ou seja, a autora fez suas medições entre a cozinha do apartamento (A) e a suíte do apartamento (B), a parede possui espessura de 14 cm em bloco cerâmico e é caracterizada por ser tratada acusticamente, conforme tabela 5.

Tabela 5 - Paredes medidas em campo por Martins (2014) / Cozinha- Suíte

Medição entre as unidades	Medição (dB)	Norma (dB)
Cozinha – Suíte	44	≥ 45

Fonte: Adaptado de Martins (2014)

Levando-se em conta a incerteza de ± 2 dB, estabelecida por norma, o resultado obtido por medição está conforme os parâmetros da Norma 15575-4. A autora salienta que o resultado obtido provavelmente é devido ao fato da parede ser tratada acusticamente.

Martins (2014) também faz a verificação entre a sala e a suíte de uma mesma unidade, a parede medida tem espessura de 9 cm em bloco cerâmico, segundo tabela 6.

Tabela 6 - Paredes medidas em campo por Martins (2014) / Sala- Suíte

Medição na mesma unidade		
Sala - Suíte	Medição (dB) 30	Norma (dB) ≥ 40

Fonte: Adaptado de Martins (2014)

Conforme tabela acima, observa-se que o valor obtido está abaixo dos parâmetros da Norma 15.575-4. A autora salienta que pode ser devido a espessura do bloco ser menor e também por haver presença de uma porta de acesso ao quarto.

Pinto (2011) faz verificações em paredes de alvenaria estrutural de 17 cm de espessura, com blocos com resistência a compressão de (P1) 8 Mpa e (P2) 10 Mpa (tabela 7).

Tabela 7 - Verificações feitas em campo por Pinto (2011)

Amostra	Parede	Dimensão do bloco	Resistência do bloco (Mpa)	Espessura da parede (cm)	*DnT,w* (dB)	Parades de geminação (norma)
P(1)	Alvenaria estrutural	14x19x29	8	17	41	40 a 44 – Min
P(2)	Alvenaria estrutural	14x19x29	10	17	43	40 a 44- Min

Fonte: Baseado nos dados de Pinto (2011)

Os valores da tabela acima demonstram que ambas as paredes atendem aos níveis mínimos de desempenho da NBR 15575-4 quando avaliados pelo DnT,w. O autor comenta em sua dissertação que Rw a primeira amostra não atenderia o mínimo recomendado pela NBR 15575, ficando então 2 dB abaixo.

5 CONCLUSÃO

Verifica-se que com o crescimento das cidades, ocorrem as elevações de níveis de ruído. O crescimento econômico do país nos últimos tempos, gerou uma ampliação no setor da construção civil, entretanto, os materiais construtivos tornaram-se mais leves, diminuindo-se então o tempo de construção e também o custo. Contudo, em 2013 a NBR 15575, apresenta uma mudança de conceito na construção brasileira. A referida norma tem por objetivo melhorar a qualidade dos materiais oferecidos no mercado, com intuito de atingir os requisitos mínimos de qualidade e desempenho nas edificações.

Consegue-se perceber que há uma grande dificuldade de adequação da norma em relação ao desempenho acústico, pois para cada tipo de "setor" existem parâmetros mínimos de desempenho. Além do mais, a maioria das empresas de materiais de construção ainda não está se preocupando com o quesito "conforto acústico de ambientes", uma vez que mesmo a norma tendo entrado em vigor a dois (2) anos, a qualidade dos materiais continua baixa. Dentro deste contexto, percebe-se que o isolamento sonoro é um dos pontos mais enfatizados pelos usuários que desejam conforto e privacidade nas edificações.

Analisando-se esses pontos, fez-se uma pesquisa bibliográfica conhecendo alguns materiais constituintes de paredes de alvenaria estrutural, visto que alvenaria estrutural é um material bastante utilizado no Brasil, pelo seu custo, pelo seu desempenho estrutural e também por ser uma forma construtiva rápida.

Percebe-se com os valores analisados em campo, que ou os materiais não atingem os requisitos mínimos exigidos pela norma de desempenho, ou atendem com o mínimo exigido. Considera-se que os objetivos foram alcançados, visto que este trabalho serve como auxílio e incentivo ao Mercado da construção civil, a trabalharem em seus produtos para fornecer materiais que atinjam o melhor desempenho e conforto para seus usuários, visto que empresas que atendem normas, e atendem o conforto dos clientes, tendem a se destacar no Mercado.

Compreende-se que a maioria dos valores analisados em campo, não atinge os valores mínimos exigidos pela norma, e quando atinge, ou alcança apenas os valores mínimos, não chegando a valores intermediários e superiores, ou a parede atinge os valores mínimos pois é tratada acusticamente.

Considera-se que os objetivos foram alcançados, visto que este trabalho serve como auxílio e incentivo ao Mercado da construção civil, a trabalharem em seus produtos para fornecer materiais que atinjam o melhor desempenho e conforto para seus usuários. Visto que empresas que atendem normas, e atendem o conforto dos clientes, tendem a se destacar no Mercado.

SUGESTÃO DE PRÓXIMAS PESQUISAS

- Sugere-se uma análise da perda de transmissão entre paredes de alvenaria estrutural, com blocos fabricados na cidade de Ijuí.
- Estudar a perda de transmissão Sonora em paredes leves.
- Analisar a perda de transmissão Sonora em paredes da Unijuí
- Fazer análise de dados comparativos entre diferentes tipos de paredes de vedação

REFERÊNCIAS

ACIOLI, José de L. **Física básica para arquitetura:** mecânica, transmissão de calor, acústica. 1994.

ALBUQUERQUE, Fernando S. **Relatório técnico de atividades**. 2013. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/portal/images/efst/relat_final_avaliacao_ruido_trafego_urbano_.pd >. Acesso em: 08 nov.2015

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 13529:** revestimentos de paredes e tetos de argamassa orgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro, 2013. 13 p.

_____. **NBR 15.575**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 32p.

_____. **NBR 10.152**: Níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 7p.

BARROS, Carolina. **Alvenarias**. Apostila de técnicas construtivas (Instituto Federal Sul-Riograndense). 2009. Disponível em: <https://edificaacoes.files.wordpress.com/2009/12/5-mat-alvenaria.pdf>. Acesso em: 24 out. 2015.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 380p.

CAMACHO, Jefferson S. **Projetos de edifícios em alvenaria estrutural.** Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista, 2001. 52 p. Notas de aula.

CARMO, Lívia. I. C. **Efeitos do ruído ambiental no organismo humano e suas manifestações auditivas.** 1999. 45 f. Monografia (Especialização em Audiologia Clínica) – Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clinica, Goiânia, 1999.

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

CAVALHEIRO, Odilon P. **Fundamentos de alvenaria estrutural**. Santa Maria: UFSM, 1995. Apostila.

COÊLHO, Ronaldo Sérgio de A. **Alvenaria estrutural.** São Luís: UEMA, 1998, 146p.

COSTA, Ennio C. da **Acústica técnica**. São Paulo: E. Blücher, 2003.127p.

DÉSIR, Jean Marie. **Alvenaria estrutural**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/blocos_concreto.php>. Acesso em: 26 out. 2015

DONDE, A. C. P. **Análise da isolação acústica de diferentes tipos de paredes e divisórias comercialmente utilizadas na construção civil.** 2008. 115p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural.** Porto Alegre: Senai de Artes Gráficas Henrique D' Ávila Bertas, 1999.

FRANCO, Luís S. **O desenvolvimento de processos construtivos em alvenaria estrutural**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1992. 10p.

FRIEDRICH, Adriana. **Avaliação da contribuição do revestimento na isolação sonora de paredes de alvenarias.** 2010. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2010.

GERGES, S.N.Y. **Ruído:** fundamentos e controle. 2. ed. rev. e ampl. Florianópolis, SC: NR, 2000. 675p.

_____. **Ruído urbano**. 2006. Disponível em: <http://www.lari.ufsc.br/publicacoes/ cipa_jan2006. pdf>. Acesso em: 04 nov. 2015.

IRVINE, K. L.; RICHARDS, R. L. **Acoutics and noise control handbook for architects and builders**. Florida: Krieger Publishing Company, 1998.

KALIL, Silvia M. B. **Alvenaria estrutural**. 2007. Disponível em: <http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais__Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf>. Acesso em: 30 out. 2015

KERSTING, Juliano. **Estudo do levante e revestimento argamassado em alvenaria estrutural.** 2014. 82 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia civil – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2014.

LAMOUNIER, Mônica M. **Critérios para seleção de materiais acústicos utilizados em recintos fechados para diferentes tipologias.** 2008. Disponível em: <http://www.redemat.ufop.br/arquivos/dissertacoes/2008/criterios%20para%20selecao.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015

LEONEL, R. H. Regulación administrativa municipal de la contaminación por ruido en San Nicolás de los Garza, NL. In: CONGRESSO MEXICANO DE ACÚSTICA, 1, 1994, Monterrey. **Anais...** Monterrey, 1994. p. 247-253.

MANUAL Proacustica, 2013. Disponível em: <http://www.gypsum.com.br/shared/manual_proAcustica.pdf>. Acessado em: 14 out. 2015.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2004, 116 p.

MARCO, Conrado S. de. **Elementos de acústica arquitetônica.** 2. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 129p.

MARTINS, Anália T. **Elaboração e aplicação de procedimento para análise do desempenho acústico nas vedações verticais em unidade habitacional multifamiliar com base na NBR 15.575/2013.** 2014.81 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014.

MÉNDEZ, Antonio M. **Acustica arquitectonica.** Buenos Aires: UMSA, 1994. 238p.

NETO, Maria de Fatima Ferreira. **Nível de Conforto Acústico:** uma proposta para edifícios residenciais. 2009. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

NETO, Nestor A. dos. **Caracterização do isolamento ácustico de uma parede de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. 2006. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PAIXÃO, Dinara X. da **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando análise estatística de energia (SEA).** 2002. 161p. Tese (Doutourado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2002.

PEDREIRÃO. **Conceitos de alvenaria estrutural, passo a passo!** 2012. Disponível em: <http://pedreirao.com.br/alvenarias-e-reboco/conceitos-de-alvenaria-estrutural-passo-a-passo/>. Acesso em: 22 out. 2015.

PINTO, R.B. **Determinação experimental e numérica da Redução sonora aérea em paredes de Alvenaria utilizadas em habitações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

POZZOBON, Marco A. **O processo de monitoramento e controle tecnológico em obras de alvenaria estrutural.** 2003. 305 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Márcio R.S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo, SP: Pini, 2003. 174 p.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. **Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais**. In: BEUREN, Ilse Maria (Org.). Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004. p. 76-97.

REID, Esmond. **Como funcionam os edifícios:** uma abordagem multidisciplinar. Portugal, 1989.

REYNOLDS, Douglas D. **Engineering principles of acoustics.** Boston: Alliyn and Bacon Inc.,1981, 641 p.

ROMAN, Humberto R.; MUTTI, Cristine do N.; ARAÚJO, Hércules N.de. **Construindo em alvenaria estrutural.** Florianópolis, SC: UFSC, 1999. 83 p.

SABBATINI, F.H. et al. **Recomendações para execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação e tetos**. Relatório Técnico do Convênio EPUSP/ENCOL, Projeto EP/EN-01, São Paulo: EPUSP, 1988.

SABBATINI, F. E. Tecnologia de execução de revestimentos de argamassas. In: **13º Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto (SIMPATCON)**. Campinas, 1990.

SABBATINI, Fernando H; BAÍA, Luciana L. M. **Projeto e execução de revestimentos de argamassa**. São Paulo: Tula Melo, 2008.

SANTOS, U.P et al. **Ruído riscos e prevenção**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 1999.

SILVA, P.M. **Ruído Urbano:** modelo de previsão. Lisboa, Portugal, 1978.

SOUSA, Hipólito. **Construções em alvenaria** – 2002. 212 p. Porto, Apontamentos – Universidade do Porto, 2003.

SOUZA, Lea Cristina L.de. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica:** ouvindo a arquitetura. Bauru, SP: [s.n.], 2003.149p.

TURNER, J.D.; PRETLOVE, A.J. **Acoustics for engineers**. London: Macmillan Education Ltd, 1992. 192 p.

VALLE, Sollón do. **Manual prático de acústica.** 3. ed. Rio de Janeiro: Música e Tecnologia, 2009.

VITTORINO, Fulvio**. Requisitos de Conforto Acústico - Desempenho Acústico e as Experiências de ensaios de laboratório e campo**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2013.

Vieira Salles De Assis, MORAMAY. **Análise da implantação da abordagem de desempenho para a construção civil, criação e aplicabilidade da NBR 15575**. Dissertação (Graduação) – escola politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.