

**Desempenho acústico residencial: um estudo de aplicabilidade**  
**Residential acoustic performance: an applicability study**  
**Rendimiento acústico residencial: un estudio de aplicabilidad**

Recebido: 18/06/2019 | Revisado: 21/06/2019 | Aceito: 26/06/2019 | Publicado: 27/06/2019

**Ananias Freire da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-433-3647>

UNIATENEU Centro Universitário, Brasil

E-mail: [ananiasfreire21@gmail.com](mailto:ananiasfreire21@gmail.com)

**Michele Gomes de Queiroz**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6231-9426>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [michelequeiroz@hotmail.com](mailto:michelequeiroz@hotmail.com)

## **Resumo**

A indústria da construção civil vem nos últimos anos apresentando profundas transformações, fato que impõem ao profissional construtor novos paradigmas de prática laboral. Dentro deste contexto a normatização de procedimentos técnicos no mundo vem evoluindo em ritmo proporcional a estas mudanças. A exemplo a NBR 15.575, norma brasileira que determina padrões de desempenho na construção civil entrou plenamente em vigor em 2013 e com ela trouxe requisitos mínimos ao desempenho acústico em edificações residenciais. Este tema pouco discutido e muitas vezes ignorado pela cadeia produtiva da construção civil, tornou-se, portanto, mais um desafio para ser posto em prática nas construções modernas. Este trabalho, por sua vez, trata-se de um estudo bibliográfico de desempenho acústico, focado na aplicabilidade destes procedimentos. O objetivo desse trabalho é analisar a viabilidade no emprego de técnicas e materiais de isolamento acústico em construções residenciais. Divido metodologicamente em quatro partes, a primeira parte tratou do conceito de desempenho e o caminho histórico percorrido pela NBR 15.575. Na segunda parte traçou-se um estudo acadêmico de acústica, relevando os aspectos físico da natureza das ondas sonoras. Na terceira seção há um aprofundado estudo dos aspectos construtivos necessários a uma edificação preconizados na NBR 15.575. Finalmente, na quarta, exemplificou-se a utilização de matérias e técnicas de inovação tecnológica voltadas para tratamento acústico residencial, e tem por objetivo analisar a viabilidade no emprego de técnicas e materiais de isolamento

acústico em construções residenciais. Os resultados apontaram que esta norma se tornou marco e atende plenamente o seu objetivo. Fato importante constatado nesta pesquisa é a clara responsabilização dos agentes envolvidos no processo de construção, venda e aquisição de uma residência, deixando cada profissional, e também usuário, de antemão ciente de suas atribuições.

**Palavras-chave:** Desempenho Acústico; Acústica; NBR 15.575.

### **Abstract**

The civil construction industry has in recent years presented profound transformations, a fact that imposes on the professional constructor new paradigms of labor practice. Within this context, the standardization of technical procedures in the world has been evolving at a rate proportional to these changes. As an example, NBR 15.575, Brazilian standard that determines performance standards in civil construction fully entered into force in 2013 and with it brought minimum requirements to the acoustic performance in residential buildings. This little discussed theme, often ignored by the productive chain of civil construction, has therefore become more of a challenge to be put into practice in modern constructions. This work, in turn, is a bibliographic study of acoustic performance, focused on the applicability of these procedures. The objective of this work is to analyze the feasibility of using acoustic insulation techniques and materials in residential buildings. Divided methodologically into four parts, the first part dealt with the concept of performance and the historical path covered by NBR 15.575. In the second part an academic study of acoustic was traced, emphasizing the physical aspects of the nature of the sound waves. In the third section there is an in-depth study of the constructive aspects required for a building recommended in NBR 15.575. Finally, in the fourth one, the use of materials and techniques of technological innovation directed to residential acoustic treatment was exemplified, and its objective is to analyze the feasibility in the use of techniques and acoustic insulation materials in residential constructions. The results pointed out that this standard has become a milestone and fully meets its objective. An important fact observed in this research is the clear accountability of the agents involved in the process of construction, sale and acquisition of a residence, leaving each professional, and also user, aware of their duties beforehand.

**Keywords:** Acoustic Performance; Acoustics; NBR 15,575.

### **Resumen**

La industria de la construcción civil viene en los últimos años presentando profundas transformaciones, hecho que imponen al profesional constructor nuevos paradigmas de práctica laboral. Dentro de este contexto la normatización de procedimientos técnicos en el mundo viene evolucionando a ritmo proporcional a estos cambios. A ejemplo la NBR 15.575, norma brasileña que determina patrones de desempeño en la construcción civil entró plenamente en vigor en 2013 y con

ella trae requisitos mínimos al desempeño acústico en edificaciones residenciales. Este tema poco discutido y muchas veces ignorado por la cadena productiva de la construcción civil, se ha vuelto, pues, un desafío para ser puesto en práctica en las construcciones modernas. Este trabajo, a su vez, se trata de un estudio bibliográfico de desempeño acústico, enfocado en la aplicabilidad de estos procedimientos. El objetivo de este trabajo es analizar la viabilidad en el empleo de técnicas y materiales de aislamiento acústico en construcciones residenciales. Divide metodológicamente en cuatro partes, la primera parte trató del concepto de desempeño y el camino histórico recorrido por la NBR 15.575. En la segunda parte se trazó un estudio académico de acústica, relevando los aspectos físico de la naturaleza de las ondas sonoras. En la tercera sección hay un profundo estudio de los aspectos constructivos necesarios a una edificación preconizados en la NBR 15.575. Finalmente, en la cuarta, se ejemplificó la utilización de materias y técnicas de innovación tecnológica dirigidas a tratamiento acústico residencial, y tiene por objetivo analizar la viabilidad en el empleo de técnicas y materiales de aislamiento acústico en construcciones residenciales. Los resultados apuntaron que esta norma se ha convertido en marco y atiende plenamente su objetivo. El hecho importante constatado en esta investigación es la clara responsabilización de los agentes involucrados en el proceso de construcción, venta y adquisición de una residencia, dejando cada profesional, y también usuario, de antemano consciente de sus atribuciones.

**Palabras clave:** Acústica; NBR 15.575; Rendimiento Acústico.

## 1. Introdução

A forma de organização e exploração dos recursos naturais da sociedade capitalista canalizaram historicamente as cidades para uma desorganização, ou segundos alguns estudiosos, para uma reorganização, que causa uma série de desequilíbrios ambientais.

Estes desequilíbrios, também entendido como poluições, podem ser de várias naturezas, das quais se destacam: poluição atmosférica, poluição hídrica, poluição dos solos, poluição sonora, etc. Com relação a poluição sonora, matéria de estudo deste trabalho, caracteriza-se por apresentar a emissão de sons não desejáveis causando incômodo ao receptor.

Embora o conceito de poluição sonora seja juridicamente discutível, estudos e relatórios publicados e defendidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em diversas áreas do conhecimento, tem fundamentado a definição de poluição sonora como sendo o incômodo provocado pela massa sonora, como define Zajarkiewicz (2010):

Nos últimos anos, como fruto da divulgação de estudos na área da saúde (OMS, fonoaudiologia), da física (acústica), da zoologia, etc., além do crescimento de associações civis de luta contra o ruído, o fenômeno passou a receber conotações ambientais, sendo conceituado como “poluição” propriamente dita, causadora de alterações prejudiciais ao meio em que habitam homens e animais.

Dentro do cenário urbano contemporâneo o fenômeno da verticalização das cidades, acaba por agrupar várias pessoas em um mesmo ambiente construído, provocando uma série de inter-relações, que podem ocasionar o incômodo acústico.

Para a Organização Mundial da Saúde o conforto acústico não é capricho construtivo, e sim, uma necessidade em empreendimentos residenciais uma vez que o excesso e constância de ruído torna-se uma questão de saúde pública.

A exposição a sons indesejados pode causar, além da perda auditiva, irritabilidade, mudança de humor, agressividade, stress, pressão arterial alterada, insônia e problemas cardiovasculares.

Já na NBR 15.575 o conforto acústico é entendido como procedimento essencial em um empreendimento residencial, fortalecido por um série de critério dos quais podemos destacar: Nível de ruído adequado à função ou finalidade do ambiente (Permitir Inteligibilidade, Garantir a Privacidade); Tempo de reverberação adequado (eco); Distribuição balanceada de energia sonora nas faixas de frequências (por exemplo Curvas NC); Não permitir tonais audíveis (assobios, zumbidos, roncos); Não permitir variações bruscas de nível perceptíveis ao longo do tempo (Passagem de motos, aviões, elevadores); Não ter níveis pulsações (torneira pingando).

Outra problemática digna de observação é o impacto da poluição sonora em residências localizadas em ruas de grande tráfego de veículos (ruído devido ao trânsito de veículos, incluindo buzina) ressaltando quais seriam as medidas de minimização desse impacto quanto ao isolamento acústico dessas residências.

Partindo dos argumentos e observações apresentados o presente trabalho justifica-se na necessidade de avançar no estudo e indicação de conforto acústico em edificações,

principalmente de edificações populares, como fator pós-construtivo de avaliação positiva, tendo como objetivo analisar a viabilidade no emprego de técnicas e materiais de isolamento acústico em construções residenciais.

## **2. Metodologia**

Elaborado essencialmente por pesquisa bibliográfica este trabalho aponta um aprofundamento teórico do assunto acústica residencial, buscando preencher as lacunas deixadas na inobservância de procedimento ou no desacordo entre a opinião de autores.

É pertinente frisar que mesmo buscando um posicionamento crítico, este trabalho não tem como objetivo enveredar por caminhos teóricos divergentes, confrontando opiniões contratárias, sem a devida preocupação com a temática, e sim, avançar no que diz respeito a compreensão dos fenômenos acústicos e a dinâmica em que se processa nas mais diferentes edificações.

Portanto, este trabalho está metodologicamente dividido em três partes distintas, porém inter-relacionadas, onde: na primeira parte trata-se do conceito de desempenho residencial, trazendo como fonte básica de pesquisa a NBR-15.575 e sua usabilidade; no segundo capítulo o assunto correlacionado abordado será o conceito fundamental de acústica, observando as características físicas, criando um paralelo técnico entre o conceito acadêmico e a aplicação em uma edificação residencial; finalmente a terceira parte, porém não menos importante será analisado de um perfil acústico utilizado em edificação real, partindo dos pressupostos de controle de ruído, propagação sonora e atenuação acústicas de paredes.

Destaca-se ainda como procedimento metodológico neste trabalho a preocupação constante em criar um paralelo teórico entre os conceitos físicos acadêmicos e as observações construtivas preconizadas em nosso arcabouço jurídico, em especial a NBR 15575/2003, além de outros instrumentos de aporte construtivo concernentes a temática acústica residencial.

Vale ressaltar que a norma anteriormente citada, não trata somente de conforto acústico, mas devido a delimitação de assunto deste trabalho nos deteremos ao estudo de desempenho construtivo de forma geral e adequação acústica especificamente.

### 3. Norma de desempenho

A indústria da construção civil vem passando nos últimos anos por profundas transformações no que diz respeito a técnicas, métodos e aplicações de materiais, isso sem contar as temáticas: administração, gestão e sustentabilidade que impõem aos profissionais envolvidos no processo construtivo novos paradigmas na prática laboral.

Dentro deste contexto, o tema desempenho em edificações vem galgando cada vez mais espaço, uma vez que a observância de suas predisposições, implicam em uma boa prática profissional, garante uma segurança jurídica e, porque não dizer, converte-se em um valioso instrumento didático a construções mais adequadas.

Historicamente o tema desempenho em edificações, nos remete a Europa em meados do século XX. Todavia, a estruturação técnica como instrumento para metodologia ao projetar, desenvolver materiais, componentes e sistemas, acontece, mais precisamente, a partir de 1984, com a publicação da ISO – 6241, *Padrões de desempenho em edificações – Princípios para preparação e fatores a serem considerados*<sup>1</sup>, que, dentre outros parâmetros, estabelece requisitos mínimos de segurança, habitabilidade e sustentabilidade em edificações. (Pierrard, 2013)

O conceito de desempenho em edificações poder ser definido como sendo o comportamento da edificação durante todo o seu período de vida levando em consideração os critérios de gestão, habitabilidade e sustentabilidade, como define Borges (2008):

A busca pela racionalização e industrialização dos sistemas construtivos, pela redução de custos e inovação tecnológica, associadas à necessidade de muitos países de construir em larga escala para suprir déficits habitacionais crescentes, passa pela discussão de qual desempenho se pretende obter para as edificações ao longo de uma vida útil desejada. O desempenho de uma edificação pode ser entendido como o seu

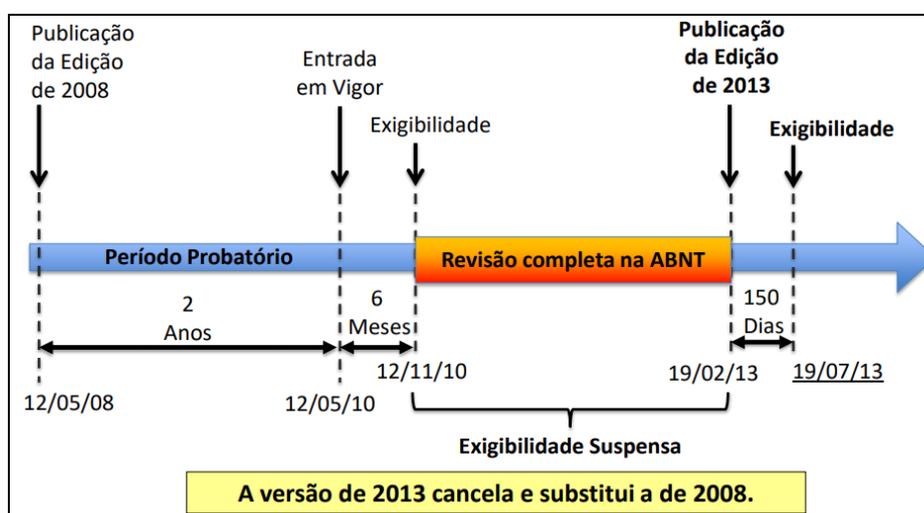
---

<sup>1</sup> ORIGINALMENTE: ISSO-6241 - *Performance Standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered.*

comportamento em uso ao longo de sua vida útil.  
(Borges, 2008, p. 21)

No Brasil, está preocupação com os critérios acústicos aplicados a edificações residenciais, parece, por vezes, menosprezado. Este fato pode ser facilmente constatado se analisarmos o número de reclamações, processos judiciais e desistência na aquisição de empreendimento residenciais devido ao excesso de ruído.

Quanto a legislação brasileira, pode-se afirmar estar de acordo e, porque não dizer, foi severamente influenciada pela evolução da temática em todo mundo. Assim, a norma de desempenho que trata da temática acústica residencial é a NBR 15575, que teve seus trabalhos iniciados em 2000, entrou em vigor em 2003, foi revisada em 2008 e entra em vigor totalmente atualizada em 2013.



**Figura 1 - Histórico da NBR 15575**  
(FONTE: Vittorino (2017))

Para alguns, estas constantes revisões técnicas na norma podem parecer prejudicial e algumas vezes estabelecer critérios inviáveis do ponto de vista financeiro como conclui Marques (2015):

No entanto, conclui-se com o estudo de caso, que o custo das edificações construídas dentro dos requisitos da Norma de Desempenho se torna mais alto, devido a seleção dos materiais e o processo de projeto mais detalhado. Apesar desse alto custo, no primeiro momento não ser bem visto pelos consumidores e pelos construtores, ele passa a ser a característica menos relevante quando se leva em consideração a melhor qualidade e valorização da moradia, além dos menores gastos com manutenções futuras. (Marques, 2015, p. 55)

Porém, é consenso entre os envolvidos na cadeia produtiva da construção civil que a norma de desempenho NBR 15575, é marco na evolução e no delineamento de ações de novas construções, garantindo ao consumidor final um empreendimento de qualidade, como afirma Lima (2016):

A norma NBR 15575 induz à necessidade de mudanças de postura, passando pelos incorporadores até os usuários finais das habitações. A partir de agora, mais do que nunca, os projetos, nas suas diferentes disciplinas, deverão basear-se em informações precisas sobre as características dos materiais e componentes, recomendando-se a projetistas e construtores que passem a exigir informações técnicas mais consistentes dos produtos. (Lima, 2016, p. 14 e 15)

### *3.1 - Desempenho da Construção*

Como já demonstrado a NBR 15575 é a norma brasileira que indica quais a preocupação que devem ser tomadas na construção de cada empreendimento buscando sempre o melhor desempenho.

Todavia, torna-se necessário a discussão: afinal o que é mesmo desempenho? O conceito de desempenho é comumente encontrado em nosso cotidiano. Jornalista, apresentadores, advogados, administradores e muitos outros profissionais tem usado este termo, mesmo que de forma inconsciente, na brusca comparação entre o que se quer e o que se conseguiu.

Em particular na construção civil, para muitos autores desempenho é a forma mais segura de garantir a estabilidade e usabilidade de um determinado bem, porém este conceito deixa lacunas uma vez que precisamos cada vez mais clareza os efeitos jurídicos e técnicos preconizados pela Norma:

A norma ABNT NBR 15.575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho, tem sido exigida desde julho de 2013 e inseriu uma série de conceitos na normatização brasileira, como o comportamento em uso dos componentes e sistemas das edificações e a vida útil dos sistemas construtivos, dentre outros.

Ao atribuir responsabilidades a incorporadores, construtores, projetistas, fornecedores e usuários, a norma também suscita uma série de dúvidas, não apenas sobre aspectos técnicos, como também jurídicos. As normas técnicas têm natureza diferente das normas jurídicas, e adquiriram força obrigatória devido a leis que assim as determinam. É o caso, por exemplo, do Código de Defesa do Consumidor, que considera abusivo colocar no mercado produtos em desacordo com as normas técnicas oficiais ou da Associação Brasileira de Normas Técnicas . (Lima, 2016, p. 14 e 15)

Na afirmação de Lima (2016), percebe-se que há uma necessidade constante de estudo e aprofundamento em relação aos procedimentos técnicos e sua justificativa jurídica.

Outro fator que torna este conceito de desempenho incompleto é o fato de não levar em consideração o tempo e a responsabilização dos agentes construtivos durante toda a vida útil do empreendimento.

Assim segundo o Gibson (1982) o melhor conceito para se definir de Desempenho seria:

A abordagem de desempenho é, primeiramente e acima de tudo, a prática de se pensar em termos de fins e não de meios. A preocupação é com os requisitos que a construção deve atender e não com a prescrição de como esta deve ser construída. (Gibson, 1982)

Este conceito concretizado no mundo acadêmico estabelece parâmetros não apenas quantitativos e sim qualitativos, percebível na preocupação dos requisitos que a própria construção deve atender.

Um importante documento que fortaleceu na definição didática do termo desempenho em construções por todo mundo foi a elaboração da ISO 6241, em 1984, que serviu de suporte inclusive para a implantação de norma em países signatários da ISO. Tal

documento estabeleceu um conjunto de requisitos funcionais que necessariamente devem ser observados por usuários de imóveis.

Borges (2008) relacionou os requisitos definidos na ISO 6241, correlaciono-os com exemplos práticos:

<b>Categoria</b>	<b>Exemplos</b>
1. Requisitos de estabilidade	Resistência mecânica a ações estáticas e dinâmicas, tanto individualmente quanto em combinação. Resistência a impactos, ações abusivas intencionais ou não, ações acidentais, efeitos cíclicos.
2. Requisitos de segurança contra incêndio	Riscos de irrupção e de difusão de incêndio, respectivamente. Efeitos psicológicos de fumaça e calor. Tempo de acionamento de alarme (sistemas de detecção e de alarme). Tempo de evacuação da edificação (rotas de saída). Tempo de sobrevivência (compartimentalização do fogo).
3. Requisitos de segurança em uso	Segurança relativa a agentes agressivos (proteção contra explosões, queimaduras, pontos e bordas cortantes, mecanismos móveis, descargas elétricas, radioatividade, contato ou inalação de substâncias venenosas, infecção). Segurança durante movimentação e circulação (limitação de escorregamento nos pisos, vias não obstruídas, corrimões, etc.). Segurança contra a entrada indevida de pessoas e/ou animais.
4. Requisitos de vedação	Vedação contra água (de chuva, do subsolo, de água potável, de águas servidas, etc.). Vedação de ar e de gás. Vedação de poeira e de neve.
5. Requisitos térmicos e de umidade	Controle de temperatura do ar, da radiação térmica, da velocidade do ar e da umidade relativa (limitação de variação em tempo e no espaço, resposta de controles). Controles de condensação.
6. Requisitos de pureza do ar	Ventilação. Controle de odores.
7. Requisitos acústicos	Controle de ruídos internos e externos (contínuos e/ou intermitentes). Inteligibilidade sonora. Tempo de reverberação.
8. Requisitos visuais	Iluminação natural e artificial (iluminação necessária, estabilidade, contraste luminoso e proteção contra luz muito forte). Luz solar (insolação). Possibilidade de escuridão. Aspectos de espaços e de superfícies (cor, textura, regularidade, nivelamento, verticalidade, horizontalidade, perpendicularidade, etc.). Contato visual, internamente e com o mundo exterior (encadeamentos e barreiras referentes à privacidade, proteção contra distorção ótica).
9. Requisitos táteis	Propriedades das superfícies, aspereza, secura, calor, elasticidade. Proteção contra descargas de eletricidade estática.
10. Requisitos dinâmicos	Limitação de vibrações e acelerações de todo o conjunto (transientes e contínuas). Comodidade dos pedestres nas áreas expostas ao vento. Facilidade de movimentação (inclinação das rampas, disposição dos degraus de escadas). Margem de manobras (manipulação de portas, janelas, controle sobre equipamentos, etc.).
11. Requisitos de higiene	Instalação para cuidados e higiene do corpo humano. Suprimento de água. Condições de feitura de limpeza. Liberação de águas servidas, materiais servidos e fumaça. Limitação de emissão de contaminantes.

**Tabela 1 - Requisitos da ISO 6421**  
**Fonte: BORGES (2008)**

Observa-se uma metodologia parecida nas abordagens firmadas na ISO 6421 e na NBR 15575, uma vez que ambas dividem suas abordagens em requisitos:

A ABNT NBR 15575, sob o título geral "Edificações habitacionais — Desempenho", tem previsão de conter as seguintes partes:
— Parte 1: Requisitos gerais;
— Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
— Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
— Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
— Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
— Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

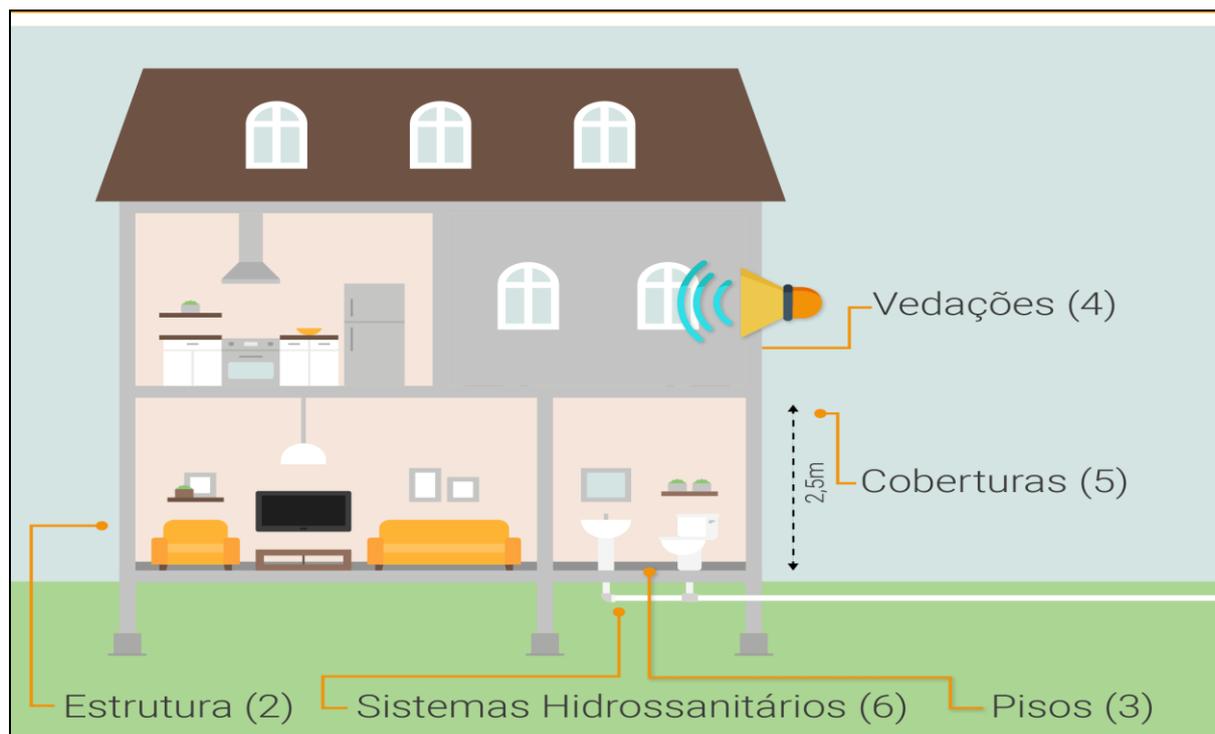
**Figura 2 - Parte da NBR 15575:2013**  
**(FONTE: ABNT – NBR 15575:2013)**

Assim, pode-se afirmar que a legislação brasileira caminha em conformidade com os mais avançados estudos e ponderações sobre abordagens técnicas para bom desempenho em edificações. A evolução de sua normatização e a estrutura baseada na qualidade do bem tem proporcionado a NBR 15575:2013 acurados estudos por parte de toda a cadeia produtiva da construção civil no Brasil.

### *3.2 – Requisitos da ABNT NBR 15.575/2013*

Segundo Prado (2017) a atualização desta norma nasce da carência de um instrumento jurídico devido basicamente a dois fatores: primeiro a deficiência de termo e responsabilização mais precisas e, em segundo, ao crescente aumento dos programas e projeto de habilitação popular no Brasil.

A NBR 15.575/2013 esta estrategicamente dívida em seis parte, categorizadas, como já vimos, em requisitos. Estas partes são simplesmente para melhorar a compreensão dos fatores a serem considerados pois o estudo da norma mostra que na mesma as partes estão inter-relacionadas Borges (2008).



**Figura 3 - Sistemas envolvidos NBR 15.575:2013**

**FONTE:** (<https://www.buildin.com.br/norma-de-desempenho>)

### **3.2.1 – Requisitos gerais**

A primeira da parte da ABNT NBR 15.575/2013 trata dos requisitos gerais. Nesta parte pode-se constatar a preocupação no legislador com três exigências primordiais a qualquer empreendimento residencial: segurança, habitabilidade e a sustentabilidade.

Com relação as exigências pertinentes ao critério de segurança são exigidas observações no que diz respeito a segurança estrutural; segurança contra o fogo e segurança no uso e operação.

Pertinente ao critério de habitabilidade são enumerados os seguintes fatores:

- estanqueidade;
- desempenho térmico;
- desempenho acústico;
- desempenho lumínico;
- saúde, higiene e qualidade do ar;
- funcionalidade e acessibilidade;
- conforto tátil e antropodinâmico.

Finamente, as exigências relativas à sustentabilidade são expressas pelos seguintes fatores:

- durabilidade;
- manutenibilidade;
- impacto ambiental.

É preponderante ainda no primeiro requisito desta norma, a preocupação em incumbências, deixando clara qual a verdadeira responsabilidade de fornecedores, projetista, construtores, incorporadores e usuários.

### ***3.2.2 – Requisitos para os sistemas estruturais***

Nesta segunda parte a norma define o conceito fundamental de sistema estrutural deixando claro a prioridade na segurança estrutural como podemos constatar: (ABNT NBR 15.575/2014 – 2)

Atender durante a sua vida útil de projeto, sob as diversas condições de exposição (ação do peso próprio, sobrecargas de utilização, atuações do vento e outros), aos seguintes requisitos gerais:

- a) não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- b) prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- c) não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal exigência atendida caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta Norma;
- d) não repercutir em estados inaceitáveis de fissuração de vedação e acabamentos;
- e) não prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento normal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais;
- f) cumprir as disposições das ABNT NBR 5629, ABNT NBR 11682 e ABNT NBR 6122 relativamente às interações com o solo e com o entorno da edificação. . (ABNT NBR 15.575:2013 – 2, p.7).

### ***3.2.3 – Requisitos para os sistemas de piso***

A parte de sistemas de pisos trata de critérios para elaboração de sistemas horizontais ou inclinados destinado a cumprir a função de estrutura, vedação e tráfego, composto por camadas (ABNT NBR 15.575;2013-3)



**Figura 4 - Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos**  
**FONTE: ( ABNT NBR 15.575;2013-3)**

### 3.2.4 – Requisitos para os sistemas de vedação vertical interna e externa

Concernente a seção 4, que trata dos sistemas de vedação vertical, define como vedação vertical basicamente os tipos de paredes. Pode-se constatar como função principal garantir a habitabilidade do usuário, através da proteção dos ambientes internos a ação de diversos agentes atuantes externos.

Outras funções normatizadas e observadas que os sistemas de vedação vertical têm é servir de fulcro à privacidade e proteção, além de suporte para embutidos, tais como conduítes, dutos e canos de instalações elétricas, hidráulicas e ventilação.

Esta parte está estruturalmente dividida em quatro outras seções:

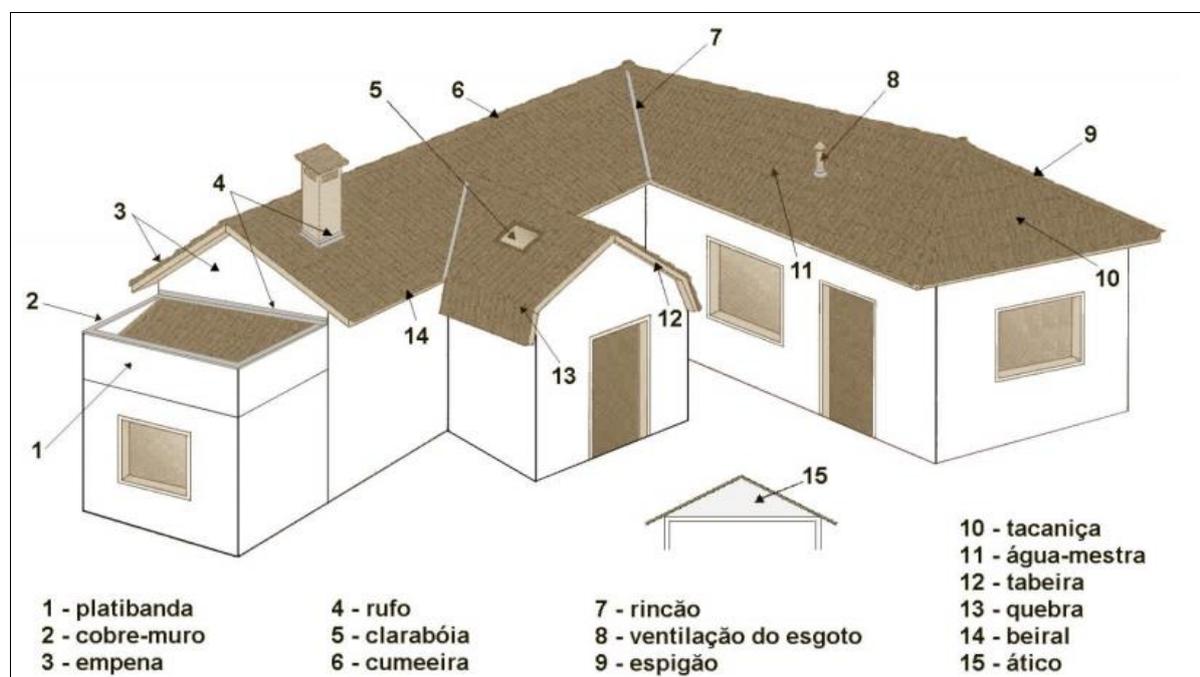
1. Transmitância e capacidade térmica;
2. Isolamento acústico;
3. Resistência mecânica;
  - 3.1 Impacto de corpos (duro e mole)
  - 3.2 Cargas suspensas
4. Estanqueidade à água.

### 3.2.5 – Requisitos para os sistemas de cobertura

Quanto aos sistemas de cobertura é outra parte que busca acima de tudo garantir o princípio de habitabilidade, proporcionado pelo isolamento com agentes externo a construção. Como a própria norma define (NBR 15.575/2013)

Sistema de cobertura (SC): Conjunto de elementos/componentes, dispostos no topo da construção, com as funções de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, proteger demais sistemas da edificação habitacional ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termo acústico da edificação habitacional. (NBR 15.575:2013-5, p. 8).

A norma ainda designa cada subsistema de telhado trazendo uma explanação clara de suas particularidades e requisitos mínimos ao dimensionamento correto a fim de garantir o desempenho ideal.



**Figura 5 - Designações dos subsistemas de telhados**  
**FONTE: ( NBR 15.575:2013-5)**

### **3.2.6 – Requisitos para os sistemas hidrossanitários**

Na sexta e última parte da NBR 15.575:2013 trata-se dos requisitos básicos aos sistemas hidrossanitários. Tal norma entende sistema hidrossanitário como sendo: sistemas hidráulicos prediais destinados a suprir os usuários com água potável e de reuso, e a coletar e afastar os esgotos sanitários, bem como coletar e dar destino às águas pluviais (ABNT NBR 15.575/2013)

Dentre as diversas normatizações observadas neste documento pode-se destacar os requisitos de segurança necessário para fixação das tubulações; as solicitações dinâmicas; requisitos de combate a incêndios com água; critérios de estanqueidade à águas das instalações; além da primícias de desempenho acústico, lumínico e adequação ambiental.

## **4. ACÚSTICA**

Para compreensão de desempenho acústico em uma edificação torna-se necessário, além do estudo minucioso do conceito de desempenho, os critérios e procedimento a serem adotados em uma edificação, que se conheça as particularidades do fenômeno físico de propagação do som.

Assim, faz-se pertinente a conceituação científica de acústica e o estudo de suas implicações na delimitação metodologia deste trabalho que são construções residenciais.

O conceito de acústica é definido como a ciência que estuda os sons e sua propagação, em meios sólidos, líquidos ou gasosos, e a interação humana. Os sons, matéria prima da acústica, são fisicamente entendidos como ondas mecânicas, longitudinais, provocados pela vibração de um corpo elásticos. (Valle, 2009)

Os sons podem ser classificados em três grupos para melhor compreensão de suas aplicações: os sons musicais, geralmente artisticamente pensados, combinados e executados; os sons de comunicação direta, aqueles que se apresentam no intuito de estabelecer comunicação e interação, neste grupo podemos destacar a fala e os sons de

animais; e finalmente os ruídos considerados poluição sonora e na maioria das vezes indesejáveis.

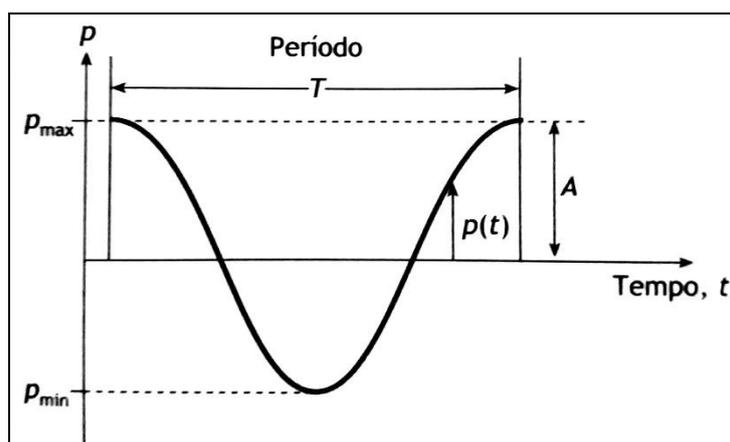
Porém, por uma questão de simplificação, tendo em vista que este estudo não tem como intuito enverar por caminhos etimológico das palavras, acústica ficará entendido aqui em duas grandes partes: os sons e os ruídos.

A distinção entre som e ruído é subjetiva, não depende apenas da frequência e da amplitude, sendo, no entanto, o som associado a sensações gradáveis (música e voz) e o ruído associado a sensações indesejáveis. (Mateus, 2008,p,4)

Quanto a natureza e propagação das ondas sonoras pode-se afirmar que os sons se propagam devidos a impulsos mecânicos provocados ao meio, nas adjacências do próprio corpo sonoro, que resultam em deformações transitórias, de movimento longitudinal, conseqüentemente a onda de pressão instigada. (Costa, 2003)

Para Bistafa (2011) os sons podem ser entendidos como uma variação da pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo. Esta compreensão física passa pelo pressuposto que a menor variação de pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo é da ordem de  $2 \times 10^{-5} Pa$ , denominada, pelo próprio autor, como limiar da audição.

Se traçar um gráfico da pressão em função do tempo teremos que a amplitude (A) comporta-se como o somatório das pressões máximas e mínimas, traçando uma senoide em relação ao centro de pressão ambiente. Ainda pode-se destacar no mesmo gráfico que o intervalo de tempo decorrido para que um ciclo se complete define-se como período (T). (Bistafa, 2011)



**Gráfico 1 - Variação da pressão ambiente em função do tempo**  
**FONTE: Bistafa, 2011**

Segundo Halliday (2009) desta constatação física de período, observada do gráfico de pressão em relação ao tempo, pode-se afirmar que a frequência de uma onda sonora é o inverso do período definido por esta mesma onda e que esta grandeza tem relação direta com a frequência angular dada pela seguinte igualdade:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

Halliday ainda afirma que o número de oscilações por unidade de tempo, frequência, é medida em hertz<sup>2</sup>(Hz) ou por seus múltiplos. (Halliday, 2009)

Normalmente as fontes sonoras provocam som com várias faixas de frequências, porém, se por questão de simplificação pudéssemos isolar um faixa de frequência específica tem-se o tom puro, mas como já afirmado, um único som está carregado de outros som (mais de uma faixa de frequência) denominados harmônicos. (Souza, 2012)

Cada som tem capacidade física de vibrar em determinada faixa média de frequência, todavia o sistema auditivo humano consegue detectar sons com frequência dentro do espectro de 20Hz a 20kHz. (Souza, 2012)

Por uma questão prática de classificação segundo Valle (2009), em seu Manual Prático de Acústica, as faixas de frequência são catalogadas da seguinte forma:

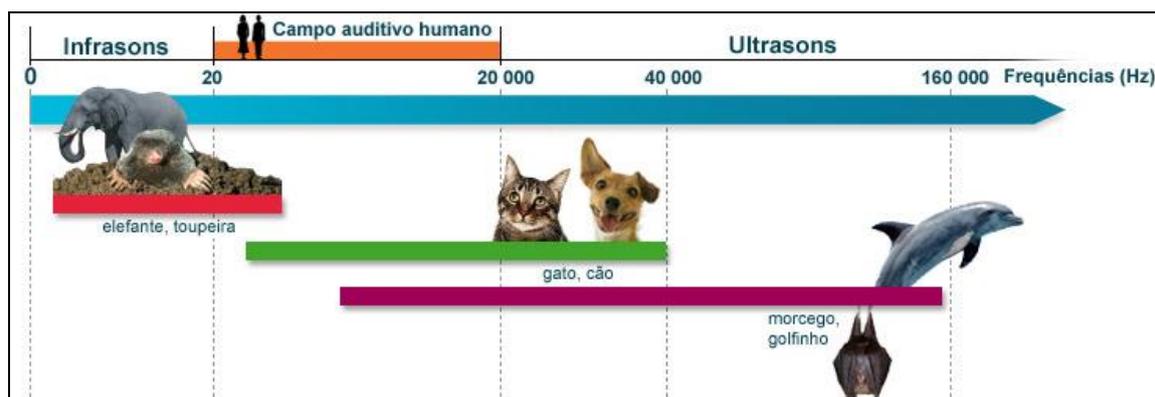
---

<sup>2</sup>Unidade de frequência hertz (Hz), foi adotada em homenagem ao físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), que provou que a eletricidade podia ser transmitida por meio de ondas eletromagnéticas, propagando-se à velocidade da luz, e apresentando muitas das propriedades desta. Seus experimentos com ondas eletromagnéticas possibilitaram o desenvolvimento do telégrafo sem fio e do rádio.

**Tabela 2 - Classificação Acústica por faixa de frequência**

INFRASSOM	SUB-GRAVE	GRAVE	MÉDIO GRAVE	MÉDIO	MÉDIO AGUDO	AGUDO	ULTRASSOM
< 20Hz	20 > 23Hz	23 > 250Hz	250 > 640hz	250 > 2,5 KHz	2,5 KHz > 5KHz	5KHz > 20KHz	> 20KHz

Frequência abaixo de 20Hz são considerados infrassons e acima de 20.000Hz são considerados ultrassom. Com relação a estas faixas extremas de frequências é importante salientar que menos não sendo perceptíveis aos ouvidos humanos, podem causar perturbação a outros animais que tem capacidade auditiva maior dos quais podemos destacar os elefantes, toupeiras, cachorros, gatos, morcegos e golfinhos.



**Figura 6 - Frequências perceptíveis por grupo de animais**

Observa-se, ainda em relação a propagação das ondas sonoras, que os sons não provocam migração de partículas e sim as perturbações são transmitidas partícula a partícula, conseqüentemente ao ser alcançado pela onda vibrante cada uma delas é colocada em vibração com as mesmas características, resistivamente oposta a sentido de seu deslocamento, provocadas, pela presença de energia que será restituída ao meio. (Bistafa, 2011)

Pertinente a velocidade de propagação das ondas sonoras, pode-se afirmar que em condições de temperatura ambiente esta velocidade é da ordem de 340 m/s. Desta afirmação pode-se ainda concluir o conceito de comprimento de onda ( $\lambda$ ), dado pela razão da velocidade do som ( $c$ ) e frequência ( $f$ ) da onda.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

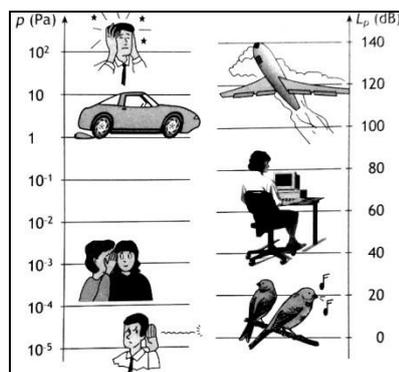
Dentre as grandezas característica das ondas sonoras a que mais utilizada e sempre está presente da literatura é a pressão. Como já apresentado pressão sonora nada mais é do que a relação entre a onda provada, levando em consideração o seu espectro de alcance. Todavia a grandeza até aqui utilizada foi pascal (Pa), uma vez que a mesma é a grandeza padrão no SI.

Porém, quando se trata de cálculo de pressão sonora, é comumente utilizada a grandeza decibel (dB). Um decibel é a décima parte de um bel, uma grandeza que é resultante logarítmica que relaciona a potência de um sistema e uma potência arbitrária de referência do ambiente.

Inicialmente esta grandeza foi criada para calcular amplas taxas de variação de potência de transmissão telefônica. Com o passar do tempo e uso ficou perceptível que devido a necessidade constante do uso de um submúltiplo do *bel* tornou-se comum encontrar referencial ao *decibel* (dB).

Outro fator que contribuiu para o uso do decibel como medida de pressão sonora foi a constatação que o 1 decibel é justamente a mínima variação perceptível pelo sistema auditivo, fato que denominou um 1dB a *unidade de sensação*. (Bistafa, 2011)

Portanto, se traçarmos um paralelo entra as duas grandezas Pascoal e decibel, obteremos matematicamente a seguinte relação:  $1 \text{ dB} = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ . Desta relação podemos perceber que se utilizarmos a pressão em pascoal estaria em uma magnitude de sete ordens (de  $10^{-5}$  a  $10^2$  Pa), todavia se utilizar a pressão sonora em decibéis tem-se praticamente toda a faixa de pressão sonora em duas ordens de magnitude (de 0 a 140 dB).



**Figura 7 - Relação de pressão sonora**  
**FONTE: Brüel&Kjaer, Leactureguide nº 310 (APUD: BISTAFA, 2011)**

## **5. DESEMPENHO ACÚSTICO RESIDENCIAL**

Ao delimitar o conceito e a relevância da norma de desempenho, na primeira seção, e as fundamentações acadêmicas de acústica, na segunda parte, torna-se pertinente criar um paralelo técnico de construções que além de obedecerem a norma, promovam uma real satisfação aos usuários.

Tais indicação não pretendem servirem de uma receita pré-concebida uma vez que cada edificação tem suas particularidades e isso as torna singular, cabendo ao construtor e/ou cadeia produtiva a criatividade nos processos e metodologias a serem adotadas. Mesmo assim, nesta divisa do trabalho, o foco é a acústica técnica aplicada a um ambiente residencial, partindo sempre dos pressupostos preconizados na NBR 15.575/2013.

Por essa questão tratar-se-á de cada indicação de desempenho na ordem apresentada na própria norma, metodicamente organizada para que ao concluir tenha-se o perfil acústico ideal em edificações.

### **5.1 Requisito para desempenho acústico em sistemas hidrossanitários**

Segundo a NBR 15.575/2003-6 (anexo B), os requisitos para desempenho acústico em sistemas hidrossanitários tem abrangência para quando se tratar de sistema, equipamento ou instalações de uso coletivo, operado por terceiro, que não o próprio usuários da unidade habitacional.

Neste caso os requisitos de desempenho aplicam-se a equipamentos, instalações e sistemas dos tipos: elevadores, descargas hidráulicas, tubulações, bombas, exaustores e demais equipamentos de uso coletivo.

Não estão contemplados equipamentos de uso individual que seja acionado pelo próprio usuários, dos quais pode-se destacar: caixa d'água, triturador de alimentos, gerador de energia, sirenes ou outro equipamento de acionamento em caso de emergência.

A norma estabelece como critério de medição que seja inspecionado a pressão sonora provocada por acionamento de equipamentos, instalações e sistemas hidrossanitários durante um ciclo de operação.

É primordial que estas medições sejam realizadas nos dormitórios, onde a exigência de conforto acústico é sempre maior e que todas as portas e janelas devem permanecer fechadas afim de provocar um ambiente confinado para medição.

São preestabelecidos dois parâmetros de observação, que se recomenda a utilização simultânea para atender a um nível de desempenho.

$L_{Aeq,nT}$  = Nível de pressão sonora equivalente padronizado

$L_{ASmax,nT}$  = Nível de pressão sonora máximo padronizado

**Tabela 3 - Valores máximos do nível de pressão sonora, equivalente e padronizado, medido em dormitórios**  
**FONTE: (ABNT NBR 15.575/2003)**

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO	NÍVEL dBA	NÍVEL DESEMPENHO
$L_{Aeq,nT}$	Nível de pressão sonora equivalente padronizado	$\leq 37$	Mínimo
		$\leq 34$	Médio
		$\leq 30$	Superior
$L_{ASmax,nT}$	Nível de pressão sonora máximo padronizado	$\leq 42$	Mínimo
		$\leq 39$	Médio
		$\leq 36$	Superior

## 5.2 Requisito para desempenho acústico em sistemas de piso

Os sistemas de pisos, que dividem unidades habitacionais devem garantir desempenho acústico em duas situações específicas: o isolamento acústico aéreo e o isolamento acústico ao ruído de impacto.

Entende-se por ruído acústico aéreo ( $D_{nT,w}$ ) todos os ruídos produzidos carregados pela massa de ar e transmitida através do contato com as estruturas sólidas, dos quais destacamos: conversações, músicas, TV e outros. Enquanto a ruídos de impacto ( $L'_{nT,w}$ ) pode ser entendido como sendo aquele provocado por contato mecânico, a exemplo tem-se: passos e queda de objetos.

A transmissão de ruídos aéreos em uma edificação sobreposta acontece pelo próprio sistema de piso e paredes laterais. Sua intensidade está diretamente relacionada as soluções construtivas adotadas e a geometria da própria edificação. Segundo Akkerman (2013) neste tipo de transmissão sonora acontece por treze vias, sendo uma como já dito o próprio piso, e doze demais pelas paredes da edificação (Akkerman, 2013).

Na transmissão de ruídos de impacto temos uma situação similar a transmissão de ruídos aéreos, todavia aqui os elementos de condução destes ruídos acontecem apenas por 5 vias, sendo uma a transmissão direta do piso, e as demais de elementos laterais (Akkerman, 2013).

Por sua vez a NBR 15.575/2013 estabelece os limites mínimos de isolamento acústicos para ambas as situações.

**Tabela 4 - Critérios de isolamento para sistema de pisos**

**FONTE: (Manual ProAcústica, 2013)**

ISOLAMENTO AO RUÍDO POR IMPACTO				
PARÂMETRO	CRITÉRIO	DESEMPENHO (dB)		
		MÍN	MED	MAX
$(L'_{nT,w})$	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em	$\leq 80$	$\leq 65$	$\leq 55$

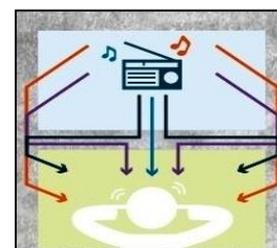


Figura 8 - Transmissão de ruído aéreo  
 FONTE: <https://goo.gl/cqMaie>

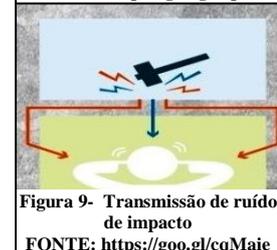


Figura 9- Transmissão de ruído de impacto  
 FONTE: <https://goo.gl/cqMaie>

Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado	pavimentos distintos			
	Sistema de pisos de áreas de uso coletivo, sobre unidades habitacionais autônomas	$\leq 55$	$\leq 50$	$\leq 45$
<b>ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO</b>				
PARÂMETRO	CRITÉRIO	DESEMPENHO (dB)		
		MÍN	MED	MAX
$(D_{nT,w})$ Diferença padronizada de nível ponderada	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório	$\leq 45$	$\leq 50$	$\leq 55$
	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos. Situação onde não haja dormitório	$\leq 40$	$\leq 45$	$\leq 50$
	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	$\leq 45$	$\leq 50$	$\leq 55$

### 5.3 Requisito para desempenho acústico em sistemas de vedações verticais internas

Entende-se por sistema de vedações verticais internas todas as paredes, construídas a fim de isolar ambientes de diferentes unidades habitacionais autônomas. As vedações verticais internas são geralmente constituídas dos seguintes elementos: Paredes massivos ou leves e revestimento.

Paredes massivos são elementos construtivos elaborado de várias formas. Em alvenaria (paredes construídas em blocos cerâmicos ou de gesso), concreto pré-moldado ou

ainda concreto moldado “*in loco*”. Quanto a sua capacidade de isolamento acústico este tipo de vedação depende muito da densidade das paredes simples. (Akkerman, 2013)

Quanto a paredes leves pode-se destacar o sistema *drywall*. Traduzindo a pé da letra *drywall* significa “parede seca”, um dos grandes apelos deste sistema construtivo que não utiliza água em sua montagem, pois basicamente consiste em perfil metálicos onde serão parafusadas placas de gesso, geralmente ocas, por onde passarão as instalações e em alguns casos ainda servem para acomodar materiais isolantes térmicos ou acústicos. Quanto a sua capacidade de isolamento ao ruído depende exclusivamente de sua composição. (Akkerman, 2013)

Usando a mesma metodologia dos demais sistemas a norma estabelece os valores de pressão sonora minimamente aceitáveis como demonstra tabela abaixo:

Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações verticais internas (paredes)				
Parâmetro	Elemento	Desempenho		
		MIN	INT	SUP
Diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ )	Paredes entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação) nas situações onde não haja ambiente dormitório	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50dB
	Paredes entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação) no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB
	Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB
	Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias nos pavimentos	≥ 30 dB	≥ 35 dB	≥ 40 dB
	Parede cega entre unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB
	Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas por um hall ( $D_{nT,w}$ ) obtida entre as unidades	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB

**Tabela 5 - Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações verticais internas (paredes)**

**FONTE: Manual ProAcústica (2013)**

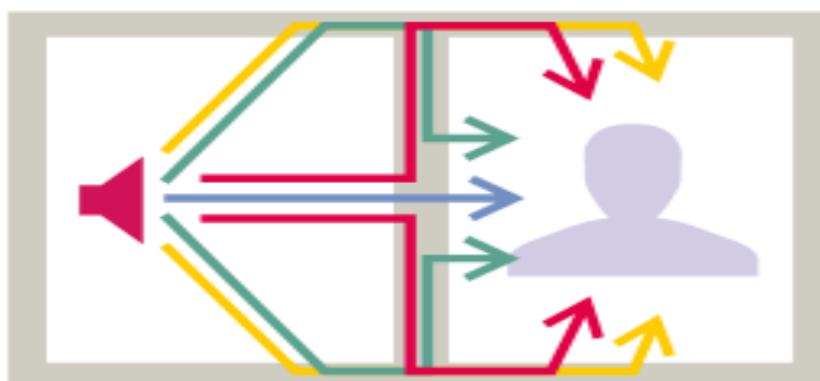
Ainda presente nesta mesma seção, a norma determina os índices de redução sonora ponderada  $R_w$  de fachadas. Este índice diz respeito a valores obtidos em laboratórios e geralmente apresenta resultados diferentes das medições de diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ) que são coletadas na própria obras, mesmo assim a norma prevê sua utilização.

Classe de ruído	Localização da habitação	$R_w$ dB <sup>a</sup>	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 35	M
		≥ 40	I
		≥ 45	S

**Tabela 6 - Índices de Redução Sonora Ponderada  $R_w$  de Fachadas**

Com relação a difusão de ruídos no sistema de vedação vertical interna, Pierrard (2013) defende que a transmissão de ruídos aéreos entre unidades habitacionais divididas por paredes ocorre através de pelo menos 13 vias. Onde a primeira via de transmissão direta (seta azul na figura 10) é a própria parede e as distribuídas entre outros elementos construtivos, como estruturas, paredes laterais, teto, fachada ou piso.

Pertinente a critérios para avaliação de desempenho de sistemas de vedação vertical interior a NBR 15.575/2013 permite duas metodologias: uma, pelo método de engenharia; e outro pelo método de controle.



**Figura 10 - Transmissão de ruídos aéreo em sistema de vedação vertical interna**  
FONTE: Pierrard (2013, p. 20)

Regazzi&Santini (2013) defende a utilização do método de engenharia devido a sua precisão científica. Ambas se baseiam em normatizações internas.

O método de engenharia utiliza para avaliação do parâmetro de diferenciação padronizada de nível pondera ( $D_{nT,w}$ ) as ISOs 140-4 e 717-1. Já pelo método de controle, para mesma avaliação utiliza as ISOs 10052 e 717-1. O procedimento para medição na ISO 140-4 e na ISO 10052 baseia-se na emissão de um ruído um compartimento da edificação, através de uma fonte sonora omnidirecional, e através da medição da pressão sonora em pacotes de frequência no recinto emissor e no compartimento receptor traçam a diferença de nível padronizada ( $D_{nT}$ ).

Em posse deste dados e com a utilização dos procedimento preconizados na ISO 717-1 obtém-se a então desejada Diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ). Estes valores, por sua vez, são comparados aos níveis de desempenho estipulados pela NBR 15.575-4.

#### **5.4 Requisito para desempenho acústico em sistemas de vedações verticais externas**

Dos sistemas de isolamento acústico o sistema de vedação vertical externa é sem dúvida um dos mais preocupantes no que diz respeito ao controle do sistema.

Sendo vedações externas, as fachadas, que separam dormitórios do ambiente exterior, são inerentes a este tipo de sistema a busca pelo controle adequado dos ruídos aéreo, provocados por elementos alheios a construção, como é o caso de tráfego de veículos, aviões, trens e outras variáveis que podem influenciar do desempenho acústico de determinada edificação.

Por uma questão didática a NBR 15575/2013-4 estabelece uma classificação em relação as características gerais da localização da edificação:

- Classe I - Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas;
- Classe II - Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III;
- Classe III - Habitação sujeita ao ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação.

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	$\geq 20$	M
		$\geq 25$	I
		$\geq 30$	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	$\geq 25$	M
		$\geq 30$	I
		$\geq 35$	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	$\geq 30$	M
		$\geq 35$	I
		$\geq 40$	S

**Tabela 7 - Níveis admissíveis de ruídos aéreo em Sistema de Vedações externas (fachadas)**

**FONTE: (ABNT NBR 15.575-4, ANEXO E, tabela F9, p. 52)**

Semelhante aos procedimentos utilizados na avaliação de desempenho do sistema de vedação vertical interno, a norma de desempenho possibilita a utilização de dois métodos para tal avaliação: o método de engenharia e o método de controle. Com relação a base normativa para os procedimentos técnicos de medição utiliza-se as mesmas ISOs, porém desta vez busca verificar a Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada ( $D_{2m,nT,w}$ ).

Isolamento acústico ao ruído aéreo			
Descrição	Parâmetro	Método	Norma
Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada	$D_{2m,nT,w}$	Engenharia	ISO 140-5 ISO 717-1
		Controle	ISO 10052 ISO 717-1

**Tabela 8 - Isolamento acústico ao ruído aéreo**

**FONTE: Pierrard (2013, p. 24)**

O procedimento técnico para este ensaio baseia-se na emissão de um ruído a partir do ambiente externo à fachada, distante exatamente dois metros.

O equipamento emissor é calibrado para faixas de frequências específicas, enquanto o aparelho receptor, posicionado do lado de dentro da edificação, registra a diferença de nível de pressão sonora.

Processadas com correção específicas para atender as condições particulares de cada recinto receptor, gera-se os valores da Diferença padronizada de nível ( $D_{2m,nT}$ ), que conseqüentemente é submetidas aos procedimentos técnicos previsto na ISO 717-1, obtendo-se a Diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{2m,nT,w}$ ). Esta medida buscada justifica-se por ser a unidade de comparação possível com a norma brasileira.

## 6. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS APLICADAS AO CONTROLE DE RUÍDOS

A busca pelo desempenho acústico ideal não é uma questão de capricho construtivo. Pode-se facilmente perceber pela evolução da legislação que se tem, cada vez mais, pesquisado procedimentos, materiais e sistemas capazes de satisfazer qualitativamente as necessidades básicas dos seres humanos, garantindo bem-estar e saúde.

Partindo destas conjecturas, alguns materiais e técnicas tem se destacado quando se tratam de controle de ruídos em edificações. Para facilitar a compreensão e acompanhamento destas novas será destacada aqui pelo uma inovação em cada parte da residencial, partindo da própria divisão postulada na NBR 15.575/2013.

### 6.1 Sistema Hidrossanitário

Uma solução destacada para atenuação de ruídos em sistemas hidrossanitários é a aplicação de manta acústica nas tubulações. Tais materiais são geralmente confeccionados a base de espuma (esponja) emborrachada, de alta densidade, e tem longo tempo de vida (em torno de 30 anos).

Dentre suas principais atribuições está a diminuição dos ruídos provocados pela passagem de água e as vibrações entre a própria tubulação e seus fixadores, fato que garante maior desempenho acústico.

Outro fato positivo é que



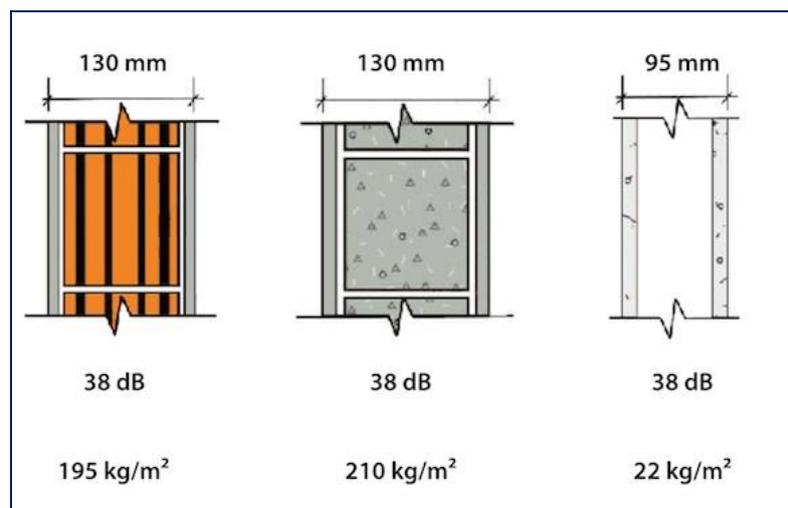
Figura 11 - Manta acústica para tubulações  
FONTE: <https://goo.gl/HvUqmj>

sua instalação é de fácil procedimento, inclusive sendo possível a instalação mesmo depois da tubulação já montada.

### 6.1 Sistema de vedação verticais

Dentre as muitas inovações tecnológicas na construção de paredes pode-se destacar grande avanço no que diz respeito a configuração de blocos, materiais alternativos para alvenaria, técnica de mistura de matérias e outros até mesmo outros materiais.

Mas, ao se falar de inovação buscando melhor desempenho acústico é indispensável falar de *drywall*. Esta técnica construtiva baseia-se na instalação de estruturas metálicas, geralmente de ferro galvanizado, que receberão parede de pré-fabricadas de gesso laminado. Partindo do perfil básico das paredes de *drywall* e comparando a uma parede de bloco cerâmico ou concreto o desempenho acústico são praticamente o mesmo.



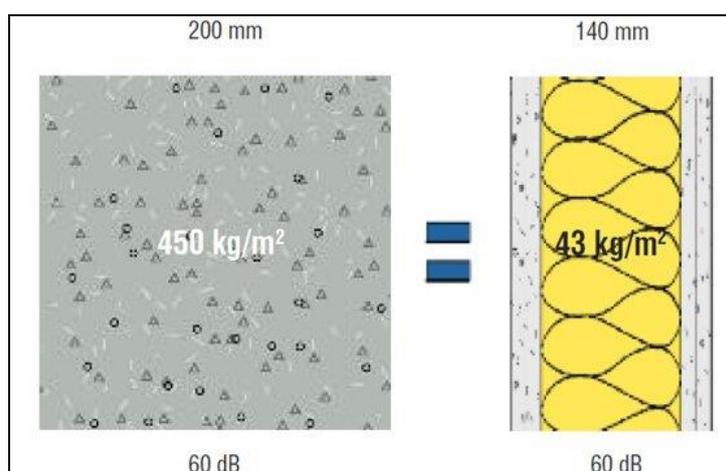
**Figura 12 - Comparação entre paredes de Alvenaria, Concreto e Drywall**  
**FONTE: [www.drywall.org.br](http://www.drywall.org.br)**

Segundo Larroque, o sistema *drywall* tem grande vantagem pois apresenta fácil trabalhabilidade e este fato é diferencial em relação aos outros tipos de paredes.

Para exemplificar, para elevar a capacidade de isolamento acústico de uma parede convencional, costuma-se duplicar suas dimensões, este fato além de encarecer ainda mais a obra, pode sobrecarregar a estrutura uma vez que o peso praticamente é duplicado. Já

em sistema *drywall* tem-se duas formas para aumentar a capacidade de isolamento acústico. A primeira assim como nas paredes convencionais duplica-se a aplicação das camadas de *drywall*. Na segunda adota-se um perfil com dimensões de 140mm utilizada como camada de isolamento acústico fibra de vidro.

Nesta última se eleva de 38 dB para 60 dB a capacidade de isolamento acústico e praticamente não se elava o peso da parede, se comparada com alvenaria convencional, pois se na alvenaria comum chegaria  $450\text{kg/m}^2$  no sistema *drywall* tem-se  $43\text{kg/m}^2$ .



**Figura 13 - Comparação em paredes dobradas de alvenaria e drywall**  
**FONTE:** [www.drywall.org.br](http://www.drywall.org.br)

## 6.2 Sistema de pisos

Como já visto os sistemas de piso propagam ondas de duas maneiras distintas: as ondas aéreas e as ondas de impacto. Como sugestão a diminuição de propagação de ruídos por contato mecânico há diversos mecanismo de absorção de impacto.

Porém, tem destaque entre os mais diversos materiais as mantas para isolamento acústico entre pisos, que apresenta eficiência de até 25% na dissipação de ruído provocados por impacto mecânico.



**Figura 14 - Manta para isolamento acústico entre pisos**

**FONTE:** <http://recoma.com.br/?p=pisos/corporativos/mantas-acusticas>

A indústria da construção civil vem passando por profundas transformações nos últimos anos. Se por um lado temos os avanços tecnológicos, fato que possibilitou um maior acesso a informação em massa, inovações técnicas e aprimoramento de procedimentos; por outro, temos o apelo a superação ao *déficit* habitacional, que aqui no Brasil, estimulou a construção de grandes conjuntos habitacionais.

Concomitante a esta conjectura a evolução do aparato jurídico tornou-se uma necessidade, pois a própria natureza do segmento impõem padrões técnicos minimamente necessários. Portanto, o fortalecimento e adequação de normas foram fomentadas.

A exemplo, podemos destacar a NBR 15.575 que em 2013 foi finalmente atualizada e passou a vigorar. Esta norma tem extrema relevância dentro da cadeia produtiva da construção civil, pois delineou os aspectos construtivos minimamente indispensáveis às edificações residenciais, buscando sempre o responder o conceito de desempenho.

A NBR 15.575/2013, portanto, tornou-se a norma de brasileira de desempenho para construção residencial. Dentro dos requisitos abordados temos orientações claras sobre o conforto acústico, como requisito indispensável ao conceito de unidade habitacional de bom desempenho. Este fato, justifica-se na premissa de que a casa é o asilo inviolável do indivíduo e que este lar precisa antes de mais nada garantir segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) o conforto acústico é um requisito indispensável para saúde integral do indivíduo, pois sua exposição a constantes e/ou elevados níveis de pressão sonora pode acarretar numerosas patologias.

Imerso nesta busca pelo melhor desempenho acústico em edificações residências este trabalho suscitou a preocupação com esta temática que muitas vezes é desconsiderada pelos profissionais envolvidos no processo construtivo.

Conclui-se primeiramente que esta norma se tornou marco e está atende plenamente o seu objetivo. Fato importante constatado nesta pesquisa é a clara responsabilização dos agentes envolvidos no processo de construção, venda e aquisição de uma residência, deixando cada profissional, e também usuário, de antemão ciente de suas atribuições.

Também fica evidenciado nesta pesquisa que os parâmetros pré-estabelecidos pela norma são capazes de avaliar a adequação de imóvel, além de prever as possíveis falhas de desempenho. Desta forma a norma deixa de ser apenas um documento de avaliação posterior a construção e amplia sua aplicabilidade as possibilidades de ensaio mesmo na fase de concepção de projeto, pois suas orientações regulamentam estudo de laboratório, indicação de materiais e até mesmo de procedimentos técnicos construtivos ideias. Esta constatação é extremamente relevante, pois havendo o enquadramento técnico da obra na classificação pré-estabelecida corretamente, sem receios de erros vindouros, a obra estará dentro dos padrões de desempenho, se não médio ou superior, mas pelo menos dentro de um espectro mínimo de desempenho.

Finalmente conclui-se que a temática é muito dinâmica devido a ampla e infinita possibilidade de emissão de ruídos em uma edificação, e constitui-se parte importante na formação daqueles que pretendem ser construtores. Salienta-se que há um verdadeiro déficit na formação técnica e publicação acadêmica com a temática desempenho acústico. Desta forma mais investigações na área de acústica, investimento acadêmico na melhor na formação dos profissionais da construção e o fomento de ensaios neste campo de conhecimento, torna-se não só uma possibilidade como também uma necessidade atual.

## Referências

Associação brasileira de normas técnicas. (2000). NBR 10.151: *acústica –avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento*. Rio de Janeiro, (incorpora errata de 30.06.2003).

Associação brasileira de normas técnicas. (2013). NBR 15.575-1: *edificações habitacionais – desempenho parte 1 – requisitos gerais*. Rio de Janeiro.

Associação brasileira de normas técnicas. (2013). NBR 15.575-2: *edificações habitacionais – desempenho parte 2 – requisitos para os sistemas estruturais*. Rio de Janeiro.

Associação brasileira de normas técnicas. (2013). NBR 15.575-3: *edificações habitacionais – desempenho parte 3 – requisitos para os sistemas de piso*. Rio de Janeiro.

Associação brasileira de normas técnicas. (2013). NBR 15.575-4: *edificações habitacionais – desempenho parte 4 – requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas*. Rio de Janeiro.

Associação brasileira de normas técnicas. (2013). NBR 15.575-5: *edificações habitacionais – desempenho parte 5 – requisitos para os sistemas de cobertura*. Rio de Janeiro.

Associação brasileira de normas técnicas. (2013). NBR 15.575-6: *acústica – desempenho parte 3 – requisitos para os sistemas hidrossanitários*. Rio de Janeiro.

Akkerman, Davi. (2013). *Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho* (1ª ed.). Rio de Janeiro: Associação Brasileira para a Qualidade Acústica.

Bistafa, S. R. (2011). *Acústica aplicada ao controle do ruído* (2. ed.). São Paulo: Blucher.

Borges, C.A.M. (2008). *O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil*. São Paulo: EPUSP.

Lima, J.C.S. (2016). Análise dos critérios de atendimento à Norma de desempenho ABNT NBR 15.575. *Estudo de Caso em Empresas do Programa Inovacon-CE*. Fortaleza

Marques, C.S. (2015). Análise crítica da norma de desempenho, ABNT NBR 15575: 2013 com ênfase em durabilidade e manutenibilidade. *Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais*. Belo Horizonte.

Organização mundial de saúde (OMS). *Relatório de avaliação sobre as condições ambientais de saúde na Europa*. Disponível em: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/data-andstatistics>. Acesso em: abril de 2018.

Pierrard, J.F; Akkerman, D. (2013). *Manual Pro-Acústica sobre a Norma de Desempenho Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de 49 acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho*. Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. São Paulo. Disponível em <https://goo.gl/ZvPRvR>, acesso em 19 de junho de 2017.

Regazzi, R. (2018). *Desempenho acústico em edificações, Premissas para a cartilha da feira revest RIO*. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://goo.gl/rWj6pg>, acessado em abril de 2018.

Souza, L. C. L. de; Almeida, M. G. de; Bragança, L. (2006). *Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura*. (1. Ed.). São Carlos: EdUFSCar.

Valle, S. (2009). *Manual Prático de Acústica*. (3ª Ed.). Rio de Janeiro. Editora: Música & Tecnologia.

Vittorino, F.(2017). *ABNT NBR 15575 Edificações Habitacionais – Desempenho*. São Paulo. Editora: IPT.

Zajarkiewicch, D.F.B.(2010). *Poluição sonora urbana: Aspectos jurídicos e técnicos*. Dissertação, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulos, Brasil.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Ananias Freire da Silva – 70%

Michele Gomes de Queiroz – 30%