

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

FELIPE AUGUSTO PEREIRA BELUCI

**ANÁLISE DO CONFORTO ACÚSTICO EM CONTÊINERES –  
ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO - PR

2018

FELIPE AUGUSTO PEREIRA BELUCI

**ANÁLISE DO CONFORTO ACÚSTICO EM CONTÊINERES –  
ESTUDO DE CASO**

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

Orientador: Prof. Dr. Fúlvio Natércio Feiber

TOLEDO - PR

2018



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Toledo  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 154

### **Análise do conforto acústico em contêineres – Estudo de caso**

por

**Felipe Augusto Pereira Beluci**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 09:10h do dia **09 de novembro de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Silmara Dias Feiber  
(UTFPR – TD)

---

Prof<sup>o</sup> Dr. Édi Carlo Waldrich  
(UNIVEL)

---

Prof<sup>o</sup> Dr. Fúlvio Natércio Feiber  
(UTFPR – TD)  
(Orientador)

---

Visto da Coordenação  
Prof<sup>o</sup>. Dr Fúlvio Natércio Feiber  
Coordenador do COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus por estar presente mostrando o quanto capaz sou de grandes realizações e proporcionando muita saúde, paz, força e colocando pessoas maravilhosas em minha vida como a família, namorada e amigos.

Aos meus pais Antônio Realino Beluci e Fabiana da Silva Pereira, pelo amor, carinho, paciência, aprendizados, conselhos e tudo o que os melhores pais poderiam fazer pelos seus filhos. Gratidão por acreditarem em mim e nunca medirem esforços para que eu pudesse ter a oportunidade de estudar. Nenhuma palavra será o suficiente para descrevê-los. Amo imensamente vocês.

Aos meus irmãos Tales Beluci, Rodolfo Beluci e Ubirajara Neto, por serem essenciais para eu conseguir alcançar meus objetivos, me proporcionando muito amor, lealdade, companheirismo, felicidade e muito mais.

A minha namorada Isadora Aires Junqueira, por ser um presente que Deus colocou diante de minha vida, me mostrando o verdadeiro significado do amor. Sendo como um pilar, necessário para suportar qualquer construção, onde a construção significa nossa relação de muito amor.

Aos meus avós, avôs, tios, tias, primos e toda a minha família que de alguma forma, ajudou de todo o seu coração, sempre fornecendo o mais importante de todos os sentimentos, o amor.

E por fim, aos professores que estiveram presentes em todas as etapas da minha vida acadêmica, orientando, apoiando e ensinando. Em especial, ao Professor Dr. Fúlvio Natércio Feiber, que com muita competência me orientou neste trabalho, me mostrando o caminho para o sucesso.

## RESUMO

BELUCI, Felipe A. P. Análise do conforto acústico em contêineres – Estudo de caso. 2018. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2018.

Essa pesquisa apresenta a abordagem de um estudo de caso em edificação construída com contêiner, tendo como enfoque a acústica. Assim como outras áreas do conforto, tais como o térmico e o lumínico, entende-se que o acústico é tido como um fator essencial para o melhor uso das edificações, o que, por si só, já justifica a investigação em contêineres uma vez que este tem sido cada vez mais utilizado como elemento para a construção civil. As atividades diretas e indiretas do setor da construção civil são as que mais consomem recursos naturais e degrada o meio ambiente através da quantidade de resíduos gerados. Assim, a prática acerca de novas ideias sobre materiais recicláveis e renováveis vem se consolidando, visto que diminui os impactos, tempo e custos, gerados pelo segmento da construção civil. Avaliando como um novo sistema sustentável, a reutilização do contêiner, além de gerar economias na obra, também proporciona um destino mais adequado quanto aos depósitos abandonados em portos por todo o mundo. Sendo assim, o presente trabalho tem como intuito analisar as condições de confortos acústicos, por meio de um estudo de caso, em uma edificação em contêiner, localizado em Toledo – PR.

**Palavras-chave:** Construção civil. Contêineres. Conforto acústico.

## ABSTRACT

BELUCI, Felipe A. P. Analysis of acoustic comfort in containers - Case study. 2018. 50 f. Course Conclusion Work - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2018.

This research presents the approach of a case study in building built with a container, focusing on acoustics. Like other areas of comfort, such as thermal and lighting, it is understood that acoustic is considered as an essential factor for the best use of buildings, which, in itself, already justifies the research in containers since these have been increasingly used as an element for civil construction. The direct and indirect activities of the construction industry are those that consume the most natural resources and degrade the environment through the amount of waste generated. Thus, the practice of new ideas about recyclable and renewable materials has been consolidating, since it reduces the impacts, time and costs, generated by the construction segment. Evaluating as a new sustainable system, the reuse of the container, besides generating savings in the work, also provides a more suitable destination for the abandoned deposits in ports around the world. Thus, the present work has the purpose of analyzing the conditions of acoustic comfort, through a case study, in a container building, located in Toledo - PR.

**Keywords:** Civil construction. Containers. Acoustic comfort.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Contêiner Dry Box.....	16
Figura 2 - Contêiner High Cube.....	17
Figura 3 - Contêiner Reefer.....	17
Figura 4 - Contêiner Open Top.....	18
Figura 5 - Contêiner Flat Rack .....	18
Figura 6 - Contêiner Tank.....	19
Figura 7 - Sons Audíveis .....	21
Figura 8 - Incidência sonora sobre superfície.....	26
Figura 9 - Superfície plana .....	26
Figura 10 - Superfície convexa.....	27
Figura 11 - Superfície côncava.....	27
Figura 12 - Difração do som .....	28
Figura 13 - Localização da edificação analisada.....	36
Figura 14 - Fachada da empresa analisada.....	36
Figura 15 - Croqui dos ambientes internos .....	37
Figura 16 - Implantação da estrutura metálica .....	38
Figura 17 - Aplicação do isolamento acústico em contêineres.....	38
Figura 18 - Decibelímetro disponível.....	40
Figura 19 - Sala de computadores .....	41
Figura 20 - Sala de gerência .....	42
Figura 21 - Almoxarifado .....	43
Figura 22 - Almoxarifado .....	43

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Contêineres padronizados conforme ISO.....	15
Quadro 2: Níveis de decibéis para algumas atividades.....	23
Quadro 3 - Nível de Critério de Avaliação, NCA, para ambientes externos, em dB(A) .....	30
Quadro 4 - Valores dB(A), em ambientes internos.....	31
Quadro 5 - Valores limites para ambientes internos.....	39
Quadro 6 - Níveis de pressão sonora - Lado externo.....	44
Quadro 7 - Médias dos dados coletados.....	45
Quadro 8 - Médias dos dados coletados.....	47
Quadro 9 - Médias dos dados coletados.....	49



# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 Objetivo geral.....	12
1.2.2 Objetivos específicos .....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 CONCEITOS EM SUSTENTABILIDADE.....	13
2.2 CONTÊINER.....	14
2.2.1 História do Contêiner .....	14
2.2.2 Tipos de contêineres.....	16
2.2.3 A sustentabilidade e o contêiner.....	19
2.3 CONCEITOS EM ACÚSTICA .....	20
2.4 ONDAS SONORAS E SEUS ELEMENTOS .....	20
2.4.1 Frequência (f) .....	21
2.4.2 Intensidade sonora (I).....	22
2.4.3 Timbre.....	23
2.5 RUÍDOS .....	24
2.5.1 Tipos de ruídos .....	24
2.6 PROPRIEDADES ACÚSTICAS .....	25
2.6.1 Reflexão sonora.....	26
2.6.2 Difração sonora .....	27
2.6.3 Eco.....	28
2.6.4 Reverberação .....	28
2.6.5 Absorção sonora.....	29
2.7 CONFORTO ACÚSTICO .....	30

2.7.1 Problemas acústicos.....	31
2.7.2 Tratamento acústico .....	32
2.7.3 Isolamento acústico .....	32
2.7.4 Materiais acústicos .....	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	35
3.1 TIPO DE PESQUISA .....	35
3.2 OBJETO DE ESTUDO.....	35
3.3 METODOLOGIA PARA COLETA DE DADOS.....	39
3.4 EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÕES.....	39
3.5 COLETA DE DADOS.....	40
3.5.1 Sala de computadores.....	41
3.5.2 Sala de gerência.....	42
3.5.3 Almoxarifado.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	44
4.1 COLETA DE DADOS AMBIENTE EXTERNO .....	44
4.2 COLETA DE DADOS AMBIENTES INTERNOS.....	45
4.2.1 Sala de computadores.....	45
4.2.2 Sala de gerência.....	47
4.2.3 Almoxarifado.....	49
5 CONCLUSÃO .....	50
REFERÊNCIAS.....	51

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma atividade tomada como indicativo de crescimento econômico e social. Porém, este é um dos segmentos que mais consomem recursos naturais e degrada o meio ambiente através da quantidade de resíduos gerados. Esta atividade é encarregada pelo consumo de, aproximadamente, 50% dos recursos naturais do mundo (EDWARDS, 2005).

Agopyan & John (2001) afirmam que o impacto ambiental se relaciona, também, ao uso demasiado de água e energia provenientes desde a construção até o uso da edificação. A causa da degradação ambiental origina-se através das etapas da cadeia produtiva do setor, que gera poluição em praticamente todos os seus processos, da extração de matérias-primas até a obtenção dos recursos finais (como cimento e concreto), e ainda, nas fases como uso, manutenção, destinação dos resíduos gerados durante o uso da edificação, e ao final da vida útil, sua demolição.

Baseando-se no desenvolvimento sustentável, a arquitetura busca por sistemas prediais mais eficazes que promovam conforto ambiental para seus usuários, bem como a redução do consumo de energia, impacto ambiental e processos de fabricação dos materiais (GONÇALVES & DUARTE, 2006). Apesar do aumento de práticas de sustentabilidade na construção, estabelece-se que o mercado nessa área invista gradativamente, para que assim possam-se prover soluções mais eficazes e viáveis para este setor. Com o comprometimento das empresas, assume-se que as novas edificações devem atender à necessidade quanto a sua utilização, reciclagem e reaproveitamento.

Assim, a prática acerca de novas ideias sobre materiais recicláveis e renováveis vem se consolidando, visto que diminui os impactos, tempo e custos, gerados pelo segmento da construção civil. Desta forma, o contêiner é um objeto que possui um amplo potencial construtivo, composto por material metálico e de vida útil de aproximadamente 10 anos para o transporte marítimo, e após esse tempo de uso são descartados e abandonados, sem ao menos ter percorrido toda sua vida útil, gerando depósitos nos portos. (MILANEZE et al.,2012).

Por fim, a priorização da sustentabilidade e inovação na construção civil, traz novos modelos construtivos que geram o conforto ambiental aos usuários nas diversas atividades pelas quais são empregadas. Com isso, a reutilização do

contêiner, além de gerar economias na obra, também proporciona um destino mais adequado quanto aos depósitos abandonados em portos por todo o mundo. Em países desenvolvidos como Holanda, Inglaterra e Japão, tornou-se normal a prática da utilização de contêineres como componente construtivo, favorecendo a segurança e a diversidade de uso como escritórios, hotéis e habitações. A facilidade e flexibilidade de aplicação do contêiner se dão pela associação com outras estruturas e materiais, como o aço, concreto, madeira e vidro, o que conduz a aproximação desse novo modelo construtivo com os edifícios convencionais (PAULA; TIBURCIO, 2012).

### 1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com ILOS – Instituto de Logística e *Supply chain* (2013), o setor de transporte marítimo poderá crescer até 7,5% ao ano na próxima década, conseqüentemente, expandindo o volume de contêineres utilizados no país em um montante de, aproximadamente, 14,7 milhões de TEU (*Twenty Foot Equivalent Unit*). Assim, na mesma proporção em que há um aumento de contêineres, pode-se prever um aumento de descartes e depósitos nos grandes portos do país, sendo uma opção, readequá-los para utilização como novos modelos construtivos.

Ao serem descartados, os contêineres passam por tratamentos, o que aumenta sua vida útil. Além das vantagens oferecidas em relação ao meio ambiente, os contêineres oferecem outras grandes vantagens, como praticidade e versatilidade, flexibilidade, conforto na obra, sustentabilidade, economia, aproveitamento do espaço físico, proporcionar um design inovador, dentre outros.

A partir disso, por serem grandes caixas metálicas, torna-se necessário o isolamento térmico e acústico de suas superfícies, visando atender as exigências do conforto ambiental de uma construção em contêiner, buscando a qualidade equivalente ao de uma construção de alvenaria.

Por se tratar de um método construtivo alternativo, há estudos a fim de capacitar o reuso dos contêineres na arquitetura, uma vez que a ideia vai de encontro com os conceitos de sustentabilidade. Para a minimização do impacto ao meio ambiente, faz-se necessário utilizar os recursos naturais de forma consciente, mantendo então, um desenvolvimento sustentável (MUSSNICH, 2015).

## 1.2 OBJETIVOS

Para o andamento da pesquisa em questão, é necessário abordar objetivos para o seu desenvolvimento. Com isso, abordou-se um objetivo de modo geral seguido dos específicos de tal modo a ser feito um aprofundamento do assunto.

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral dessa pesquisa é analisar o conforto acústico em edificações de contêineres, comerciais ou residências, através da medição interna dos níveis de decibéis em relação ao conforto ambiental.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Para o cumprimento do objetivo geral proposto é necessário seguir os seguintes objetivos específicos:

- Levantar referências bibliográficas para o melhor domínio do tema;
- Analisar o processo construtivo das edificações em contêiner;
- Avaliar / Determinar os procedimentos que visam minimizar os problemas causados pela falta de conforto acústico;
- Avaliar a qualidade acústica no interior do contêiner considerando seu uso para habitabilidade humana.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado o referencial teórico realizado para a fundamentação da pesquisa, onde serão abordados aspectos importantes para a percepção e conhecimento acerca da problemática, explanando o conteúdo de forma geral e, conseqüentemente, adentrando nos assuntos específicos para melhor visualização da proposta.

### 2.1 CONCEITOS EM SUSTENTABILIDADE

O desenvolvimento sustentável é um exercício que se renova a cada ciclo, onde visa manter-se em equilíbrio, ou seja, o uso de um recurso natural se exercido corretamente durará para sempre. Dessa forma, os métodos impostos para o sistema de produção implantado pelas empresas, visavam o lucro e a exploração dos recursos naturais se intensificou. No entanto, com o aumento significativo na produção e acreditando que a natureza seria uma fonte inesgotável de recursos, o meio ambiente não obteve tempo suficiente para se recuperar (DOS SANTOS, 2016).

A forma de exploração dos recursos naturais está diretamente relacionada com a degradação ao meio ambiente. Assim, o desenvolvimento sustentável respeita a quantidade de matérias primas fornecido pelo ecossistema, levando ao melhoramento da qualidade de vida da sociedade que domina este meio (MIKHAILOVA, 2004). Por muito tempo evitou-se a discussão de problemas causados ao meio ambiente por parte das ações humanas. Porém, a degradação ao meio ambiente é agravada pela globalização e crescimento populacional, podendo ser notada em todos os lugares do planeta.

Sendo assim, o conceito de sustentabilidade iniciou-se em Estocolmo em 1972, Suécia, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. A partir disso, foram realizadas diversas conferências sobre o meio ambiente e medidas sustentáveis. Após alguns anos, foi elaborado o Relatório de Brundtland (1987), conhecido internacionalmente por ganhar notoriedade pelas grandes organizações mundiais. De acordo com Brundtland (1987), a base do desenvolvimento sustentável é “aquela que corresponde às necessidades das

gerações presentes sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (MIKHAILOVA, 2004).

Portanto, sugere-se a utilização de contêineres como construções sustentáveis, visto que com a atual discussão sobre meio ambiente, este se adapta como uma possibilidade construtiva, favorável tanto aos futuros frequentadores quanto a natureza, juntamente com uma arquitetura moderna.

## 2.2 CONTÊINER

O contêiner é um objeto que possui um amplo potencial construtivo, composto por material metálico e de vida útil de aproximadamente 10 anos para o transporte marítimo. Sendo assim, neste tópico abrangeu-se um breve histórico sobre os contêineres, adentrando no assunto desde sua criação até a padronização nacional e internacional dos mesmos, onde se apresentou o Quadro 1, e logo em seguida, a explanação dos diferentes tipos de contêineres.

### 2.2.1 História do Contêiner

Antigamente na navegação, o transporte das mercadorias era realizado em tonéis, uma vez que, apresentavam ser resistentes e de fácil manuseio. No entanto, a industrialização passou a produzir cargas onde as mercadorias fossem embaladas de maneiras e formas diferentes. Assim, com a produção de mercadorias de diferentes formas e conforme analisado que os tonéis ocupavam mais espaço, ocorreu a inutilização dos mesmos como forma de transportar os produtos (SANTOS, 1982).

Em 1901, o inglês James Anderson, divulgou um tratado no qual se demonstrou a possibilidade de utilizar “receptáculos” no transporte internacional. Porém, apenas em 1950 com a união de diferentes nações pelo mundo foi realizada a padronização do tipo de material que deveria ser empregado. Com isso, foi padronizada a utilização de um material suficientemente forte e resistente, sendo então, uma caixa de armazenamento de metal (SANTOS, 1982).

O conceito em contêiner surgiu através da necessidade do transporte e armazenagem dos produtos. Assim, em 1950, através da ideia de Malcom McLean,

norte americano, dono de uma transportadora, foram desenvolvidas as “caixas” contêineres como meio de reduzir custos e diminuir o tempo para carregar e descarregar os produtos dos caminhões para os navios. O contêiner foi patenteado como sendo uma estrutura reforçada que permite tanto o encaixe nos caminhões quanto o empilhamento (KOTNIK, 2008).

Para facilitar o manuseio e acomodação nos navios, surgiu à necessidade de padronização dos contêineres, que após anos de discussão, somente entre os anos de 1968 a 1970 a American Standards Association (ASA), na América, e a Internacional Standards Organization (ISO), na Europa, realizou-se a unificação da padronização, melhor exemplificado no Quadro 1, a qual especifica não só as dimensões, mas também as capacidades de cada tipo de contêiner.

Quadro 1 – Contêineres padronizados conforme ISO

<b>Tipo</b>	<b>Comprimento (pés)</b>	<b>Dimensões Externas (mm)</b>	<b>Dimensões Internas (mm)</b>	<b>Capacidade (t/m³)</b>
<b>Dry Box</b>	20	6.058x2.438x2.591	5.900x2.352x2.395	21,6/33,2
<b>Dry Box</b>	40	12.192x2.438x2.591	12.022x2.352x2.395	26,5/67,7
<b>High Cube</b>	40	12.192x2.438x2.896	12.022x2.352x2.696	26,3/76,2
<b>Reefer</b>	20	6.058x2.438x2.591	5.498x2.270x2.267	25,4/28,3
<b>Reefer</b>	40	12.192x2.438x2.591	11.151x2.225x2.169	26,0/55,0
<b>Open Top</b>	20	6.058x2.438x2.591	5.900x2.352x2.395	21,6/3,2
<b>Open Top</b>	40	12.192x2.438x2.591	12.020x2.350x2.342	26,5/67,7
<b>Flat Rack</b>	20	6.058x2.438x2.591	5.798x2.408x2.336	21,6/33,2
<b>Flat Rack</b>	40	12.192x2.438x2.591	12.092x2.404x2.002	26,5/67,7
<b>Plataforma</b>	20	6.058x2.438	6.020x2.413	21,6/33,2
<b>Plataforma</b>	40	12.192x2.438	12.150x2.290	26,5/67,7
<b>Tank</b>	20	6.058x2.438	x	19/23 mil litros

Fonte: FIDAS, 2012

Atualmente, no Brasil, a regularização baseia-se nas propostas impostas pela ISO e os comprimentos mais utilizados são os de 20 pés ou TEU (Twenty feet equivalent unit) e 40 pés ou FEU (Forty feet equivalent unit), sendo está controlada pelos órgãos: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e Instituto de Metrologia, Normatização Qualidade Industrial – Inmetro (SANTOS, 1982).



## 2.2.2 Tipos de contêineres

De acordo com Fidas (2012) e com a padronização da ISO, os contêineres dispostos nos mercados nacional e internacional, são:

- **Dry Box / Carregamento Standard:** Acomoda diferentes tipos de cargas não requerendo controle de meio ambiente durante seu transporte. Utilizadas para cargas não perecíveis, recomendada para cargas pesadas de menor volume (20 pés) ou cargas de grande volume, mas que não pesam tanto (40 pés). O contêiner *dry box* demonstra-se na Figura 1;

Figura 1 - Contêiner Dry Box



Fonte: MIRANDA, 2015

- **High Cube:** Utilizados para cargas não perecíveis, com cargas de pequena densidade, onde o volume supera o peso. Muito utilizado para situações que envolvam refrigeração e habitação de pessoas por ser mais alto, conforme Figura 2;

Figura 2 - Contêiner High Cube



Fonte: MIRANDA, 2015

- **Reefer / Refrigerados:** Apresentam acessórios de refrigeração embutidos no contêiner para conservação ou congelamento de diversos produtos durante o seu transporte. Por apresentar equipamento de refrigeração, seu tratamento interno é diferente, ou seja, seu espaço interno é menor do que os demais;

Figura 3 - Contêiner Reefer



Fonte: MIRANDA, 2015

- **Open Top / Abertura no Topo:** Contêineres que se apresentam com o teto aberto, destinado a itens desjeitosos onde o carregamento da carga só possa ser realizado por cima;

Figura 4 - Contêiner Open Top



Fonte: MIRANDA, 2015

- **Flat Rack / Prateleiras Retas:** Para cargas que são transportadas avulsas. Ideais para cargas irregulares ou compridas que não caberia em um contêiner fechado;

Figura 5 - Contêiner Flat Rack



Fonte: MIRANDA, 2015

- **Plataforma:** Possui as mesmas características do Flat Rack, porém não apresentam as paredes nas cabeceiras;
- **Tank / Tanque:** Assim como o contêiner reefer, o container tank é utilizado em situações específicas. Normalmente, este contêiner deve seguir normas de segurança rigorosas, pois na grande maioria transporta cargas perigosas.

Figura 6 - Contêiner Tank



Fonte: MIRANDA, 2015

Por meio do Quadro 1, demonstrado anteriormente, o contêiner mais utilizado para habitações é o High Cube, por possuir 1 pé a mais em sua altura.

### 2.2.3 A sustentabilidade e o contêiner

Com os debates sobre construções sustentáveis, surgem as edificações sustentáveis, trazendo um conceito para novas formas de construir nos dias atuais. Sendo assim, são necessárias novas técnicas para o desenvolvimento consciente e racional sobre os recursos naturais, fazendo com que ocorra a minimização do impacto ao meio ambiente (KOSKI, 2014).

Conforme Koski (2014), com o amplo mercado acerca de técnicas e métodos, as edificações adaptaram-se a sustentabilidade. Os avanços dessas construções devem ser pensados e difundidos perante as indústrias e a população, visto que causam baixos impactos ambientais, facilitando assim, o acesso ao sustentável.

O volume de entulho gerado é o dobro do lixo sólido urbano. Pode-se dizer que o crescimento populacional junto ao desenvolvimento econômico e a má utilização da tecnologia têm ajudado no aumento desses resíduos (SJOSTROM, 1992 apud TICIANI, E., 2005).

A fim de proporcionar métodos que possam ajudar a minimizar os impactos ambientais e reduzir depósitos, surgiu a ideia do uso de contêineres para diversos tipos de habitações como residências, escritórios, conveniências, dentre outros. O contêiner durante seu uso no transporte pode correr o risco de contaminação através das cargas, ou pela manutenção realizada dentro das caixas metálicas,

como o tratamento do piso com produtos tóxicos para mantê-lo durável. Em seguida a limpeza, manutenção e adequação para uso nas habitações, incorporam-se facilmente diferentes temáticas renováveis que tornam a construção mais sustentável. Segundo Kotnik (2013), as utilizações dos contêineres seguem três princípios básicos: reutilizar, reciclar e reduzir. Além disso, o autor exalta a rapidez da construção, podendo levar apenas um único dia até projetos mais trabalhosos.

Após a adequação dos contêineres, é feita as modificações necessárias de acordo com o projeto arquitetônico, levando em conta a execução dos cortes de vãos, janelas e portas. Feito isso, um passo importante para a transformação do contêiner em um módulo habitável é a realização do isolamento acústico no interior do ambiente, uma vez que este, por ser de metal, é um alto condutor de calor e, conseqüentemente, baixo isolante acústico.

### 2.3 CONCEITOS EM ACÚSTICA

Através dos sentidos pode-se ter um contato direto com o mundo. Com isso, a capacidade de comunicação realizada por inúmeras variedades de sons utilizando o aparelho fonador, possibilitou a criação da fala. Com o desenvolvimento da fala que se tornou mais complexa e eficiente, podem-se transmitir sentimentos, conhecimentos e informações sem dificuldades (CABRAL, 2004).

Com o desenvolvimento do estudo sobre a acústica, tornou-se possível o conhecimento sobre civilizações antigas, por exemplo, no teatro de Epidaurus, Grécia, que é possível ouvir em qualquer ponto sons produzidos no palco. Nos dias atuais, o conhecimento sobre a acústica, visa projetar construções onde não haja interferências das ondas sonoras sobre determinados locais (CABRAL, 2004).

Com o conceito em acústica, é possível aperfeiçoar a qualidade dos sons e melhorar a percepção. Na arquitetura, a acústica tem maior importância, uma vez que busca eliminar ruídos excessivos nas construções.

### 2.4 ONDAS SONORAS E SEUS ELEMENTOS

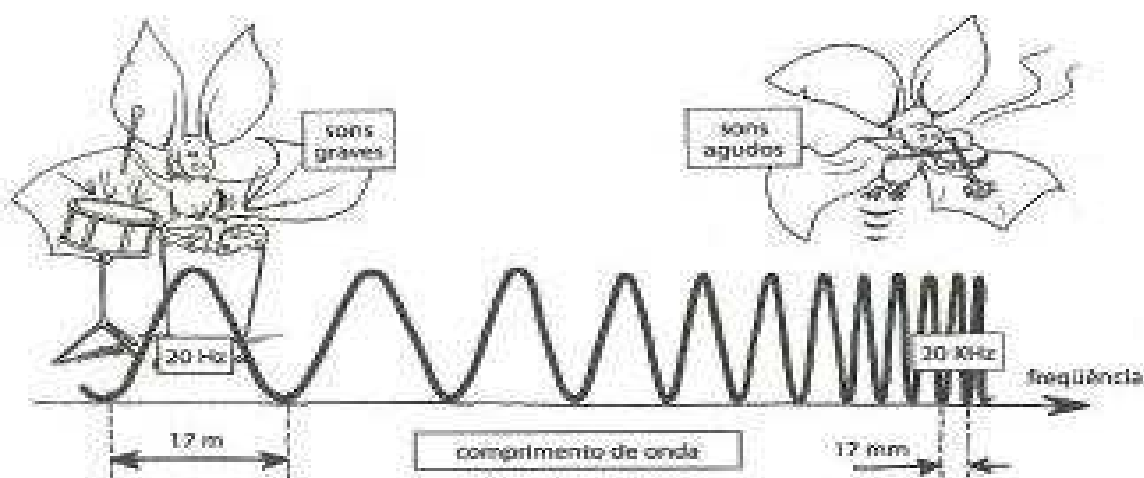
O som é denominado onda de pressão que pode se propagar em diferentes meios materiais, desde líquidos, sólidos até gasosos. As ondas sonoras são

produzidas através de transferências de energias entre as moléculas, que alteram a pressão e a densidade do ar quando se movimentam. Assim, o som classifica-se como uma onda mecânica longitudinal que se propaga em meios materiais e, também, como uma sensação auditiva causada pela vibração de um meio material (CABRAL, 2004).

#### 2.4.1 Frequência (f)

É uma característica de cada onda sonora e que se difere quando chega ao nosso aparelho auditivo. O ouvido humano é capaz de captar e detectar sons que chegam com frequências entre 20 Hz a 20.000 Hz. As frequências abaixo de 20 Hz são chamadas de infrassons e para frequências acima de 20.000 Hz, chamadas de ultrassons. Assim, a frequência é o número de ciclos por unidade de tempo, que se refere à altura do som e permite classifica-lo entre grave e agudo (CABRAL, 2004).

Figura 7 - Sons Audíveis



Fonte: SOUZA, 2012

Frequência e comprimento de onda se relacionam pela igualdade:

$$f * \lambda = c \quad (1)$$

Onde:

- $f$  – Frequência em Hz;
- $\lambda$  – Comprimento de onda (m);
- $c$  – Velocidade do som local (aproximadamente 340 m/s).

#### 2.4.2 Intensidade sonora (I)

De acordo com Cabral (2004), a intensidade é a capacidade de percepção da amplitude da onda sonora, ou seja, a pressão sonora sobre uma determinada superfície, também conhecida como volume. De Marco (1982), ainda afirmava que o nível de intensidade ou pressão sonora (dB), pode acarretar danos ao estado psicológico das pessoas, e se expostos por períodos longos de tempo, acarretar-se-á danos permanentes ao ouvido humano.

O ouvido humano pode captar diferentes intensidades sonoras, sendo desde  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> até um W/m<sup>2</sup>. Por isso, para realizar as devidas medições da intensidade do som, necessita-se utilizar uma escala que se adeque mais a este padrão de sensibilidade. Com isso, utiliza-se a escala logarítmica ao invés de linear, para a medição da intensidade do som, expresso em decibéis ou dB. O nível de intensidade sonora relaciona uma escala logarítmica de  $I/I_0$ , onde  $I_0$  que corresponde ao limite da audição humana para um sinal de 1kHz, ou seja, 1000 Hz (CABRAL, 2004). Para calcular os Níveis Sonoros de Intensidade (NSI), em dB, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{NSI} = 10 \log(I/I_0) \quad (2)$$

Onde:

- NSI – Níveis Sonoros de Intensidade (dB);
- $I$  – Intensidade sonora da fonte medida (W/m<sup>2</sup>);
- $I_0$  – Intensidade sonora de referência ( $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>).

Através da referência do cálculo citado acima, pode-se obter o Nível Sonoro de Pressão (NSP), resultando em dB, representada pela equação 3:

$$NSP = 20 \log P / P_0 \quad (3)$$

Onde:

- $NSP$  – Níveis Sonoros de Pressão (dB);
- $P$  – Pressão sonora medida (Pa);
- $P_0$  – Pressão sonora de referência ( $2 \times 10^{-4} \mu b$ ).

Em contrapartida,  $P_0$  representa o valor da pressão sonora de referência  $2 \times 10^{-4} \mu b$ .

Quadro 2: Níveis de decibéis para algumas atividades

<b>Atividade</b>	<b>Nível (dB)</b>
Limiar auditivo	0
Estúdio de gravação	20
Biblioteca forrada	30
Sala de descanso	40
Escritório	50
Conversação	60
Datilografia	70
Tráfego	80
Serra Circular	90
Prensas excêntricas	100
Marteletes	110
Aeronaves	130
Limiar da dor	140

Fonte: MORAIS, 2015

### 2.4.3 Timbre

É uma característica e qualidade que permite o ouvido humano diferenciar diversos tipos de fontes sonoras que possuam a mesma altura e intensidade. O timbre nos permite identificar uma mesma nota musical tocada por diferentes instrumentos musicais, assim como nos permite diferenciar a voz das pessoas. (CABRAL, 2004).



## 2.5 RUÍDOS

Conforme Tuffi (2004), ruído é todo barulho desagradável que incomoda e está presente nos ambientes em que convivemos diariamente. O ruído é perceptível através da audição, gerando ao ouvido interno desconfortos podendo levar a danificação das células transmissoras, responsáveis pela captação dos sons.

Os danos causados a perda de audição podem acontecer de acordo com o tempo em que o ouvido humano fica exposto aos altos níveis de decibéis gerados pelos ruídos. Assim, dependendo do tipo de ruído e o tempo pelo qual o ouvido ficou exposto, pode-se levar a uma lesão nas células ciliadas ocasionando a perda de audição de nível temporário ou intenso (BISTAFA, 2006).

- **Perda de audição temporária:** Pode ser reversível, uma vez que as células ciliadas podem se recuperar devido a intensidade e tempo em que o ouvido humano ficou exposto (BISTAFA, 2006).

- **Perda de audição permanente:** As células ciliadas não se recuperam devido a uma grande lesão causada pela intensa exposição do ouvido a altos níveis de decibéis ao um longo período de tempo (BISTAFA, 2006).

### 2.5.1 Tipos de ruídos

De acordo com Fernandes (2002), existem três tipos de ruídos:

- **Ruídos Contínuos:** Pode-se ser classificado pela pequena variação de intensidade em função do tempo, por exemplo, os ventiladores, chuvas, dentre outros.

Gráfico 1 - Nível de decibéis em função do tempo



Fonte: FERNANDES, 2002

- **Ruídos Flutuantes:** Originados a partir de grandes variações de intensidade em função do tempo. Um exemplo seria aos ruídos presentes no dia a dia.

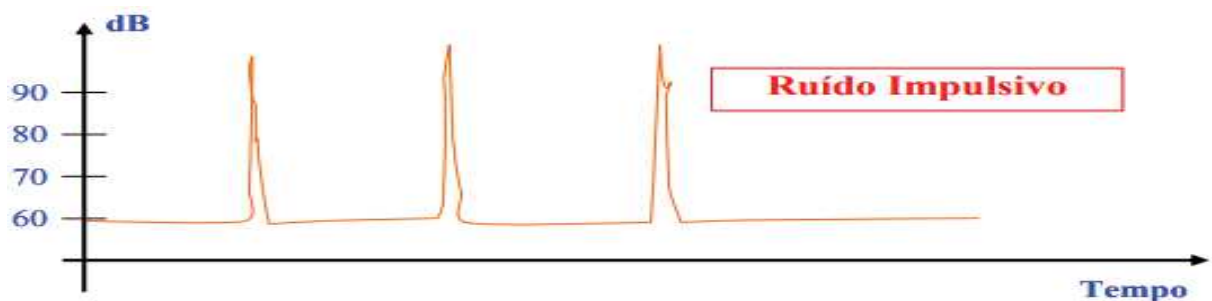
Gráfico 2 - Nível de decibéis em função do tempo



Fonte: FERNANDES, 2002

- **Ruídos de Impacto ou Impulsivo:** São ruídos que apresentam um grande nível de intensidade em função de um período muito curto de tempo. Por exemplo, pancadas de martelo, explosões, dentre outros.

Gráfico 3 - Nível de decibéis em função do tempo

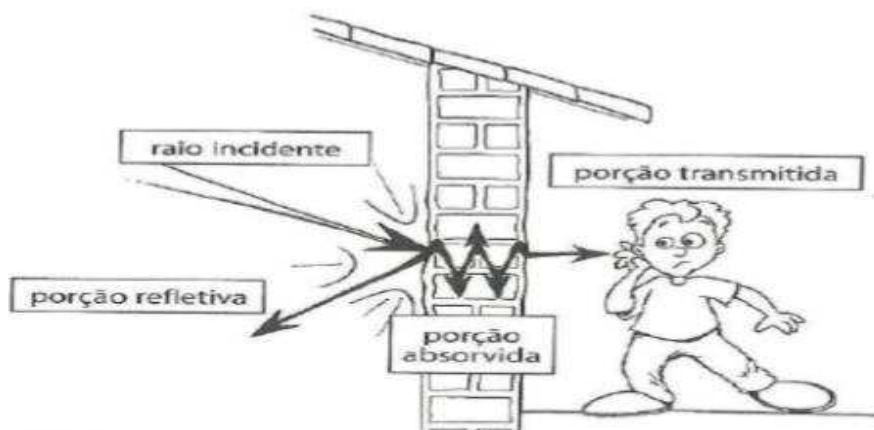


Fonte: FERNANDES, 2002

## 2.6 PROPRIEDADES ACÚSTICAS

A principal causa pela queda da intensidade sonora relaciona-se quando um obstáculo intercepta uma onda sonora gerando diferentes perdas de energia. Uma parte da energia incidente é refletida, outra absorvida pelo material, e por fim a porção que é transmitida através do obstáculo.

Figura 8 - Incidência sonora sobre superfície



Fonte: SOUZA, 2012

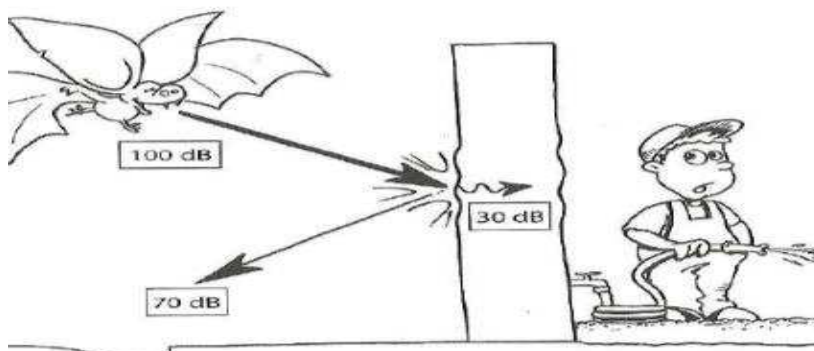
Com isso, quanto menos poroso e mais espesso for o material, menos energia sonora será absorvida, melhorando então o isolamento acústico (SOUZA, 2012).

### 2.6.1 Reflexão sonora

A reflexão do som ocorre quando a energia sonora não é absorvida e nem atravessa um obstáculo, ou seja, é refletida na mesma velocidade do raio de incidência. Em espaços abertos é chamado de eco, porém em locais fechados, é chamada de reverberação.

Considerando superfícies planas, o ângulo formado pelo raio incidente sobre a superfície plana será o mesmo ângulo formado pelo raio refletido (Figura 9).

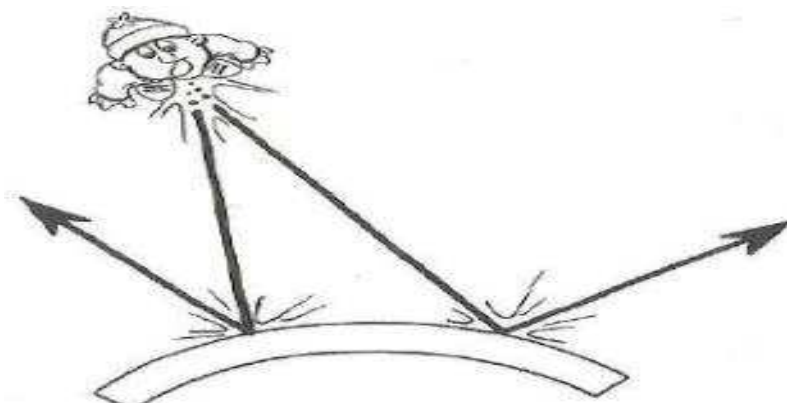
Figura 9 - Superfície plana



Fonte: SOUZA, 2012

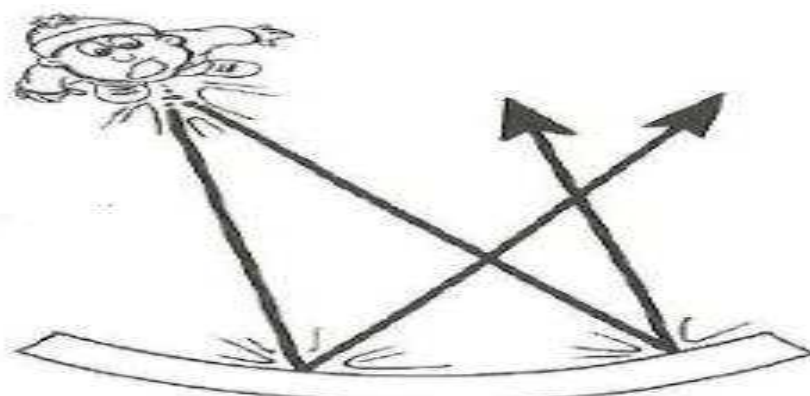
Tratando-se de superfícies convexas, os raios que incidem sobre tal iram se espalhar ou divergir seus raios refletidos, demonstrado na figura 10 (SOUZA, 2012).

Figura 10 - Superfície convexa



Fonte: SOUZA, 2012

Figura 11 - Superfície côncava



Fonte: SOUZA, 2012

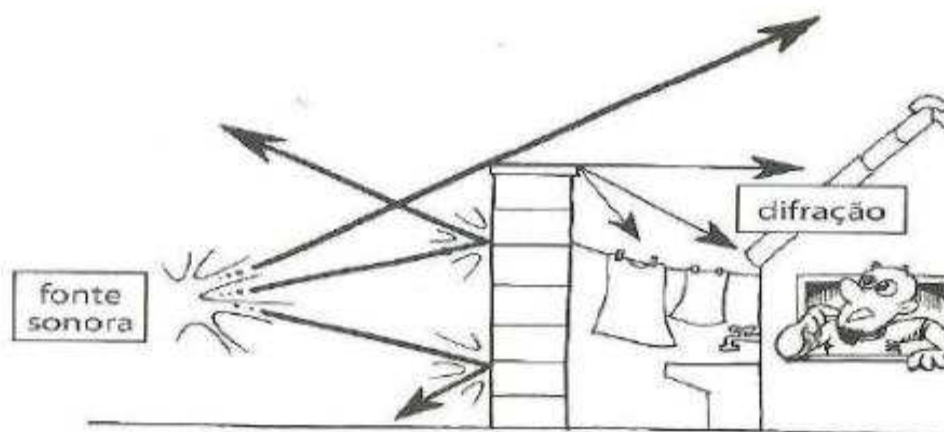
Entretanto, no caso de superfícies côncavas pode-se ocorrer o fenômeno de reverberação, uma vez que se concentram os raios refletidos em zonas de alta concentração e em zonas que não recebem nenhuma reflexão (Figura 11).

### 2.6.2 Difração sonora

Conforme De Marco (1982), devido ao intervalo de comprimento de ondas, pode-se determinar diferentes comportamentos de difração. A difração é o fenômeno

em que uma onda sonora muda de direção desviando ou contornando um obstáculo. Os obstáculos podem ser paredes, furos, dentre outros.

Figura 12 - Difração do som



Fonte: SOUZA, 2012

Ao analisar um obstáculo onde a superfície seja maior que o comprimento das ondas que incidem, tendem a ter maiores números de reflexões, gerando as sombras acústicas. Já para os comprimentos de ondas maiores que o obstáculo, nota-se que este sofre difração (SOUZA, 2012).

### 2.6.3 Eco

Conforme estudado por Costa (2003), é considerado eco todo som refletido que se torna perceptível ao retornar a sua fonte geradora num intervalo superior a  $1/15$  s, considerando uma velocidade de propagação do som no ar a 340 m/s. Após analisar o tempo em que o som refletido e o som direto são captados pelo ouvido humano, Costa (2003) constatou que um obstáculo deverá estar ao menos 12 metros de distância da fonte.

### 2.6.4 Reverberação

O som direto emitido pela fonte que permanece em um ambiente sofrerá sucessivas reflexões, tornando-o um som reverberante. Portanto, a reverberação

ocorrerá quando o obstáculo está a uma distância inferior a 12 metros da fonte. A partir do momento em que uma pressão sonora é gerada em um ambiente, ela se propaga e cresce até que possa se estabilizar e cessar. Tal característica gera ao ouvido humano uma sensação de prolongamento do som, podendo ser bom ou ruim. A classificação de bom ou ruim dependerá exclusivamente da finalidade imposta ao ambiente analisado (COSTA, 2003).

A reverberação pode ser classificada de acordo com o seu tempo de reverberação, que seria o tempo necessário para que a intensidade sonora de um local decaia em 60 dB a partir do momento em que sua fonte cesse a emissão. De acordo com Costa (2003), “enquanto a reverberação caracteriza uma permanência do som no ambiente, o eco é caracterizado pela repetição distinta do mesmo”.

#### 2.6.5 Absorção sonora

A absorção sonora ocorre após a energia sonora incidir sobre um material poroso, ou seja, o ar tem condições de transitar livremente entre os poros, causando atrito e vibração das pequenas fibras do material, podendo transformar parte da energia em calor. No entanto, existe uma relação entre o material poroso e o comprimento da onda do som (DE MARCO, 1982).

Assim, a relação imposta para a absorção sonora de um ambiente, pode ser expressa, em Sabines, da seguinte maneira:

$$A = \sum S_i * a_i + \sum n_i * A_i + x * V \quad (4)$$

Onde:

- $S_i$  – Superfície aparente de cada material ( $m^2$ );
- $a_i$  – Coeficiente de absorção de cada material;
- $n_i$  – Quantidade de objetos de absorção  $A_i$ ;
- $A_i$  – Absorção global de cada objeto (Sabine);
- $x$  – Coeficiente de absorção do ar (Sabine/ $m^2$ );
- $V$  – Volume do local analisado ( $m^3$ ).

A classificação dos materiais absorventes pode ser fibrosos, celulares com células fechadas e celulares com células abertas.

- Materiais fibrosos: lã de vidro, lã de rocha e fibra de madeira;
- Materiais celulares com células fechadas: poliestireno expandido e espuma rígida de poliuretano:
  - Materiais celulares com células abertas: concreto celular, espuma de argila, espuma flexível de poliuretano, espuma de amianto e cortiça.

## 2.7 CONFORTO ACÚSTICO

As normas que avaliam o desempenho acústico em ambientes, no Brasil, são definidas pela ABNT NBR 10151/2000 – “Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento”, e a ABNT NBR 10152/1987 – “Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento”.

A ABNT NBR 10151/2000, avalia e estabelece os níveis de aceitabilidade dos ruídos urbanos. A fim de padronizar o sistema de avaliação acústica em ambientes, essa norma estipula os níveis de ruídos permitidos para diversas áreas urbanas, indicando os níveis de pressão sonora emitidos, em dB(A), para os períodos diurno e noturno, representados no Quadro 3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000).

Os medidores de pressão sonora, a fim de assemelhar-se a ao órgão auditivo, aplicam escalas ponderadas, que por sua vez, acrescentam ao equipamento condições de flexibilidade para determinar as variações necessárias de acordo com a mudança de frequência sonora. Por isso, a escala ponderada mais utilizada é a “A”, que se baseia nos níveis sonoros do dia a dia (BISTAFA, 2011).

Quadro 3 - Nível de Critério de Avaliação, NCA, para ambientes externos, em dB(A)

<b>TIPOS DE ÁREAS</b>	<b>DIURNO</b>	<b>NOTURNO</b>
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

**Fonte:** ABNT NBR 10151 (2000)

De acordo com a ABNT NBR 10152/1987 indica os níveis de ruídos permitidos em locais específicos. Portanto, analisando a Quadro 4, para os locais residenciais, mais precisamente, os dormitórios e salas de estar, nota-se que o valor máximo aceitável, respectivamente é de 45 e 50 dB(A) e o nível sonoro para conforto é de 35 e 40 dB(A).

Quadro 4 - Valores dB(A), em ambientes internos

<b>Locais</b>	<b>dB(A)</b>
Dormitórios	35 - 45
Salas de estar	40 - 50

**Fonte:** ABNT NBR 10152 (1987)

A partir disso, as condições impostas pela ABNT NBR 10152/1987 estão diretamente interligadas com a ABNT NBR 12179/1992 – “Tratamentos acústicos em recintos fechados”, uma vez que, através dos níveis de aceitabilidade dos ruídos expostos pela ABNT NBR 10152/1987, auxiliam na concepção de um projeto para tratamento acústico.

### 2.7.1 Problemas acústicos

Os problemas acústicos aparecem de diferentes formas, variando conforme a arquitetura do edifício. Segundo Newman (1960), os problemas acústicos advindos da arquitetura são de duas maneiras:

- Proteção contra ruídos: destinando-se ao sossego, saúde e capacidade de trabalho do indivíduo;
- Condicionamento acústico dos ambientes: possibilitando melhores condições de audibilidade interna, por meio da distribuição equilibrada dos sons internos. Isso ocorrerá mediante aplicações de materiais absorventes ou refletores de sons.



### 2.7.2 Tratamento acústico

O tratamento acústico é voltado para o controle de qualidade do som em um recinto, por meio de combinações de materiais absorventes e isolantes, que juntamente aos ambientes, trará maior conforto acústico, favorecendo bloqueios de ruídos externos ou internos. Os materiais empregados para o bloqueio dos ruídos deverão apresentar características de absorção acústica. Como a onda sonora pode refletir-se em diferentes objetos, o ambiente pode receber cuidados em relação ao direcionamento das reflexões do som.

Em ambientes abertos, como as conchas acústicas, o tratamento acústico é analisado para garantir níveis de reflexão e reverberação apropriadas para o local.

De acordo com a ABNT NBR 12179/1992 – “Tratamentos acústicos de recintos fechados”, o tratamento acústico é determinado através do conhecimento das condições locais, em função do conjunto de condições do recinto. Com isso, as condições que deveram ser analisadas são respectivamente:

- Níveis de som exterior;
- Níveis do som no recinto;
- Planta de situação do imóvel do recinto;
- Plantas e cortes do recinto;
- Especificações dos materiais empregados no recinto, desde a construção até a mobília dentro do imóvel.

### 2.7.3 Isolamento acústico

Conforme Costa (2003), o isolamento acústico se dá por meio do isolamento de um ambiente interno, onde os ruídos não são transmitidos do exterior para o interior de um ambiente. A transmissão sonora poderá efetuar-se por três caminhos diferentes, como:

- Por meio do ar, das aberturas ocasionadas por janelas, portas, nas grades de ventilação, dentre outros;
- Através da própria estrutura ou canalizações, onde ocorre a transmissão de vibrações de materiais pesados. Por exemplo, o concreto e o vidro, além de outros materiais, apresentam características de dissipar a energia sonora;

- Por fim, poderá ocorrer a transmissão sonora através de superfícies limítrofes do meio fechado. Por exemplo: dos tetos, pisos, paredes, dentre outros.

Portanto, a prevenção contra ruídos aéreos e ruídos de impacto, é importante para a arquitetura e para as construções. Sendo assim, Souza (2012), traz um estudo sobre a redução desses ruídos.

- **Isolamento contra ruídos aéreos:** a transmissão dos ruídos aéreos para o interior de um ambiente realiza-se por meio de janelas, portas, paredes, pisos, tetos, frestas ou fendas existentes. Consta, também, a onda sonora provocada pelo som da voz de uma pessoa que incide sobre o ouvido de outra, ou a vibração de uma parede causada pela voz e, conseqüentemente, será transmitida para o ambiente ligado ao lado do mesmo. Para obter-se um grande isolamento, a utilização da lei das massas aplica-se de maneira mais eficiente;

- **Isolamento contra ruídos de impacto:** são originados por impactos e seu isolamento dependerá da arquitetura da construção e o método que se utilizou para o tratamento de sua superfície. Para se preservar em relação a este tipo de ruído, o tratamento deverá ser diretamente na superfície, utilizando-se materiais que absorvem o impacto, como carpetes, tapetes, placas emborrachadas, dentre outros.

Assim, conforme diz a lei das massas, ao dobrar a massa de um material de isolamento, seu índice de redução sonora aumenta em 4 dB. Para um grande isolamento, é preciso aumentar o peso do isolamento de forma considerável. Em frequências baixas, o aumento da massa é menos eficiente do que para altas frequências, conseqüentemente, são mais difíceis de serem isolados. Por exemplo, uma parede de bloco de concreto apresentando 14 cm de espessura resulta em um índice de atenuação de 40 dB, para uma frequência de 500 Hz, assim para que possa resultar em um índice de atenuação de 50 dB, a espessura da parede deverá ser de 56 cm, para a mesma frequência (SOUZA, 2012).

O isolamento acústico sofre grande redução de sua capacidade a partir do surgimento de aberturas, janelas e portas, pois mesmo pequenas frestas ou orifícios de fechaduras, permitem a passagem de som. Por exemplo, para uma abertura correspondente a 0,1% da área da parede analisada, a redução do isolamento global da mesma, será de 30 dB. Para um melhor isolamento, as portas que se encontram em contato direto com os ruídos externos, deveram apresentar peso maior específico, ou seja, mais densas (SOUZA, 2012).

#### 2.7.4 Materiais acústicos

Ao estudar a parte interna dos contêineres, avalia-se a necessidade de isolante termo acústico. O isolamento acústico é essencial em ambientes internos, sendo assim, a escolha do tipo de material acústico a ser utilizado é indispensável para um bom projeto. Os diversos materiais possuem características diferentes para controlar a acústica seja absorvendo, refletindo ou difundindo a energia sonora.

Com isso, os materiais mais empregados para o isolamento termo acústico em contêineres são, por exemplo, lã de vidro, lã de rocha, lã de pet, espuma acústica, fibra mineral, dentre outros. No geral, são materiais que se diferenciam pela forma de sua obtenção e diferenças quanto à resistência ao fogo e melhor eficiência termo acústica (MIRANDA, 2015)

Destaca-se ainda que os materiais acústicos, na maioria das vezes, são empregados através da utilização do sistema *Dry wall*. Este material pode além de receber qualquer tipo de acabamento, ajudar no isolamento interno do ambiente.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta do atual trabalho prossegue com um estudo de caso. Sendo assim, visa comparar os dados coletados conforme a ABNT NBR 10151/2000 – “Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – Procedimento”, com os valores apresentados pela ABNT NBR 10152/1987 – “Níveis de ruído para conforto acústico”. Com isso, verifica-se o conforto acústico em contêineres, podendo constatar a importância do isolamento acústico.

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

A abordagem acerca do tema gera a necessidade de se ter um conhecimento científico mais amplo e específico, realizando-se uma revisão bibliográfica para definir e conceituar o tema discorrido.

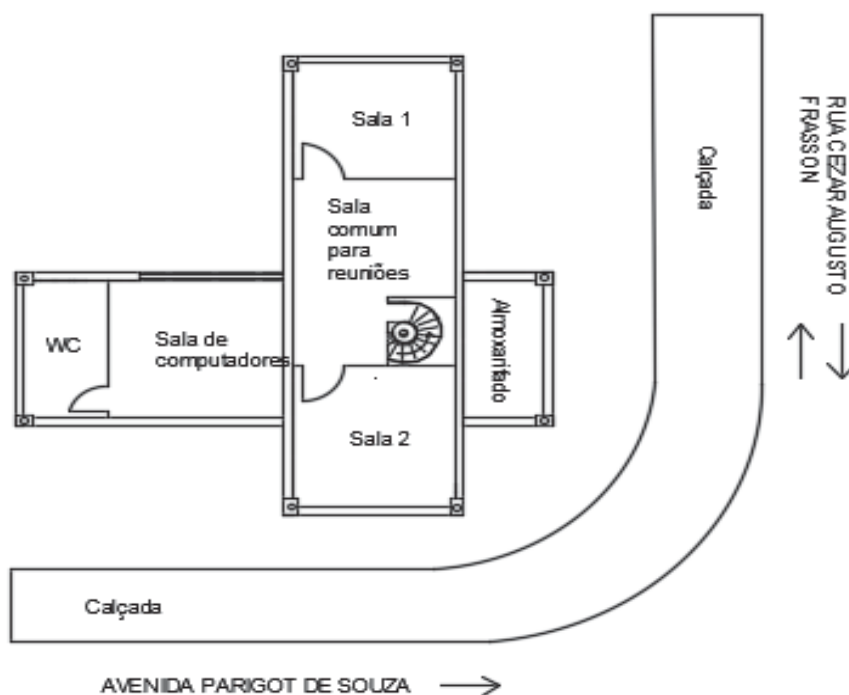
Para a avaliação do isolamento acústico nas edificações em contêineres serão utilizadas as normas disponíveis na ABNT abrangendo o procedimento e especificações a serem adotados para a coleta e comparação de dados.

#### 3.2 OBJETO DE ESTUDO

As medições dos níveis de pressão sonora foram realizadas em uma edificação localizada na cidade de Toledo – PR, na Av. Parigot de Souza, na qual a empresa MJR pré-moldados e Engenharia se encontra atualmente (figura 13). Como critério de escolha do local, foi analisado um ponto onde as condições naturais influenciassem diretamente nos dados coletados.



Figura 15 - Croqui dos ambientes internos



**Fonte:** Autoria própria, 2018

A figura 14 apresenta a fachada da empresa analisada. A edificação é constituída por dois contêineres do tipo *High Cube*, empilhados um sobre o outro. O contêiner *High Cube* possui medidas externas de 12.192 metros de comprimento x 2.438 metros de largura x 2.896 metros de altura. Nota-se também, que na parte interna as paredes e tetos, foram revestidos com isolamento acústico e revestidos por *dry wall*.

Após isso, foi levantado um estudo para saber quais as camadas de isolamento acústico presentes nesta edificação. Conforme informações dadas pelo engenheiro responsável pela empresa, o material de isolamento acústico utilizado em toda a edificação foi a Lã de vidro.

As figuras 16 e 17 mostram detalhadamente como é executada a implantação do isolamento acústico, em partes. O material utilizado como isolante acústico no interior foi lã de vidro, visto que possui características de alta resistência contra fogo, proliferação de fungos e bactérias, não apodrece e é de fácil manuseio.

Figura 16 - Implantação da estrutura metálica



Fonte: BATISTA, 2016

Figura 17 - Aplicação do isolamento acústico em contêineres



Fonte: BATISTA, 2016

Tratando-se da edificação, somente as partes internas receberam isolamento acústico, onde foram fixadas estruturas de aço com função de locar a lã de vidro e, posteriormente, receber as placas de gesso acartonado, ou seja, o *dry wall* que proporcionará um melhor isolamento acústico e acabamento interno da edificação.



### 3.3 METODOLOGIA PARA COLETA DE DADOS

Com base na norma 10151/2000 que prescreve os procedimentos a serem realizados para as medições *in loco*, os dados serão coletados e comparados com a norma 10152/1987 (Quadro 5) que estabelece valores limites de ruídos para diferentes ambientes, desta forma, avaliando o conforto acústico em contêineres. Para tal, a norma estabelece um método de avaliação que envolve as medições dos níveis de pressão sonora equivalente (LAeq), em dB(A).

Quadro 5 - Valores limites para ambientes internos.

Locais	
Escritórios	dB(A)
Salas de reunião	30 - 40
Salas de gerência, projetos e administração	35 - 45
Salas de computadores	45 - 65
Salas de mecanografia	50 - 60

Fonte: ABNT NBR 10152 (1987).

Portanto, para os procedimentos das medições a norma contém algumas disposições importantes que devem, se possível, serem seguidas. Para as medições externas a edificação, vale ressaltar que o aparelho com um protetor, assim evitando possíveis interferências do efeito dos ventos, além de que foram efetuadas distantes de 1,2 m do piso e pelo menos 2 m de quaisquer superfícies refletoras.

Para as medições internas da edificação, deve seguir as recomendações onde o aparelho deverá estar a 1 m de quaisquer superfícies e, também, os níveis de pressão sonora deverão ser resultado da média aritmética dos valores medidos em pelo menos três posições distintas, espaçadas 0,5m entre si, se o local permitir.

### 3.4 EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÕES

O equipamento utilizado para as medições do nível de pressão sonora, também chamado de decibelímetro, foi o modelo HM - 850, da marca *HIGHMED*, onde se encontra de acordo com o padrão IEC 651 tipo 2, com escala de frequência de 31,5 a 8000 Hz, na faixa dinâmica entre 30 e 130 dB, com ponderação de



frequência de A e C, trabalhando em tempo rápido (*fast*: 125ms) e lento (*slow*: 1s), com precisão de  $\pm 1,5$  dB.

Figura 18 - Decibelímetro disponível



Fonte: HIGHMED, 2018

### 3.5 COLETA DE DADOS

As medições foram realizadas no interior do contêiner, a fim de avaliar a intensidade sonora em que o ambiente se encontra. Para a coleta dos dados, foram analisados sons de “pico”, ou seja, houve a necessidade de aferir os maiores valores dentre as variações de intensidade sonora, visto que na localidade há diferentes fatores que influenciam no conforto acústico.

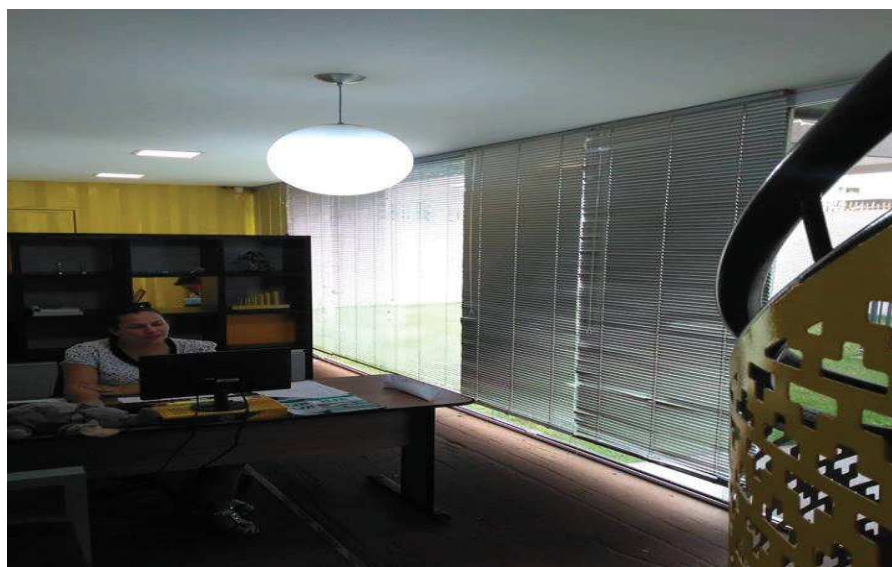
As coletas de dados iniciaram-se no dia 01/10/2018 (segunda-feira) estendendo-se até o dia 05/10/2018 (sexta-feira), sendo efetuadas durante cinco dias e em três horários em que a intensidade sonora é mais frequente: 08h00min – 08h20min, 13h00min – 13h20min, 17h50min – 18h10min.

Para a coleta de intensidade sonora no interior do ambiente, optou-se por três locais distintos, sendo um o espaço da recepção (considerada como sala de computadores) onde há presença parcial de vidro, uma sala toda com isolamento acústico (considerada como sala de gerência) e um almoxarifado sem isolamento acústico a fim de esclarecer a importância do isolamento acústico.

### 3.5.1 Sala de computadores

Esta área do contêiner é a parte onde apresenta a parede com a maior área de incidência de pressão sonora. Para efeitos de medição, a porta de vidro encontrava-se parcialmente aberta, já que era o local de entrada dos clientes.

Figura 19 - Sala de computadores



**Fonte:** Autoria própria, 2018

De acordo com a figura 19, mostra-se o ambiente interno que foi realizado as coletadas de dados. Seguindo a norma, o equipamento foi posicionado de forma que mantivesse a distância de 1 m de quaisquer superfícies e distantes 0,5 m para as três posições distintas.

### 3.5.2 Sala de gerência

Para a análise de dados, foi escolhido um local que apresenta isolamento acústico em todas as suas paredes, com exceção da presença de uma escada. O local foi denominado de sala de gerência, pois a norma NBR 10152/1987, nos fornece dados para alguns tipos de salas dentro de um escritório.

Figura 20 - Sala de gerência



**Fonte:** Autoria própria, 2018

De acordo com a figura 20, mostra-se o ambiente interno que foi realizado as coletadas de dados. Seguindo a norma, o equipamento foi posicionado de forma que mantivesse a distância de 1 m de quaisquer superfícies e distantes 0,5 m para as três posições distintas.

### 3.5.3 Almojarifado

A fim de atribuir a importância do isolamento acústico em edificações de contêineres, foi analisada no mesmo local, um ambiente denominado como almojarifado, onde não há presença de tratamento acústico.

Figura 21 - Almojarifado



**Fonte:** Autoria própria, 2018

Figura 22 - Almojarifado



**Fonte:** Autoria própria, 2018

De acordo com as figuras 21 e 22, mostram-se o ambiente interno que foi realizado as coletadas de dados. Conforme a norma, o equipamento deverá ser posicionado de forma que mantivesse a distância de 1 m de quaisquer superfícies e distantes 0,5 m para as três posições distintas. Porém, como é um ambiente pequeno, pode-se apenas manter o equipamento no centro, não atendendo distante 1 m de quaisquer superfícies e não atendendo as três posições distantes 0,5.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da metodologia exposta no item anterior, podem-se expressar os resultados e discussões referentes aos níveis de decibéis no interior da edificação analisada. Com isso, sendo possível a comparação dos dados com os critérios estabelecidos pela norma.

### 4.1 COLETA DE DADOS AMBIENTE EXTERNO

Para efeitos de caracterização da área de estudo, foi realizada uma coleta de dados na parte externa da edificação, para avaliação dos níveis de ruídos que incidiam sobre o local de estudo, todos os cinco dias da semana e nos respectivos horários.

Conforme prediz a NBR 10.151/2000, foi considerada uma área mista, predominantemente comercial e administrativa, ou seja, o valor limite a ser adotado é de 60 dB(A) para o período diurno. As medições para a área externa da edificação estão dispostas na tabela a seguir.

Quadro 6 - Níveis de pressão sonora - Lado externo

Níveis de pressão sonora em dB(A)				
Dia	Horários			Média
	7:50 - 8:10	13:00 - 13:20	17:50 - 18:10	
Segunda - feira	84	78	80	81
Terça - feira	81	86	82	83
Quarta - feira	79	80	86	82
Quinta - feira	77	81	79	79
Sexta - feira	88	82	86	85

Fonte: Autoria própria

Segundo os dados analisados no Quadro 6, apontou-se que as médias de nível de pressão sonora estão ultrapassando o valor limite imposto pela norma. O dia em que mais e o que menos excederam foram, respectivamente, sexta – feira e quinta – feira, onde o seu máximo valor excedente foi de 41,67% do valor limite.

No entanto, ressalta-se que a variação do nível de pressão sonora depende exclusivamente dos tipos de veículos que passaram pela localidade no momento da

medição. Lembrando que foram coletados os valores de “pico”, onde apresentam maior intensidade sonora.

Dessa forma, podemos comparar os níveis de pressão sonora da localidade com níveis de pressão sonora presentes no cotidiano, averiguando o Quadro 2, subtítulo 2.4.2, no qual evidencia-se algumas atividades. Pode-se concluir então, que o local onde está localizada a edificação, se equivale um alto índice de tráfego e, também, a uma serra circular.

## 4.2 COLETA DE DADOS AMBIENTES INTERNOS

Com a finalidade de qualificar a edificação, faz-se necessário atender os procedimentos impostos para a coleta de dados e, posteriormente, avaliar o nível de conforto acústico. Portanto, as medições *in loco* decorreram em circunstâncias naturais do dia a dia, com portas entre abertas. Com isso, foram estruturados gráficos para melhores observações acerca da variação dos ruídos no interior da edificação.

### 4.2.1 Sala de computadores

O Quadro 7 representa os valores obtidos nas medições durante os cinco dias, nos respectivos horários citados, onde foram coletados 45 dados. Com isso, foram efetuadas as médias aritméticas da coleta de dados das três posições distintas, resultando nos valores que serão comparados com a norma.

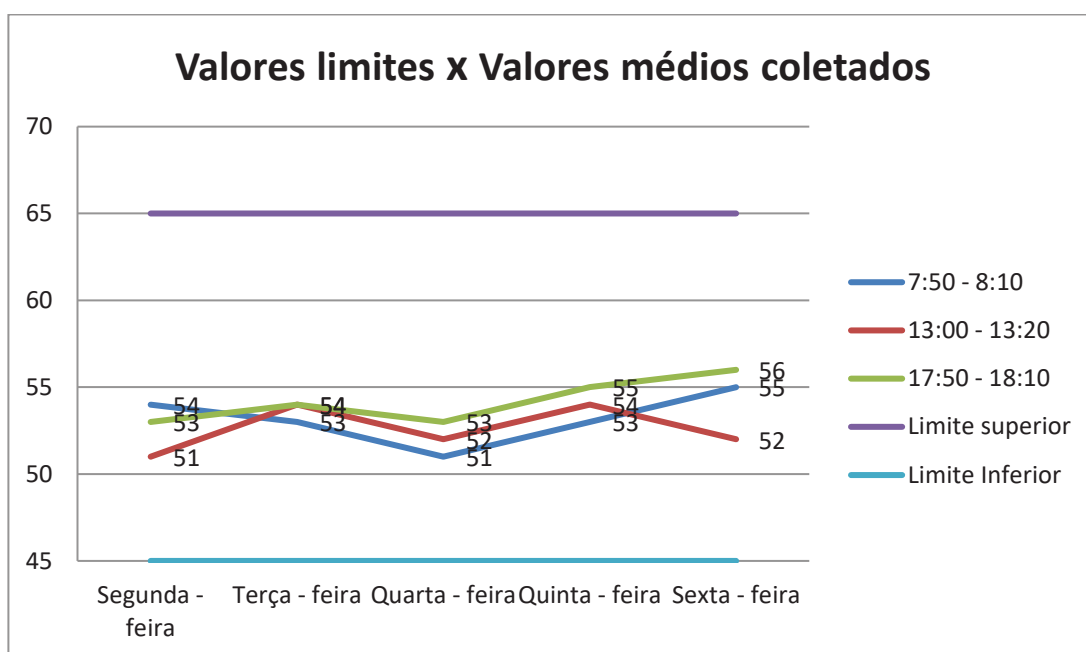
Quadro 7 - Médias dos dados coletados

Sala de computadores												
Dia	Horários											
	7:50 - 8:10				13:00 - 13:20				17:50 - 18:10			
	1°	2°	3°	Média (dB)	1°	2°	3°	Média (dB)	1°	2°	3°	Média (dB)
Segunda - feira	55	53	54	54	50	53	51	51	53	51	54	53
Terça - feira	56	53	50	53	56	51	54	54	55	51	55	54
Quarta - feira	49	53	51	51	48	53	55	52	50	56	52	53
Quinta - feira	52	56	50	53	56	51	54	54	53	55	57	55
Sexta - feira	55	53	57	55	50	51	54	52	56	57	55	56

Fonte: Autoria própria, 2018

Após a realização das médias aritméticas, foi efetuada a classificação sonora, conforme a NBR 10152/1987 que nos fornece valores aceitáveis de decibéis em alguns espaços. Os limites inferiores da faixa representam o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável. Assim comparando o valor médio para cada situação com o Quadro 5, disposto no item 3.3.

Gráfico 4 - Valores médios obtidos para sala de computadores



Fonte: Autoria própria, 2018

Avaliando o gráfico 4, nota-se que mesmo nos dias em que o ambiente externo apresentou maiores intensidades sonoras, 100% dos dados estão dentro do intervalo imposto pela norma que é de 45 à 65 dB(A). Por isso, os níveis de pressão sonora encontrados no ambiente interno da sala de computadores, são classificados confortáveis.

Entretanto, a classificação foi avaliada a partir da consideração da recepção como sala de computadores. Tal análise é relevante, pois esta sala contém um nível de pressão sonora ambiente mais elevada do que a sala de gerência.

Portanto, para esta situação o isolamento acústico mostrou-se eficiente para proporcionar um ambiente de trabalho confortável, mostrando boas características que impedem a transmissão dos ruídos externos para o interno da edificação.



#### 4.2.2 Sala de gerência

O Quadro 8 representa os valores obtidos nas medições durante os cinco dias, nos respectivos horários citados, onde foram coletados 45 dados. Com isso, foram efetuadas as médias aritméticas da coleta de dados das três posições distintas, assim resultando nos valores que serão comparados com a norma.

Quadro 8 - Médias dos dados coletados

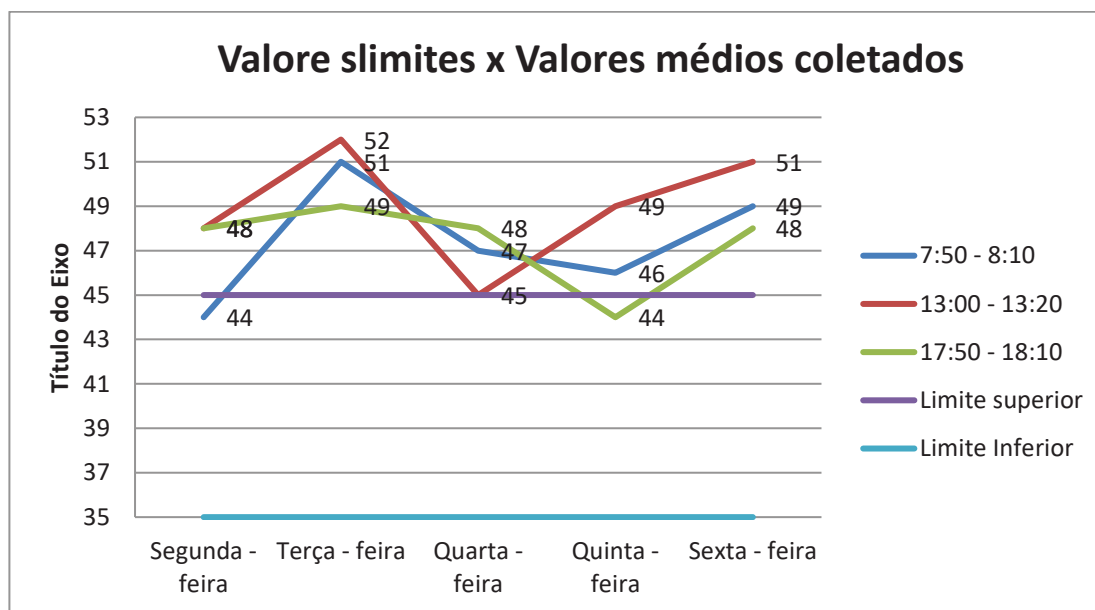
Sala de gerência												
Dia	Horários											
	7:50 - 8:10				13:00 - 13:20				17:50 - 18:10			
	1°	2°	3°	Média (dB)	1°	2°	3°	Média (dB)	1°	2°	3°	Média (dB)
Segunda - feira	42	46	44	44	48	50	45	48	51	47	46	48
Terça - feira	51	53	50	51	52	55	50	52	52	47	48	49
Quarta - feira	47	45	48	47	48	47	43	46	48	49	46	48
Quinta - feira	43	48	46	46	50	47	51	49	48	44	49	47
Sexta - feira	49	52	47	49	51	53	50	51	46	50	48	48

**Fonte:** Autoria própria, 2018

Após a realização das médias aritméticas, foi efetuada a classificação sonora, conforme a NBR 10152/1987 que nos fornece valores aceitáveis de decibéis em alguns lugares. Os limites inferiores da faixa representam o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável. Assim comparando o valor médio para cada situação com o Quadro 5, disposto no item 3.3.



Gráfico 5 - Valores médios obtidos para sala de gerência



Fonte: Autoria própria, 2018

Avaliando o gráfico 5, nota-se que houve apenas 20% dos dados dentro do intervalo permitido por norma, sendo classificados como níveis de pressão sonora aceitáveis. Já o restante, que apresenta uma fatia de 80% dos dados, estão fora do intervalo imposto pela norma que é de 35 à 45 dB(A), ou seja, os níveis de pressão sonora são considerados desconfortáveis, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

Conforme esperado durante a pesquisa, constata-se que a sala de gerência (gráfico 5), possui níveis sonoros médios entre 44 e 52 dB(A), contra os 51 a 56 dB(A) da sala de computadores (gráfico 4). Vale evidenciar que a diferença de níveis sonoros de uma sala para a outra, pode ser por apresentar diferentes condições de isolamento acústico, na qual a sala de gerência não apresenta vidro como parte do fechamento da parede da edificação.

Portanto, para uma visão onde é considerada uma sala de gerência, o isolamento acústico mostrou-se ineficiente de proporcionar um ambiente de trabalho confortável.

### 4.2.3 Almojarifado

Através da abordagem de coleta de dados comprobatórios onde se analisa a importância do isolamento acústico em edificações em contêineres, foi elaborado um estudo. Este estudo tem o objetivo mostrar o quão necessário seria tratar o contêiner com isolamento acústico, averiguando um local no qual não apresenta tratamento acústico.

Sendo assim, foi avaliado do mesmo modo que as outras salas, no qual foram coletados dados internos que estão demonstrados no Quadro 9 abaixo.

Quadro 9 - Médias dos dados coletados

Almojarifado												
Dia	Horários											
	7:50 - 8:10				13:00 - 13:20				17:50 - 18:10			
	1°	2°	3°	Média (dB)	1°	2°	3°	Média (dB)	1°	2°	3°	Média (dB)
Segunda - feira	61	63	59	61	61	59	63	61	60	62	67	63
Terça - feira	59	61	60	60	60	57	61	59	62	64	59	62
Quarta - feira	58	65	62	62	65	62	58	62	58	61	57	59
Quinta - feira	63	66	64	64	66	59	63	63	60	58	66	61
Sexta - feira	65	62	66	64	59	66	60	62	61	65	67	64

Fonte: Autoria própria, 2018

Para efeitos de análise, foram avaliados somente os níveis de pressão sonora que transmitiram para o interior do almojarifado. O resultado mais desfavorável é o de 64 dB, ou seja, se comparado ao nível de pressão sonora externa mais desfavorável, corresponde a 72,73% do montante. Comparando com as salas de computador e gerência obtém-se uma diferença de valores, respectivamente, de 9,09% e 14,78% do total externo.

## 5 CONCLUSÃO

Com a finalidade de avaliar os problemas provenientes da poluição gerada pela quantidade de recursos naturais consumidos e resíduos gerados, buscou-se averiguar novos métodos e tecnologias construtivas sustentáveis. Com isso, o resultado apresentado neste trabalho tem como intuito tratar de assuntos acerca do conforto acústico em contêineres.

A fim de avaliar o conforto acústico da edificação analisada, os resultados deste estudo foram confrontados com os valores limites da ABNT NBR 10152/1987, a fim de verificar se o resultado representa condições confortáveis ou desconfortáveis aos frequentadores.

Ao observar os dados, notou-se que apenas a sala de computadores foi classificada como 100 % ambiente confortável. Já o ambiente de sala de gerência não se mostrou apto para tal função, apresentando 80% dos seus dados fora do intervalo limite, sendo considerado desconfortável aos seus frequentadores. Assim podendo concluir a importância do estudo para a aplicação em diferentes situações impostas pelo mesmo local.

Porém, ao comparar os resultados das salas de computadores e gerência, com o almoxarifado, nota-se a importância do isolamento acústico nas edificações. As paredes de ferro do contêiner não têm função de isolamento acústico, no entanto, para esta situação, mostra-se que este consegue evitar, uma parte, da transmissão sonora para o interior.

Sendo assim, foram atendidos os objetivos iniciais desta pesquisa, podendo constatar a relevância do isolamento acústico. Repara-se que um dos papéis do Engenheiro Civil é avaliar as circunstâncias em que está localizada a edificação, averiguando os níveis de pressão sonora presentes, bem como as condições de tráfego, entre outros. Desta forma, os conhecimentos em relação as técnicas, processos e materiais a serem utilizados para um melhor acondicionamento acústico dos ambientes de trabalho, residências, entre outros, tornando um local considerado aceitável e confortável para os usuários, faz-se necessário.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V., JOHN, V. M., & GOLDEMBERG, J. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**: volume 5. São Paulo: 2011.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados – Procedimento**. Rio de Janeiro. 1992.

BATISTA, Nielson. **Casa contêiner – Um novo modo de morar**. 2016. Consultado em 16/10/2018. Disponível em:  
<http://www.arquiteturadovale.com/acontece.php?ref=MTIxNQ>

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

BRIAN, Edwards. **O guia básico para a sustentabilidade**. 2005. 226 f.

CABRAL, Fernando. **Livro de Física 2**. Vol.: 2. 2004.

COSTA, Ennio Cruz Da. **Acústica Técnica**. 1ª. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2003.

DE MARCO, C.S. **Elementos de Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1982.

DE MARCO, C.S. **Análise acústica de auditórios musicais depois de construídos**. 2009. 115 p. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 2009.

DE PAULA, Kênia A.; TIBÚRCIO, Túlio M. S. **Estratégias inovadoras visando a sustentabilidade: um estudo sobre o uso do container na arquitetura**. 2012. ENTAC: Juiz de Fora, 2012.

DOS SANTOS, T. C. P. **Sustentabilidade empresarial: Uma análise do conceito de sustentabilidade aliado ao cenário empresarial atual e sua aplicação**. 2016.

FERNANDES, João Candido. **Acústica e ruídos**. 2002. Bauru: UNESP, 2002 (Apostila).

FIDAS. **Tipos de containers**. 2012. Consultado em 25/04/2018. Disponível em: [http://fidas.com.br/Fidas\\_-\\_Tipos\\_de\\_Containers.html](http://fidas.com.br/Fidas_-_Tipos_de_Containers.html).

GONÇALVES, Joana Carla; DUARTE, Denise Helena Silva. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.6, n.4, p. 51-81, out./dez.

KOTNIK, Jure. **Container Architecture**. 2008. Editora: Links Books. Barcelona. 2008.

KOTNIK, Jure. **New Container Architecture**. 2013. Editora: Links Books. Barcelona. 2013.

KOSKI, Gabriela Andrade. **A adaptação do contêiner na arquitetura residencial: O estudo de tipologias flexíveis e modulares**. Vila Velha. 2014. Consultado em: 01/05/2018. Disponível em: [https://issuu.com/gabrielakoski9/docs/tcc\\_site\\_issu](https://issuu.com/gabrielakoski9/docs/tcc_site_issu).

MILANEZE, Giovana Leticia Schindler; BIELSHOWSKY, Bernardo Brasil; BITTENCOURT, Luis Felipe; SILVA, Ricardo da; MACHADO, Lucas Tiscoski. **A utilização de containers como alternativa de habitação social no município de Criciúma/SC**. 2012. 1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, IFSC, Santa Catarina, 2012.

MIKHAILOVA, Irina. **Sustentabilidade: Evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática**. 2004. Revista Economia e Desenvolvimento, nº 16, 2004. Consultado em: 13/04/2018. Disponível em: [w3.ufsm.br/depcie/arquivos/artigo/ii\\_sustentabilidade.pdf](http://w3.ufsm.br/depcie/arquivos/artigo/ii_sustentabilidade.pdf)

MORAIS, Pedro H. F. **Avaliação do conforto acústico e térmico em área residencial no centro do município de São Carlos**. 2015. Consultado em: 04/04/2018. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180300/tce-27072015-104053/?&lang=br>.

MIRANDA, Container. **Tipos de containers**. 2015. Consultado em: 09/04/2018. Disponível em: <http://mirandacontainer.com.br/tipos-de-containers>.

MUSSNICH, Luiza B. **Retrofit em containers marítimos para reuso na arquitetura e sua viabilidade**. 2015.

NEWMAN, R. B. **Acústica Arquitetônica**. São Paulo: EUCATEX, 1960.

PLAZA, C. V. **Projeto de melhoria do desempenho acústico e termo-energético do cinema Cine São Carlos**. 2011. Consultado em: 05/05/2018. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180230/tce-02102012-102349/?&lang=br>.

POLITERM. **Tecnologia em instrumentos de Medição**. 2018. Consultado em: 17/05/2018. Disponível em: <http://www.politerm.com.br/Produto-c-1-Decibelimetro-modelo-TM-101-versao-45-45.aspx>.

SANTOS, Jose Clayton. **O transporte marítimo internacional**. Aduaneiras. 1982.

Consultado em: 05/04/2018. Disponível em:

[https://issuu.com/priscilafernandes84/docs/tcc\\_2\\_-\\_entrega\\_final](https://issuu.com/priscilafernandes84/docs/tcc_2_-_entrega_final).

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

SJÖSTRÖM, C. **Durability and sustainable use of building materials**. In:

Sustainable use of materials. J.W. Llewellyn & H. Davies editors. London

BRE/RILEM, 1992.

TICIANI, E. **Racionalização de projetos e redução dos custos ambientais na construção civil: o caso da Universidade das Américas – UNIAMÉRICA**.

Florianópolis – SC. 2005. Consultado em: 22/04/2018. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/103110/225023.pdf?sequence=1>.

TUFFI, M. S., **Manual prático de avaliação e controle do ruído**. Ed. LTR, São Paulo, 2001.

YAZBEK, P. **Containers viram casas com apelo moderno e preços atraentes**.

Exame, São Paulo: ed. abril, 2015. Consultado em: 03/04/2018. Disponível em:

<http://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/noticias/containers-viram-casas-com-apelo-moderno-e-precos-atraentes>.