

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Betina Fagundes Martins Malvezzi

**ANÁLISE DE RELATÓRIOS DE ISOLAMENTO DE RUÍDO
DE IMPACTO PADRÃO EM SISTEMAS DE PISOS DE
EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS**

Avaliador:
Defesa: dia 22/06/2016 às 11:00 horas
Local: UFRGS / Prédio Centenário da Escola de Engenharia Oswaldo Aranha, 99, sala 105
Anotações com sugestões para qualificar o trabalho são bem-vindas. O aluno fará as correções e lhe passará a versão final do trabalho, se for de seu interesse.

Porto Alegre
Junho 2016

BETINA FAGUNDES MARTINS MALVEZZI

**ANÁLISE DE RELATÓRIOS DE ISOLAMENTO DE RUÍDO
DE IMPACTO PADRÃO EM SISTEMAS DE PISOS DE
EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, junho de 2016

Profa. Luciani Somensi Lorenzi
Dra. pelo PPGA/UFRGS
Orientador/a

Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Relator

BANCA EXAMINADORA

Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (UFRGS)
Ph.D. pela University of Leeds

Profa. Luciani Somensi Lorenzi
Dra. pelo PPGA/UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, Angela e Gilberto, que me deram a vida e são responsáveis por grande parte do que sou hoje e ao Renato, meu amor, presença constante em todo o período do meu Curso de Graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar forças para prosseguir independente das adversidades impostas e a Nossa Senhora, por quem muito rezei e pedi amparo, principalmente durante a elaboração deste trabalho.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Luciani Somensi Lorenzi, por me ajudar na escolha do tema, por disponibilizar seu tempo para as nossas conversas sobre o assunto e pelo conhecimento e aconselhamento fornecidos para que fosse possível a realização desse trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Civil da UFRGS pelos conhecimentos compartilhados.

Aos profissionais das empresas em que tive a oportunidade de estagiar nesse período de faculdade, por me ajudarem a aprender cada vez mais e me moldar profissionalmente. Em especial a Arqa. Helena Fontoura Oderich pelo incentivo no aprendizado e pelo exemplo de profissional para mim.

Aos amigos colegas que fiz no curso de Engenharia, pelos momentos de descontração e de nervosismo compartilhados, fazendo com que essa jornada se tornasse mais leve.

Aos amigos que mantive de outras fases da vida por nunca saírem do meu lado e continuarem sendo portos seguros nos momentos difíceis. Sem a amizade de vocês, o caminho até aqui teria sido muito mais difícil.

Ao meu marido, Renato, por estar sempre presente e por me apoiar e incentivar nessa difícil jornada.

À minha família, pois são os responsáveis por grande parte do que sou.

Aos meus sogros que sempre estiveram torcendo por mim, me apoiando e incentivando.

A Mel, minha gata, que está comigo desde o início da faculdade e foi minha companheira inseparável das noites de estudo.

Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro dos
gigantes.

Isaac Newton

RESUMO

Com a entrada em vigor em da norma de desempenho NBR 15575, em julho de 2013, o setor da construção civil vem sofrendo mudanças para adaptar-se aos requisitos impostos pela mesma. A norma não especifica os materiais que devem ser utilizados nas construções mas sim o desempenho que os sistemas executados devem ter. Ela trata o comportamento em uso das edificações, avaliando o desempenho de cada sistema que a compõe, de acordo com a função a que se destina e levando em consideração o meio de exposição. A norma é dividida em seis partes e este trabalho tratará sobre o desempenho acústico de sistemas de pisos, assunto que é especificado na parte 3 da NBR 15575. Os ruídos nas edificações são uma das principais fontes de reclamação entre moradores, e com a verticalização das edificações os sistemas de piso tornaram-se fontes de transmissão de ruído nas mesmas, devendo ser projetados pensando não somente em seu desempenho estrutural, mas acústico também. Segundo a norma de desempenho o sistema de piso deve ser verificado quanto ao isolamento ao ruído aéreo e ao ruído de impacto por ensaios realizados em campo. Os ensaios de desempenho devem ser realizados por laboratórios credenciados para a realização dos mesmos e o procedimento deve seguir as orientações descritas nas normas específicas. Este trabalho busca analisar o atendimento a norma de desempenho, NBR 15575, e a norma de ensaio, ISO 140-7, de relatórios de ensaio de desempenho acústico ao ruído de impacto de sistemas de piso de edificações habitacionais. O objetivo é verificar se os relatórios e os ensaios estão realizando corretamente pelos laboratórios, seguindo o que é definido nas normas. Para isso é utilizada uma amostra de vinte e seis relatórios de ensaio de ruído de impacto de sistemas de piso, de oito laboratórios diferentes, sendo avaliados quantitativamente por meio de uma planilha criada pela autora deste trabalho, seguindo os requisitos cobrados pelas normas.

Palavras-chave: NBR 15.575. Desempenho. ISO 140-7. Ruído de Impacto.
Sistemas de Piso. Análise de Relatórios.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do trabalho de conclusão de curso.....	17
Figura 2 – Propagação de ruídos aéreos em obstáculos.....	31
Figura 3 – Propagação de ruídos de impacto.....	32
Figura 4 – Exemplo de sistema de piso.....	33
Figura 5 – Exemplo de equipamentos para ensaio: máquina de impacto e sonômetro.....	42
Figura 6 – Corte esquemático – disposição do ensaio de isolamento ao ruído de impacto.....	42
Figura 7 – Exemplo de posicionamento de máquina de impacto.....	43
Figura 8 – Exemplo de posicionamento do microfone.....	44
Figura 9 – Exemplo de posicionamento de microfone de varrimento contínuo.....	45
Figura 10 – Exemplo de posicionamento do microfone vista	45
Figura 11 – Gama de frequência utilizada para medições.....	47
Figura 12 – Gama de frequência centrais utilizada para as medições.....	47
Figura 13 – Exemplo de tabela para relatório.....	49
Figura 14 – Exemplo de gráfico para relatório.....	49
Figura 15 – Exemplo de planta baixa de local de realização do ensaio.....	54
Figura 16 – Exemplo de croqui com detalhamento do sistema construtivo.....	54
Figura 17 – Classificação geral dos relatórios de ensaio: parâmetros ISO 140-7.....	62
Figura 18 – Classificação geral dos relatórios de ensaio, percentuais: parâmetros ISO 140-7.....	63
Figura 19 – Classificação dos relatórios quanto à introdução.....	67
Figura 20 – Classificação dos relatórios quanto à definição do sistema construtivo e peças.....	69
Figura 21 – Classificação dos relatórios quanto aos métodos e procedimentos.....	71
Figura 22 – Classificação dos relatórios quanto aos equipamentos.....	73
Figura 23 – Classificação dos relatórios quanto aos resultados.....	75
Figura 24 – Classificação dos relatórios quanto às análises.....	77
Figura 25 – Classificação geral dos relatórios.....	78
Figura 26 – Classificação geral dos relatórios - percentuais.....	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Divisão dos relatórios de ensaio.....	59
Quadro 2 – Análise dos relatórios de ensaio: parâmetros ISO 140-7.....	61
Quadro 3 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada – introdução	66
Quadro 4 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada – definição do sistema construtivo e peças.....	68
Quadro 5 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada: método e procedimentos de ensaio.....	70
Quadro 6 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada - equipamentos.....	72
Quadro 7 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada - resultados.....	74
Quadro 8 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada – análises.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, D_nT,w	35
Tabela 2 – Critérios e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$...	36

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

a. C. – antes de Cristo

BNH – Banco Nacional de Habitação

CAU / BR – Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CIB – *International Council for Research and Innovation in Bulding and Construction*

DECIV / EE – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia

I – desempenho intermediário

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISO – *International Organization for Standardization*

M - desempenho mínimo

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

S - desempenho superior

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

VUP – Vida Útil de Projeto

LISTA DE SÍMBOLOS

$L'_{nT,w}$ – nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado (dB (A))

L'_{nT} – nível de ruído de impacto estandardizado (dB)

$D_{nT,w}$ – diferença padrão ponderada (dB (A))

D_{nT} – ruído aéreo padronizado (dB)

L - nível médio de pressão sonora em um ambiente (dB)

L_j - nível médio de pressão sonora de impacto para posição j (dB)

$\Delta L'$ - redução do nível de pressão sonora de impacto (dB)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	15
2.2.1 Objetivo principal.....	15
2.2.2 Objetivos secundários.....	15
2.3 HIPÓTESE.....	16
2.4 DELIMITAÇÕES.....	16
2.5 LIMITAÇÕES.....	16
2.6 DELINEAMENTO.....	16
3 DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO.....	19
3.1 HISTÓRICO.....	19
3.2 NBR 15575/2013.....	21
3.2.1 Aspectos Legais.....	22
3.2.2 Níveis de desempenho.....	23
3.2.3 Incumbências dos intervenientes.....	24
3.2.4 Estrutura da Norma	25
4 ACÚSTICA NAS EDIFICAÇÕES.....	27
4.1 HISTÓRICO.....	27
4.2 ÍNDICES E PARÂMETROS	28
4.2.1 Decibel e decibel (A).....	28
4.2.2 Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado.....	29
4.2.3 Diferença padrão ponderada.....	29
4.3 TIPOS DE RUÍDO.....	30
4.3.1 Ruído aéreo.....	31
4.3.2 Ruído de impacto.....	32
5 O SISTEMA DE PISO.....	33
5.1 REQUISITOS ACÚSTICOS PARA O SISTEMA DE PISO.....	33
5.1.1 Isolação ao ruído aéreo.....	34
5.1.2 Isolação ao ruído de impacto.....	35
5.2 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO.....	36
5.2.1 Medição de isolamento ao ruído aéreo.....	37

5.2.2 Medição de isolamento ao ruído de impacto.....	37
6 METODO.....	39
6.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	39
6.2 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA.....	40
6.2.1 Leitura detalhada da norma de ensaios ISO 140-7.....	40
6.2.2 Elaboração da planilha para análise quantitativa dos relatórios	50
.6.2.2 1 Divisão dos itens analisados.....	52
.6.2.2 2 Método utilizado para a análise quantitativa.....	57
7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	58
8 CONCLUSÕES.....	84
REFERÊNCIAS.....	86

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil do Brasil está em fase de mudança de seus requisitos de qualidade desde a aprovação e entrada em vigor da Norma de Desempenho, ABNT NBR 15575, em 19 de julho de 2013. A Norma trata do comportamento em uso das edificações, avaliando o desempenho de cada sistema que a compõe, de acordo com a função a que se destina e levando em consideração o meio de exposição.

A ABNT NBR 15575/2013 é dividida em seis partes e estabelece requisitos mínimos de desempenho estrutural, térmico, tátil, acústico, de iluminação, durabilidade, salubridade, manutenção, estanqueidade, acessibilidade, funcionalidade e adequação ambiental que devem ser atendidos. A Norma é válida para todas as edificações residenciais protocoladas após a entrada em vigor da mesma.

A aplicação de norma não é lei, no entanto o Código Civil Brasileiro determina a possibilidade de rejeição do produto e/ou rescisão do contrato, ou abatimento no preço, caso o produto entregue não esteja em conformidade com as normas técnicas. Já o Código de Defesa do Consumidor indica que os fornecedores devem colocar no mercado produtos e serviços que estejam em acordo com as normas técnicas. Visto isto à aplicação dessa Norma se torna obrigatória.

De acordo com a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura Rio Grande do Sul (2014, p. 35) os ruídos nas edificações são a principal causa de reclamação entre os usuários/condôminos. O sistema de piso tem grande influência no isolamento acústico de edificações habitacionais de múltiplos pavimentos, por isso seus materiais devem ser determinados e especificados considerando seus requisitos e não somente o desempenho estrutural.

Segundo a NBR 15575, o desempenho acústico do sistema de piso deve ser verificado considerando o isolamento de ruído de impacto no sistema de piso (caminhamento, queda de objetos e outros) e o isolamento de ruído aéreo (conversas, som proveniente de TV e outros). A avaliação do sistema deve ser feita através de ensaio realizado em campo, seguindo as recomendações da Norma.

Para o estudo será feita a análise de relatórios de ensaios de isolamento acústico ao ruído de impacto realizados em campo para sistemas de piso de edificações habitacionais multipisos. Serão avaliados os relatórios dos ensaios quanto ao atendimento dos critérios e requisitos de desempenho da ABNT NBR15575/2013, bem como quanto ao atendimento dos mesmos à norma de execução de ensaios em campo para sistema de pisos quanto ao ruído de impacto ISO 140-7. O intuito é verificar a qualidade dos relatórios de ensaios acústicos de sistema de pisos de edificações avaliados, bem como o nível de atendimento dos laboratórios de avaliação de desempenho desses ensaios às normas.

No primeiro capítulo deste trabalho é feita uma breve introdução ao tema proposto, contextualizando o assunto. O segundo capítulo apresenta as diretrizes de pesquisa, são indicados a questão da pesquisa, seus objetivos, hipóteses, delimitações, limitações e delineamento do trabalho. O terceiro, quarto e quinto capítulos são frutos de revisão bibliográfica, introduzindo os temas de desempenho na construção, a acústica nas edificações e os sistemas de piso, respectivamente.

O sexto capítulo apresenta a metodologia de pesquisa utilizada para que fosse possível atingir aos objetivos deste trabalho, apresentando um estudo sobre a norma de ensaio ISO 140-7, que possibilitou a criação de uma planilha para avaliar quantitativamente os relatórios de ensaio. No sétimo capítulo são dispostas as avaliações e análises dos resultados encontrados para o estudo e no oitavo capítulo são feitas algumas considerações e dispostas as conclusões do trabalho e ainda são feitas sugestões para novos trabalhos.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: os relatórios de ensaio dos sistemas de pisos de edificações habitacionais analisados estão atendendo o método descrito na ISO 140-7?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a análise dos relatórios de ensaio de isolamento de ruídos de impacto padrão em sistemas de piso, para verificar se atendem o método descrito na ISO 140-7.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) verificação do atual nível de atendimento dos relatórios em relação ao método descrito na ISO 140-7 para o ensaio de isolamento de ruído de impacto em sistemas de piso;
- b) comparação do desempenho dos relatórios analisados segundo o conjunto de quesitos e critérios baseados na norma ISO 140-7;
- c) comparação do desempenho dos relatórios analisados segundo o conjunto de quesitos e critérios adicionais;

2.3 HIPÓTESE

A hipótese do trabalho é que os relatórios atendem ao proposto na norma ABNT NBR15575/2013.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a ensaios acústicos de sistemas de piso para edificações habitacionais multipisos.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

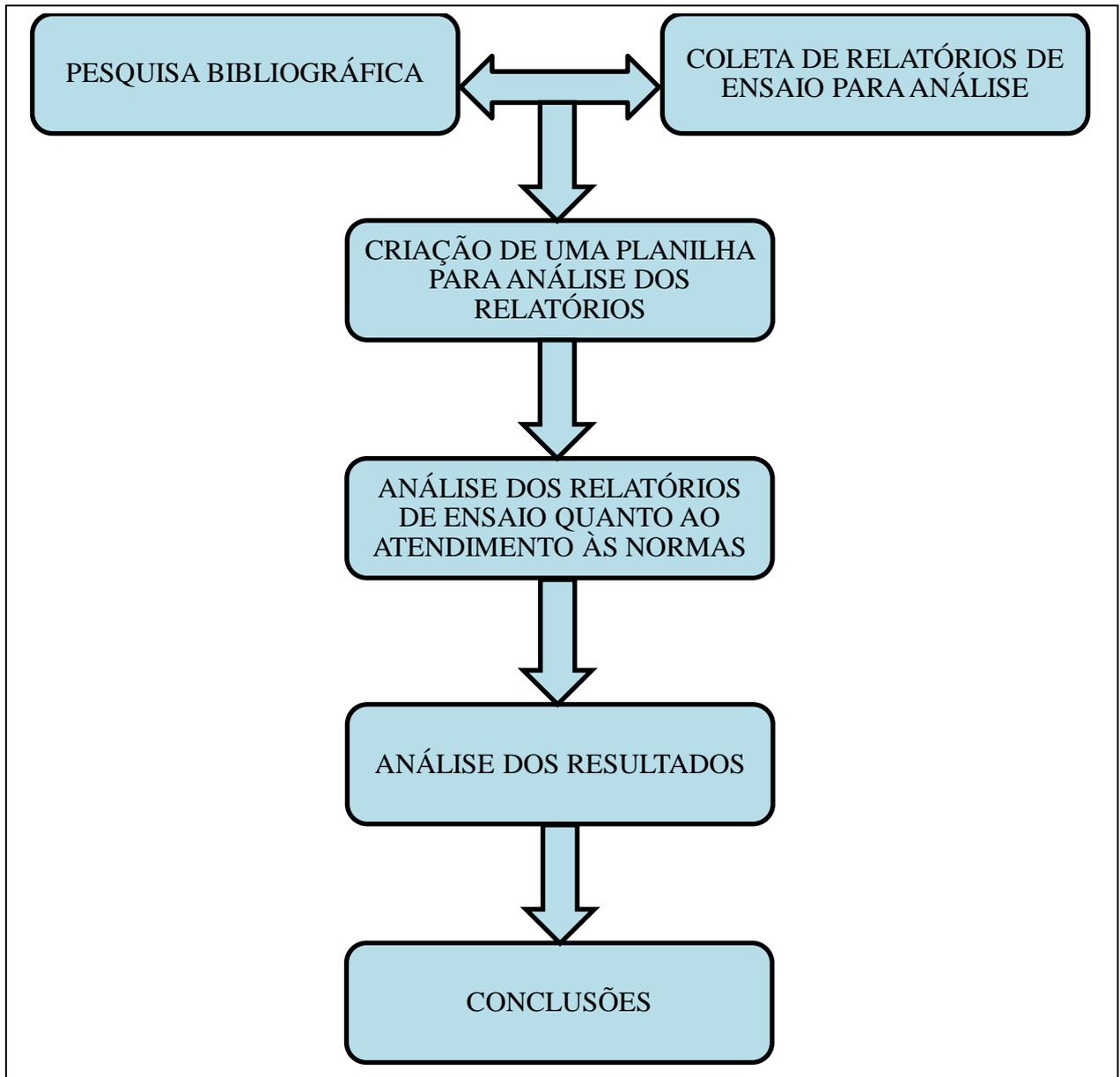
- a) o número de ensaios disponibilizados pelas instituições de avaliação de desempenho;
- b) o estudo restringiu-se a análise de relatórios de ensaios de campo;
- c) a análise dos resultados dos ensaios de campo para o desempenho acústico dos sistemas de pisos restringiu-se ao isolamento ao ruído de impacto.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) coleta de relatórios de ensaio para análise;
- c) criação de uma planilha para análise dos relatórios;
- d) análise dos relatórios de ensaio quanto ao atendimento às normas;
- d) análise dos resultados;
- e) conclusões.

Figura 1 – Etapas do trabalho de conclusão de curso



(fonte: elaborado pela autora)

A **pesquisa bibliográfica** foi a primeira etapa a iniciar e serviu como base para a formulação do trabalho, estendendo-se por todo o período de elaboração deste, em conjunto com as demais etapas, sendo mais intensa nos meses iniciais. Esta etapa foi feita através de consultas a livros, normas técnicas, publicações de artigos e trabalhos acadêmicos sobre o assunto estudado. Através da pesquisa bibliográfica foi possível obter os dados necessários sobre a realização dos ensaios, servindo como base para a análise destes.

A etapa de **coleta de relatórios ensaios para análise** determinou o número de ensaios que foram analisados e foi feita em conjunto com a pesquisa bibliográfica, estendendo-se também ao longo de quase todo o trabalho. Definidos os ensaios partiu-se para a **elaboração da planilha para análise dos relatórios**, esta etapa foi feita tomando-se como base os requisitos definidos nas normas de desempenho NBR 15575 e de ensaio ISO 140-7.

Após foram feitas as **análises dos relatórios de ensaio quanto ao atendimento às normas**, isso foi feito através da planilha criada, possibilitando a avaliação quantitativa dos relatórios. Os relatórios foram avaliados por itens, conforme a separação feita na planilha de análise. Posteriormente, na **análise dos resultados**, foram dispostos os resultados das avaliações, expressos na planilha e na forma de gráficos indicando o desempenho atingido por cada relatório de forma geral e por itens avaliados, conforme divisão realizada pela autora. Nesta parte foram também feitas considerações sobre os laboratórios e a variação dos resultados apresentados de relatórios de mesmo laboratório

Para fechamento da pesquisa são apresentadas as **conclusões** finais obtidas através dos resultados encontrados pelo trabalho e são também apresentadas propostas para futuros trabalhos sobre o tema.

3 DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO

Este capítulo tem o objetivo de apresentar o tema desempenho na construção civil e está subdividido em duas partes. A primeira parte apresenta o histórico do assunto desempenho em edificações, desde tempos remotos que datam de antes de Cristo (a. C.), até os dias de hoje mostrando como foi realizada a inserção do conceito no país. A segunda parte trata da Norma de Desempenho – NBR15575/2013 – e apresenta a estrutura da mesma e suas particularidades, são descritas suas características, suas utilizações e seus requisitos, através de diversos documentos técnicos e normativos utilizados como referência.

3.1 HISTÓRICO

Ao pesquisar o histórico de desempenho na construção, o documento mais antigo à tratar sobre o tema, segundo diversos autores, é o Código de Hammurabi, datado de aproximadamente 1900 a.C. Hammurabi reinou na Babilônia entre 1955 e 1913 a.C. e em seu código estabelece várias regras, dentre as quais:

Artigo 229° - Se um arquiteto constrói para alguém e não o faz solidamente e a casa que ele construiu cai e fere de morte o proprietário, esse arquiteto deverá ser morto.

Artigo 230° - Se fere de morte o filho do proprietário, deverá ser morto o filho do arquiteto.

Artigo 231° - Se mata um escravo do proprietário ele deverá dar ao proprietário da casa escravo por escravo.

Artigo 232° - Se destrói bens, deverá indenizar tudo que destruiu e porque não executou solidamente a casa por ele construída, assim que essa é abatida, ele deverá refazer à sua custa a casa abatida.

Artigo 233° - Se um arquiteto constrói para alguém uma casa e não a leva ao fim, se as paredes são viciosas, o arquiteto deverá à sua custa consolidar as paredes.

Os artigos não definem como deve ser construída a casa, todavia dizem que a estrutura deve atender sua função, não pode entrar em colapso, e que se isso acontecer é de responsabilidade do arquiteto. Hammurabi define com essas regras o comportamento em uso da edificação, que pode ser traduzido como o desempenho desejado da construção.

De grande importância para a aplicação do conceito de desempenho na construção foi a publicação da ISO 6241 – *Performance Standards in Building: Principles for their Preparation and Factors to be Considered*, em 1984, elaborada pela *International Organization for Standardization*, definindo os requisitos funcionais dos usuários. A metodologia utilizada para a criação dessa norma seguiu os princípios das publicações anteriormente feitas pelo *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB).

Embora tenha sido publicada a mais de 30 anos, a ISO 6241 ainda é vista como referência para a consideração dos requisitos dos usuários e a Norma Brasileira de Desempenho segue a mesma lógica que é apresentada nesta norma. Segundo Borges (2008, p. 32):

A principal lacuna dessa norma é a ausência do enfoque ambiental, pois foi elaborada numa época em que a sustentabilidade das construções não era um tema relevante para a sociedade, diferentemente de hoje, em que as questões ambientais são tema central para muitos pesquisadores em todo o planeta.

Nos anos 70 o país obteve um grande ritmo de produção e desenvolvimento, gerado pela estabilidade e crescimento econômico da época. Neste período ocorreu a importação de sistemas construtivos de sucesso de outros, porém feitos sem estudo de viabilidade para o Brasil, resultando em edificações com diversos problemas estruturais, de infiltrações, vazamentos, baixo desempenho acústico, térmico, entre outros problemas.

Após diversas experiências negativas no setor da construção civil do país, de acordo com Lorenzi (2013, p. 14), “No Brasil, durante as décadas de 1970 e 1980, foram realizados os primeiros estudos a respeito do tema pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para o Banco Nacional de Habitação (BNH)”. Em 1981 foi elaborado o trabalho intitulado *Formulação de Critérios para Avaliação de Desempenho de Habitações*, que foi baseado no conceito de desempenho para avaliação de novos produtos.

Em 1986, com a extinção do BNH houve uma descontinuidade nos estudos de sistemas inovadores e de desempenho. Somente em 1997, a Caixa Econômica Federal, que foi sucessora do BNH, contratou o IPT para revisar os estudos feitos pelo tema de desempenho, e no ano de 2000, financiou o projeto de pesquisa “Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações”. O objetivo era reunir a produção intelectual da área para a produção de normas técnicas, utilizando o conceito de desempenho e

gerando, em 2008, a primeira publicação da Norma de Desempenho para Edifícios Habitacionais, NBR 15575/2008 (BORGES, 2008).

A previsão era que a norma entrasse em vigor em 2010, porém iniciou-se um movimento liderado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) pedindo mais tempo para que as empresas pudessem se adequar a Norma. Diante deste pedido a Norma teve seu prazo de exigibilidade estendido e ainda passou por um processo de revisão para se adequar melhor a realidade da construção no Brasil.

O processo de revisão da Norma se estendeu até fevereiro de 2013, quando foi publicada a versão atual, que está válida a partir de 19 de julho de 2013. Durante a revisão foram suprimidos alguns itens que foram julgados desnecessários, como a questão do sombreamento externo das janelas. Segundo Paulo Safady Simão, presidente da CBIC, “[...] o texto original – de excelente qualidade no todo – apresenta algumas exigências aquém das expectativas da sociedade, e outras com certa dissonância em relação à atual capacidade econômica do país.” (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 6).

3.2 NBR 15575/2013

Com a entrada em vigor, em 19 de julho de 2013, da Norma de Desempenho, ABNT NBR 15575/2013 o setor da construção civil do Brasil passará por uma fase de mudança de seus requisitos de qualidade. Segundo a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura Rio Grande do Sul (2014, p. 11), a Norma renova os requisitos mínimos de segurança para edificações habitacionais e atinge o setor como um todo, porque prevê aumento da responsabilidade civil dos profissionais envolvidos. A Norma trata do comportamento em uso das edificações, avaliando o desempenho de cada sistema que a compõe, de acordo com a função a que se destina e levando em consideração o meio de exposição.

Para Silva (2010) a falta de parâmetros e requisitos de desempenho brasileiros para avaliar componentes, sistemas e materiais inovadores no país foi o que impulsionou o desenvolvimento da norma de desempenho. Em países desenvolvidos, normas de desempenho semelhantes à NBR 15575/2013 já existem desde o início dos anos 80. Ainda, de acordo com Mitidieri Filho e Helene (1998, p. 2), “[...] não se pode empregar novas tecnologias, novos

processos e sistemas de construção, sem antes ter ensaiado ou avaliado [...]”, a NBR 15575/2013 foi elaborada com o intuito de resolver esse problema.

Segundo Pedro Buzatto Costa, presidente da ABNT, “Para os consumidores, esta Norma irá ao encontro do que procuram na hora de adquirir seu imóvel, já que buscam conforto, estabilidade, vida útil adequada da edificação, segurança estrutural e contra incêndios.” (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 9). A ABNT NBR 15575/2013 é dividida em seis partes e estabelece requisitos mínimos de desempenho estrutural, térmico, tátil, acústico, de iluminação, durabilidade, salubridade, manutenção, estanqueidade, acessibilidade, funcionalidade e adequação ambiental que devem ser atendidos.

A NBR 15575/2013 deve ser utilizada como sistema de avaliação de sistemas construtivos, porém para sua aplicação é indispensável a verificação de outras normas e documentos, em cada parte da Norma são indicadas as referências normativas que devem ser consultadas. De acordo com (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 1), a Norma de desempenho é válida para todas as edificações residenciais protocoladas após a entrada em vigor da mesma, a Norma não se aplica a:

- a) obras já concluídas;
- b) obras em andamento na data da entrada em vigor desta Norma;
- c) obras de reformas;
- d) *retrofit* de edifícios, ou seja, atualização ou remodelação da edificação com o uso de novas tecnologias e conceitos.
- e) edificações provisórias.

3.2.1 Aspectos Legais

A aplicação da Norma pode ser pensada como caráter preventivo de eventuais questionamento legais às empresas construtoras, por parte de clientes e outros interessados, uma vez que ao seguirem aos requisitos mínimos de exigência se eximem de problemas futuros. O cumprimento da Norma não é lei, no entanto o Código Civil Brasileiro determina nos seus artigos 615 e 616, (BRASIL, 2002):

Art. 615. Concluída a obra de acordo com o ajuste, ou o costume do lugar, o dono é obrigado a recebê-la. Poderá, porém, rejeitá-la, se o empreiteiro se afastou das

instruções recebidas e dos planos dados, ou das regras técnicas em trabalhos de tal natureza.

Art. 616. No caso da segunda parte do artigo antecedente, pode quem encomendou a obra, em vez de enjeitá-la, recebê-la com abatimento no preço.

Além disso o Código de Defesa do Consumidor indica que os fornecedores devem colocar no mercado produtos e serviços que estejam em acordo com as normas técnicas, conforme descrito abaixo, (BRASIL, 1990):

Art. 39. É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas:

[...] VIII - colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro); [...].

Diante disso o cumprimento da NBR 15575/2013 se torna obrigatório. O que é reforçado por Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura Rio Grande do Sul (2014, p. 13), quando diz que:

O cumprimento das normas técnicas é uma obrigação, a qual pode ser considerada sob a ótica de três pontos:

- a) aspecto contratual: Código Civil Brasileiro – Lei n. 10.406 de 10/01/2002;
- b) aspecto legal;
- c) aspecto ético-profissional: resolução CAU/BR n. 52 de 06/09/2013.

3.2.2 Níveis de desempenho

A NBR 15575/2013 estabelece o desempenho mínimo (M) que deve obrigatoriamente ser atingido pelos diferentes sistemas que compõem a edificação. Em alguns casos são ainda indicados níveis de desempenho intermediário (M) e superior (S), sendo estes de caráter não obrigatório quanto ao atendimento. A Norma recomenda que as avaliações desempenho sejam executadas por empresas de tecnologia, laboratórios especializados, instituições de ensino ou pesquisa, profissionais de reconhecida capacidade técnica ou equipes multiprofissionais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a).

De acordo com Silva (2010), falando sobre o possível encarecimento das obras para o atendimento aos requisitos mínimos de desempenho, esta diz que para os sistemas que ainda são executados abaixo do mínimo aceitável, que é o caso do desempenho acústico, pode haver custos a mais no processo. Isso ocorre pelo fato de as construtoras trabalharem com níveis de desempenho inadequados, em função normalmente dos custos, para adequar a norma os custos aumentarão.

3.2.3 Incumbências dos intervenientes

A Norma de desempenho define quem são os responsáveis pela edificação, seus intervenientes e estabelece as funções e responsabilidades de cada um para que possa ser atendido o desempenho esperado para a construção. O desempenho esperado deve ser mantido durante todo o prazo de vida útil de projeto. Os personagens definidos para as edificações são projetistas, incorporadores, construtores, fornecedores de insumo, material, componente e sistemas e usuários, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013a), cabe ao:

- a) projetista estabelecer a Vida Útil de Projeto (VUP), bem como especificar materiais e produtos que atendam ao desempenho mínimo estabelecido na NBR 15575/2013 e outras normas requeridas e baseado no desempenho especificado pelos fabricantes dos produtos;
- b) incorporador deve controlar se os requisitos de desempenho e especificações estão sendo atendidos pela construtora e pelos projetistas. Devendo também providenciar os estudos técnicos requeridos na época dos projetos e fornecer aos projetistas, para a identificação de possíveis riscos do terreno;
- c) construtor, ou eventualmente o incorporador, deve elaborar o manual de uso, operação e manutenção, com os prazos de garantias para a edificação, para ser entregue ao proprietário;
- d) fornecedores de insumo, material, componente e sistemas devem informar o desempenho de seus produtos, de acordo com a NBR 15575/2013 e demais normas prescritivas, na ausência destas a caracterização deve ficar por conta das normas internacionais. Fabricantes devem realizar ensaios dos seus produtos e disponibilizar para consulta, demonstrando seu desempenho atendido;
- e) usuários devem realizar a manutenção da edificação, de acordo com o estabelecido no Manual de uso, operação e manutenção e na NBR 5674 – Manutenção de edificações.

Se forem constatados valores de VUP maiores que os mínimos estabelecidos na Norma, os mesmos devem constar nos projetos e/ou memorial descritivo realizado pelo projetista. Os usuários devem elaborar um registro de todas as intervenções realizadas no condomínio e nas unidades, para o caso de ocorrência de algum problema com algum sistema, componente ou material.

3.2.4 Estrutura da Norma

A Norma de desempenho é dividida em seis partes e abrange as necessidades do usuário, levando em consideração as condições de exposição da construção. Em cada parte são expostos os requisitos e critérios de desempenho definidos pela Norma, de acordo com os requisitos dos usuários, e são identificados os métodos de avaliação para os mesmos.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013a):

- a) critérios de desempenho são grandezas quantitativas e estabelecem níveis e padrões a serem atingido. Dizem respeito ao valor do que se quer;
- b) requisitos de desempenho dizem respeito as necessidades do usuário, são as características qualitativas que componentes, materiais e sistemas devem atender. Dizem respeito a o que se quer;
- c) métodos de avaliação são os ensaios, verificações analíticas e simulações para mensurar o atendimento a Norma. Dizem respeito a como medir.

As seis partes da Norma estão divididas em:

- a) Parte 1: Requisitos gerais.
- b) Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais.
- c) Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.
- d) Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas.
- e) Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas.
- f) Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Segundo a NBR 15575/2013, é considerado que estão sendo atendidos os requisitos do usuário se forem atendidos os requisitos e critérios estabelecidos na Norma. Vale ressaltar aqui a divisão requisitos de desempenho do usuário que é feita pela Norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p.11):

- a) segurança,
 - estrutural;
 - contra fogo;
 - no uso e na operação;
- b) habitabilidade,
 - estanqueidade;
 - desempenho térmico;
 - desempenho acústico;
 - desempenho lumínico;
 - saúde, higiene e qualidade do ar;
 - funcionalidade e acessibilidade;
- c) sustentabilidade,
 - durabilidade;
 - manutenibilidade;
 - impacto ambiental.

Na Norma a seção 12 de cada parte é a que faz menção ao desempenho acústico. Na parte 1 são relacionados os requisitos de desempenho acústico porém as especificações dos critérios para avaliação somente são indicadas e devem ser procuradas nas outras partes da NBR 15575/2013. Na parte 3 são apresentados os requisitos e critérios de desempenho para os sistemas da edificação, serão analisados os referentes ao conforto acústico, na seção 12 da Norma.

4 ACÚSTICA NAS EDIFICAÇÕES

Este capítulo tem o objetivo de apresentar o tema da acústica nas edificações e está subdividido em três partes. A primeira parte apresenta um breve histórico do assunto de acústica nas edificações, desde o seu surgimento da preocupação sobre o assunto na hora de projetar, até os dias atuais. A segunda parte trata dos índices e parâmetros para a caracterização do som e a terceira parte caracteriza os tipos de ruído e as formas de propagação, através de diversos documentos técnicos e normativos utilizados como referência.

4.1 HISTÓRICO

A acústica nas edificações vem se mostrando importante na hora de projetar, desde os tempos antigos, com a criação dos teatros ao ar livre dos gregos e romanos (SOUZA, 2006). Segundo Bersan (2008), esses teatros eram construídos de forma que as paredes refletissem o som em direção a plateia, como conchas acústicas, trazendo um ganho de até 5 decibels (dB)

No Brasil os primeiros documentos que regulamentam e avaliam o ruído em áreas habitadas e os níveis de ruído para conforto acústico são as Normas ABNT NBR 10151/2000 e ABNT NBR 10152/1987. A ABNT NBR 10151/2000 “[...] fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 1) e a ABNT NBR 10152/1987 “[...] fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico [...]”, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987, p. 1).

De acordo com Cornacchia (2009, p. 41), “É importante destacar que essas duas normas não estabeleciam níveis mínimos de isolamento sonoro dentro de unidades habitacionais.”. Somente com a entrada em vigor da Norma de desempenho, NBR 15575/2013, foram estabelecidos os requisitos mínimos de desempenho para o isolamento sonoro das edificações habitacionais.

No Brasil o desempenho acústico das edificações nunca mereceu atenção por parte dos projetistas Cornacchia (2009). Ainda de acordo Silva (2010) o país trabalha abaixo dos níveis mínimos aceitáveis para o desempenho acústico, o que possivelmente acarretará em maiores custos no setor para adequação as Normas.

Depois de anos deixando de lado as questões referentes ao conforto acústico, o país terá que se adequar aos novos parâmetros destacados na NBR 15575/2013. Souza (2006, p. 23) alerta que:

Atualmente a preocupação acústica não é apenas uma questão de condicionamento acústico do ambiente, mas também de controle de ruído e preservação da qualidade ambiental. A questão acústica passou a ter mais importância do que até então, pois o número de fontes produtoras de ruído é cada vez maior, e as consequências desses ruídos para o homem são cada vez mais prejudiciais [...].

4.2 ÍNDICES E PARÂMETROS

Neste subitem serão apresentados os índices e parâmetros de importância para a caracterização do som.

4.2.1 Decibel e decibel (A)

Nomeado em homenagem ao inventor do telefone, Alexandre Graham Bell, o decibel (dB) é uma escala logarítmica, que se aproxima da percepção do ouvido às variações de pressão e intensidade sonora. O decibel é utilizado para medir o nível de intensidade sonora e, de acordo com Souza (2006), o índice é utilizado para facilitar os estudos acústicos, que utilizando expressões para conversão, deixam de trabalhar com intensidade sonora propriamente e passam a utilizar o decibel.

A Norma de desempenho e outras normas prescritivas para sistema de isolamento acústico de edificações definem os níveis acústicos utilizando o decibel. Outro índice utilizado para conferir os níveis acústicos é o decibel (A), ou dB (A), que, segundo a ABNT NBR 10151/2000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000), é o decibel ponderado em “A”.

De acordo com Souza (2006, p. 32):

O decibel, apesar de resolver o problema das intensidades e pressões, que é fisicamente objetivo, não expressa a seletividade que o ouvido apresenta, principalmente em função da frequência. Sons de mesmo nível de intensidade e frequência diferentes não são percebidos como se fossem igualmente intensos.

Para responder a isso são utilizadas as curvas isofônicas, que são medidas em fons. Para cada curva é representada uma sensação sonora, onde as curvas intensidade sonora maior, são também as de maior valor. Com o intuito de simular o órgão auditivo, os medidores de pressão sonora utilizam escalas ponderadoras, que conforme a frequência sonora varia, adicionam ao equipamento a característica de variar a percepção de intensidade. Por simular melhor o sistema auditivo humano, a escala ponderadora mais utilizada é a escala A, que é zebaseada na curva de 40 fons e é indicada através da unidade dB(A).

4.2.2 Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado

O nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado ($L'_{nT,w}$) é o parâmetro utilizado para avaliação do atendimento aos níveis acústicos de isolamento ao ruído de impacto à Norma de desempenho. Os critérios para obtenção dos valores estão descritos nas normas ISO 140-7 e ISO 717-2.

Os níveis de ruído de impacto são medidos em dB para cada frequência e então são feitos os cálculos, de acordo com a norma ISO 140-7, para o estabelecimento do nível de ruído de impacto standardizado (L'_{nT}). Para obtenção do resultado ponderado, $L'_{nT,w}$, deve ser feito o tratamento matemático estabelecido na norma ISO 717-2, que irá determinar o número único para o desempenho do sistema ensaiado.

De acordo com Nunes et al. (2014) cabe ressaltar que para o isolamento ao ruído de impacto, que é definido através de níveis de pressão sonora, quanto menor o valor em dB, melhor é o isolamento ao ruído.

4.2.3 Diferença padrão ponderada

A Norma de desempenho determina, como parâmetro utilizado para avaliação do atendimento aos níveis acústicos de isolamento do ruído aéreo, a diferença padrão ponderada ($D_{nT,w}$). Os critérios para obtenção dos valores estão descritos nas normas ISO 140-4 e ISO 717-1.

Do mesmo modo que para a obtenção do parâmetro anterior, os níveis de ruído de impacto são medidos em dB para cada frequência e então são feitos os cálculos, de acordo com a norma ISO 140-4, para o estabelecimento do nível de ruído aéreo padronizado (D_{nT}). Para obtenção do resultado ponderado, $D_{nT,w}$, deve ser feito o tratamento matemático estabelecido na norma ISO 717-1, que irá determinar o número único para o desempenho do sistema ensaiado.

Segundo Nunes et al. (2014), cabe ressaltar que para o isolamento ao ruído aéreo, que é definido através da diferença padrão ponderada entre dois ambientes, quanto maior o valor em dB, melhor é o isolamento ao ruído.

4.3 TIPOS DE RUÍDO

Segundo o manual do CBIC, (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 154).

Os sons resultam de movimentos vibratórios que se propagam pelo ar ou outros meios segundo ondas com amplitudes e frequências variadas. Quanto maior a amplitude da onda, maior a intensidade sonora. Quanto maior a frequência exposta em ciclos por segundo, Hertz (Hz), mais agudo é o som.

De acordo com a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura Rio Grande do Sul (2014, p. 35), “Os ruídos nas edificações são a principal causa de reclamação entre os usuários/condôminos.”. A Norma de desempenho diz que, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 25):

A edificação deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas e entre áreas privativas de unidades autônomas diferentes.

Os sons e as atividades que interferem no projeto devem ser identificados na etapa preliminar de projetos, para que os mesmos possam ser corretamente especificados quanto ao desempenho necessário. Segundo Souza et al. (2006, p. 46):

Atualmente, os ruídos são objeto de crescente número de estudos, uma vez que seus efeitos ao ser humano não se limitam às lesões do aparelho auditivo, podendo causar efeitos tanto físicos como psicológicos. Quanto aos aspectos físicos, podem ser citados perda auditiva até a surdez permanente em casos limites, dores de cabeça, fadiga, distúrbios cardiovasculares, distúrbios hormonais, gastrites, disfunções

digestivas, alergias, entre outros. Quanto aos aspectos psicológicos, a exposição ao ruído pode levar à perda de concentração e de reflexos, à irritação permanente, a perturbações do sono, à sensação de insegurança, entre outros.

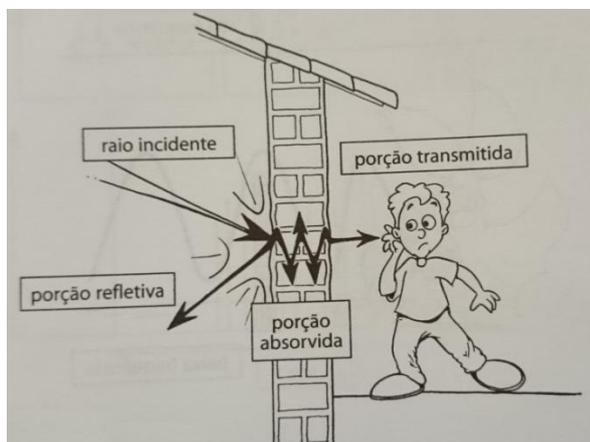
Então se torna necessário conhecer os tipos de ruído que devem ser verificados para os sistemas da edificação. Nos subitens abaixo são especificados os ruídos aéreo e de impacto que estão presentes nas construções.

4.3.1 Ruído aéreo

Os ruídos aéreos podem ser entendidos como aqueles que são originados no ar e por ele se propagam continuamente, e também aqueles que são gerados no ar e que provocam a vibração de alguma superfície, e que por sua vez, provoca a vibração do ar adjacente à sua superfície oposta, Souza et al. (2006). Pode-se dizer então que a vibração de uma janela, provocada pela voz de uma pessoa é um ruído aéreo, assim como o canto de um pássaro que se propaga pelo ar e chega aos ouvidos de alguém.

Os ruídos aéreos se propagam de forma longitudinal, mantendo a direção de propagação da onda, até atingirem algum obstáculo. No caso de um raio de som atingir uma parede, parte do som será absorvida pela parede, outra parte será refletida pela parede e uma terceira parte será transmitida (figura 2), Souza et al. (2006, p. 36), ainda, segundo o autor, quanto mais poroso for o material mais ele absorverá o som.

Figura 2 – Propagação de ruídos aéreos em obstáculos



(fonte: SOUZA et al., 2006, p. 36)

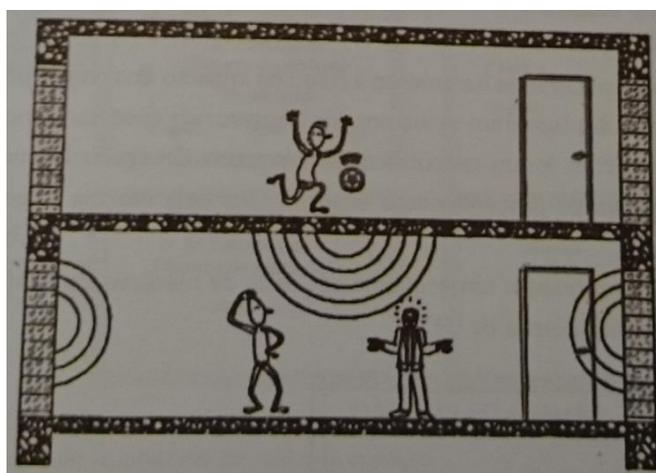
Para melhorar o desempenho das edificações para o requisito do isolamento acústico aéreo, uma das alternativas pode ser o aumento da massa dos sistemas de vedação. Segundo CBIC, (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013), no que diz respeito ao som aéreo, o isolamento acústico é regido pela Lei das Massas, então quanto mais pesada uma vedação, maior será sua isolação acústica, sendo valido para massas a partir de 120kg/m^2 .

4.3.2 Ruído de impacto

Os ruídos de impacto podem ser provenientes do caminhar de pessoas ou de uma máquina instalada em um piso, gerando vibrações sobre este e as propagando pela estrutura. Segundo CBIC, (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013), diferente do que ocorre no isolamento ao ruído aéreo, quanto mais denso for o material, maior será a transmissão acústica proveniente do caminhar de pessoas ou queda de objetos no piso do andar superior da edificação.

Ruídos acústicos gerados por impacto podem propagar-se por toda a estrutura, e atingir uma área bem maior que os ruídos aéreos. A forma de propagação do ruído acústico em superfícies sólidas se dá através de ondas longitudinais, de cisalhamento, torcionais e de flexão, figura 3 Santos (2012).

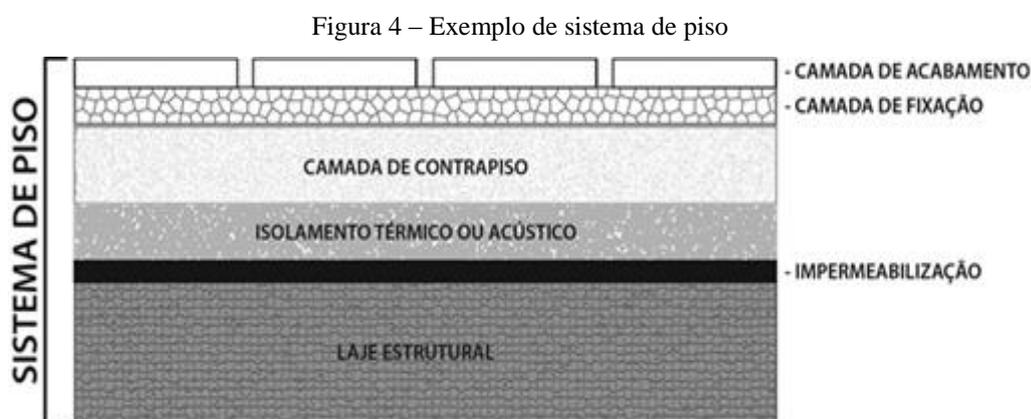
Figura 3 – Propagação de ruídos de impacto



(fonte: SANTOS, 2012, p. 73)

5 O SISTEMA DE PISO

A ABNT NBR 15575/2013 define sistema de piso como “[...] sistema horizontal ou inclinado [...] composto por conjunto parcial ou total de camadas [...] destinado a atender à função de estrutura, vedação e tráfego [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 4). Utilizando esse conceito pode-se dizer que sistema de piso é toda a composição de camadas que formam o piso (figura 4).



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 4)

5.1 REQUISITOS ACÚSTICOS PARA O SISTEMA DE PISO

Segundo a NBR 15575/2013, o desempenho acústico do sistema de piso deve ser verificado considerando o isolamento de ruído de impacto no sistema de piso (caminhamento, queda de objetos e outros) e o isolamento de ruído aéreo (conversas, som proveniente de TV e outros). A Norma prevê além dos níveis mínimos de desempenho, que devem obrigatoriamente ser atingidos pelo sistema, níveis de desempenho intermediário e superior.

Quando forem atendidos níveis de desempenho superiores ao mínimo exigido pela Norma de desempenho esta recomenda que isso seja informado por meio de registro, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b). Para o construtor, a especificação da edificação em nível superior ou intermediário agrega valor no produto e gera maior expectativa para o usuário.

De acordo com Nunes et. al. (2014, p. 140):

Devido ao adensamento urbano e a verticalização das construções, os sistemas de piso passaram a ter grande importância no conforto acústico, pois suas características e composição contribuem para a qualidade acústica em uma unidade habitacional. Ao contrário das paredes, que tem sua espessura mínima definida por alguns códigos de obras municipais, os pisos ainda não foram devidamente considerados como um elemento de separação entre unidades habitacional e o principal critério para a de escolha de um tipo de laje é a possibilidade de vencer um determinado vão, ao menor custo possível.

Apesar da visão dos autores acima citados, Akkerman (2014, p. 2) afirma que:

O setor de acústica já registra um crescimento e a norma de desempenho, por exemplo, é um dos grandes propulsores dessa demanda. A procura por especialistas em acústica vem aumentando e em todo o país se multiplicam os pedidos de avaliações, ensaios de desempenho acústico e simulação de desempenho, por meio de softwares, para edifícios em fase de projeto [...].

De acordo com vários autores, o setor da acústica se encontra em período de expansão, resultado da entrada em vigor da Norma de desempenho. Como a maior parcela das construções no país é de habitações populares, ainda haverá um período de aceitação à Norma, devido ao aumento dos custos para atendimento e validação dos requisitos de desempenho.

5.1.1 Isolação ao ruído aéreo

De acordo com a ABNT NBR 15575/2013 os ruídos aéreos em pisos devem ser avaliados quanto ao seu uso eventual (áreas comuns e de uso coletivo das edificações), e quanto ao seu uso normal (conversas, fala, som de TV, música), (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b). Os sistemas de piso devem apresentar desempenho acústico para ruído aéreo mínimo.

O parâmetro utilizado pela Norma de desempenho para avaliação do atendimento aos requisitos mínimos, intermediários e superiores de isolamento acústico é a diferença padrão ponderada ($D_{nT,w}$). Os critérios de avaliação devem ser analisados conforme a tabela 1, que pode ser encontrada na Norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b).

Tabela 1 – Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w

Elemento	DnT,w dB	Nível de desempenho
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	40 a 44	M
	45 a 49	I
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente dormitório	≥ 50	S
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	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b, p. 41)

5.1.2 Isolação ao ruído de impacto

Segundo a ABNT NBR 15575/2013 os ruídos de impacto em pisos devem ser avaliados quanto ao som proveniente do andar de pessoas, queda de objetos, uso de equipamento, entre outras fontes geradores de ruído entre unidades habitacionais, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b). Os sistemas de piso devem apresentar desempenho acústico para ruído de impacto mínimo.

O parâmetro utilizado pela Norma de desempenho para avaliação do atendimento aos requisitos mínimos, intermediários e superiores de isolamento acústico é o nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado ($L'_{nT,w}$). Os critérios de avaliação devem ser analisados conforme a tabela 2, que pode ser encontrada na Norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b).

Tabela 2 – Critérios e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$

Elemento	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 a 80	M
	56 a 65	I
	≤ 55	S
Sistema de piso de áreas comuns de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	M
	46 a 50	I
	≤ 45	S

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b, p. 40)

De acordo com ProAcústica Associação Brasileira para a Qualidade Acústica (2015, p. 15):

O requisito mínimo para o isolamento de ruído de impacto entre unidades ($L'_{nT,w} \leq 80$) é reconhecidamente insuficiente para prover o desejável conforto aos usuários. Portanto, recomendamos, sempre que possível, o desempenho intermediário ou superior, seja pela aplicação de contrapisos flutuantes ou sistemas de lajes mais robustos.

5.2 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO

A NBR 15575/2013 determina que sejam feitos ensaios em campo para avaliação dos sistemas construtivos, podendo ser realizados por dois métodos distintos, de engenharia e simplificado. A norma ainda ressalta que, o método mais preciso para avaliação é o de engenharia, devendo ser preferencialmente aplicado, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b).

O desempenho acústico do sistema de piso deve ser verificado de forma diferente para cada tipo de ruído, aéreo e de impacto. Os métodos de ensaio e as normas técnicas que indicam as metodologias a serem seguidas são descritos à seguir.

5.2.1 Medição de isolamento ao ruído aéreo

Para a avaliação do isolamento ao ruído aéreo pelo método de engenharia a Norma de desempenho indica que devem ser seguidos os métodos descritos na norma de ensaios em campo ISO 140-4/1998. A ISO 140-4/1998 estabelece os métodos de medição em campo, para o isolamento sonoro de pavimentos, portas e paredes interiores de edificações, (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1998a).

A ISO 140-4/1998 especifica como devem ser feitas as medições de emissão de ruído aéreo em recintos, descreve os equipamentos que devem ser utilizados, como devem ser posicionados, como deve ser preparado o local do ensaio e como deve ser apresentado o relatório de ensaio. A metodologia de medição é feita através da emissão de ruído em um ambiente, utilizando uma fonte sonora omnidirecional, são medidos os níveis de pressão sonora no recinto emissor e no recinto receptor. Da diferença entre os níveis, com uma correção no recinto receptor segundo suas condições acústicas, é extraída a Diferença de níveis padronizada (D_{nt}). Utilizando a metodologia da norma ISO 717-1/1996 o parâmetro D_{nt} é então convertido em um número único, obtendo-se a Diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nt,w}$), essa conversão é feita através de tratamentos matemáticos, (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1996).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013b) indica que as medições devem ser realizadas com a edificação conforme é entregue pela construtora, com janelas e portas fechadas, e com o sistema de piso que será entregue ao usuário.

5.2.2 Medição de isolamento ao ruído de impacto

Na avaliação do isolamento ao ruído de impacto pelo método de engenharia a Norma de desempenho indica que devem ser seguidos os métodos descritos na norma de ensaios em campo ISO 140-7/1998. A Norma estabelece o método de medição, em campo, para o isolamento do ruído de impacto no interior de edificações, (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1998b).

Para a avaliação do desempenho do ruído de impacto deve ser utilizada uma fonte padronizada para a caracterização do ruído. A ISO 140-7/1998 estabelece a metodologia de

medição do ruído, indicando onde deve ser colocada a máquina de impacto, as dimensões das câmaras receptora e emissora de ruído, indica também como devem ser posicionados os microfones na câmara receptora e como devem ser apresentados os resultados no relatório. A medição do nível de pressão sonora é feita em bandas de frequência no recinto receptor e o nível registrado é processado, com uma correção, segundo as condições acústicas do recinto receptor, assim, pode ser obtido Nível de pressão sonora de impacto padrão (L'_{nt}). Os parâmetros obtidos devem ser convertido em um número único através da ISO 717-2 obtendo o Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado ($L'_{nt,w}$), que é o valor comparável com os níveis de desempenho da Norma de desempenho.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013b) indica que as medições devem ser realizadas com a edificação conforme é entregue pela construtora, com janelas e portas fechadas, e com o sistema de piso que será entregue ao usuário.

6 MÉTODO

Neste capítulo são descritos os procedimentos metodológicos utilizados para o estudo e a estratégia de pesquisa utilizada para o desenvolvimento seu desenvolvimento. Foi detalhada a forma de realização do trabalho, destacando as particularidades do trabalho que fizeram com que formas específicas de pensar fossem adotadas e apresenta simplificações que foram necessárias para viabilizar o estudo.

6.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho tem como objetivo fazer uma análise crítica dos relatórios de ensaio de desempenho acústico amostrados para edificações habitacionais de multipavimentos. Para isso faz-se uso do método da meta-análise, que visa extrair informações adicionais de dados preexistentes através da união de diversos trabalhos e pela aplicação de análises quantitativas e qualitativas dos mesmos.

A meta-análise possibilita combinar estudos realizados de forma independente (podendo ser extraídos de trabalhos não publicados) e extrair novas conclusões ou realizar uma síntese das mesmas. De acordo com o Michaelis, dicionário da língua portuguesa, o prefixo meta tem muitos significados e pode ser entendido como, “mudança”, “transcendência” e “reflexão crítica sobre”, sendo esse último o que mais se enquadra à abordagem adotada.

Ainda de acordo com Barreto (2002, p. 407)

Uma meta-análise, então, seria aquela que muda ou transcende o resultado de análises anteriores, sendo uma reflexão crítica sobre elas. Ainda, mais literalmente, podemos afirmar que a meta-análise é uma análise de análises. O uso dado ao termo associou-o ainda aos métodos quantitativos, ou seja, para se configurar uma meta-análise não basta que se analisem qualitativamente os resultados de trabalhos anteriores, como em uma revisão, pois é imprescindível uma nova análise estatística dos dados ou resultados reunidos para que o processo receba essa designação.

Quanto aos métodos de pesquisa esta caracteriza-se como exploratória visto que parte de um estudo sobre o tema analisado, delimita o campo de trabalho abrangido e faz um levantamento de amostra para análise. Caracteriza-se também como descritiva, assume a forma de levantamento de dados para a análise documental e descreve e explica fatos das análises. A

pesquisa usa do método de levantamento para agrupar os dados em tabelas e possibilitar a análise estatística desses.

A pesquisa possui abordagem qualitativa e quantitativa, segundo Fonseca (2002, p.20) “[...] a utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia convergir isoladamente.” A abordagem quantitativa foi utilizada para a mensuração dos critérios para a verificação do atendimento dos relatórios de ensaio à norma de ensaios ISO 140-7, já a análise qualitativa foi utilizada para a interpretação dos itens analisados.

6.2 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

A estratégia da pesquisa buscou atender ao objetivo básico da mesma, a análise crítica dos relatórios de desempenho acústico de sistemas de piso ao ruído de impacto quanto ao atendimento à norma de desempenho NBR 15575. Como visto anteriormente a NBR 15575 que os ensaios de desempenho acústico para ruído de impacto em campo devem ser executados conforme a norma ISO 140-7. Para que fosse possível alcançar os objetivos da pesquisa foram traçadas algumas etapas para elaboração do trabalho:

- a) leitura detalhada da norma de ensaios ISO 140-7 para obtenção total do entendimento de cada item que a compõe e do que é proposto e exigido pela mesma;
- b) elaboração de uma planilha para análise quantitativa de todos os itens cobrados pela norma de ensaios ISO 140-7 para a realização dos relatórios de ensaio;
- c) análise crítica do modelo de relatório exigido pela norma de ensaios ISO 140-7;
- c) proposição e inserção de novos itens na planilha de análise que se julgaram necessários para a correta avaliação dos relatórios;
- d) análise dos relatórios segundo o modelo de planilha proposto;

6.2.1 Leitura detalhada da norma de ensaios ISO 140-7

Segundo a norma de desempenho NBR 15575 os ensaios para medição em campo, do isolamento sonoro de pavimentos a sons de impacto devem ser executados de acordo com a norma ISO 140-7, por isso a leitura detalhada da norma e entendimento da mesma foi de extrema importância para as análises executadas. Neste item serão descritas as exigências constantes na norma para a realização dos ensaios e a forma de apresentação dos mesmos.

A norma aplica-se a pavimentos com e sem revestimento aplicado. Segundo a ISO 140-7, os resultados obtidos podem ser utilizados para comparar as propriedades do isolamento sonoro dos pavimentos a ruídos de impacto e para comparar o isolamento sonoro aparente a ruído de impacto dos pisos com os requisitos especificados.

Na norma ISO 140-7 são definidos o nível médio de pressão sonora em um ambiente (L), o nível de pressão sonora de impacto (L_j), o nível de pressão sonora de impacto normalizado, (L_{nT}), o nível de pressão sonora de impacto ponderado ($L'_{nT,W}$) e a redução do nível de pressão sonora de impacto ($\Delta L'$) e como os mesmos devem ser determinados. São também especificados os equipamentos que devem ser utilizados para a realização do ensaio, figura 5.

Figura 5 – Exemplo de equipamentos para ensaio: Máquina de impacto e Sonômetro

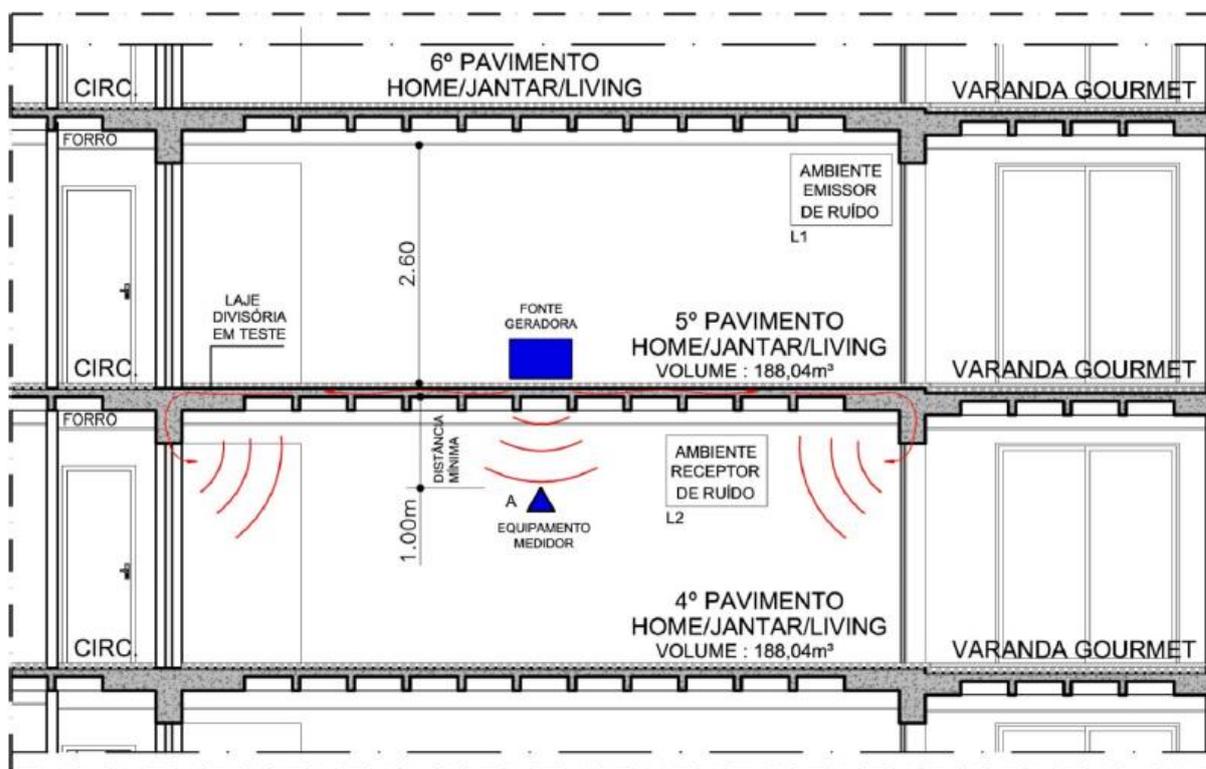


(fonte: INSTITUTO DE ENGENHARIA: DIVISÃO DE ACÚSTICA, 2014, p. 33 e 59)

Para a realização do ensaio deve ser utilizada uma máquina de impacto e esta deve satisfazer as exigências contidas no anexo A da norma. O sistema de medição completo, com todos os equipamentos, deve ser ajustado antes de cada medição utilizando um calibrador de som que esteja também em conformidade aos requisitos das normas. Para a medição do tempo de reverberação os equipamentos de medição devem cumprir os requisitos definidos na norma ISO 354. A figura 6 apresenta um corte esquemático com exemplo de posicionamento de

equipamentos nos ambientes de emissão e recepção de ruído, apresentando a forma de transmissão do som pelo sistema de piso.

Figura 6 – Corte esquemático – Disposição do ensaio de isolamento ao ruído de impacto.



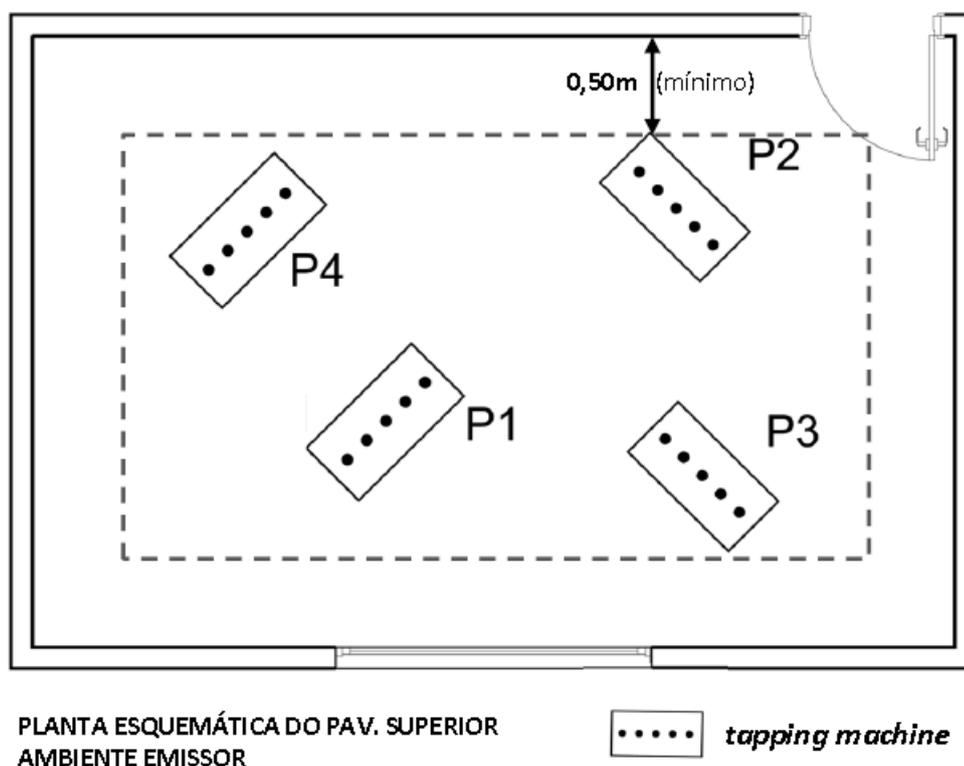
(fonte: INSTITUTO DE ENGENHARIA: DIVISÃO DE ACÚSTICA, 2014, p. 32)

Quanto aos procedimentos de ensaio e avaliação dos mesmos a norma indica que a medições de isolamento sonoro à ruídos de impacto devem ser realizadas em bandas de um terço de oitava, a menos que sejam acordadas previamente medições em bandas de oitava. A norma salienta também que quando os resultados medidos para bandas de oitava são convertidos para um único número, esse resultado não pode ser comparado diretamente com os resultados medidos para bandas de um terço de oitava. O procedimento para medições em bandas de oitava é especificado na norma, no seu anexo B.

Sobre o posicionamento da máquina de impacto durante as medições a norma especifica que o equipamento deve ser colocado em no mínimo 4 posições diferentes, distribuídas aleatoriamente sobre o sistema de piso ensaiado. A distância entre a máquina de impacto e as paredes deve ser de no mínimo 50 centímetros. No caso de construções com sistemas de pisos heterogêneos (com nervuras, vigas, etc) mais posições de medição podem ser necessárias. A

norma também especifica que a linha que liga o martelo da máquina de impacto deve ser orientada a 45° em direção as vigas ou nervuras do sistema estrutural (figura 7).

Figura 7 – Exemplo de posicionamento da máquina de impacto



(fonte: INSTITUTO DE ENGENHARIA: DIVISÃO DE ACÚSTICA, 2014, p. 60)

A norma salienta que os níveis de pressão sonora de impacto podem revelar uma dependência de tempo, a partir do instante que a máquina de impacto é ligada. Neste caso, as medições não devem ser iniciadas antes do nível de pressão sonora ter se tornado estável. Então a norma determina que se depois de 5 minutos as condições de estabilidade não tiverem sido atingidas a medição deve ser repetida durante um intervalo de tempo bem definido e o tempo de medição deve ser relatado. A norma especifica também que em testes de sistemas de pisos com material resiliente, a máquina de impacto deve satisfazer requisitos especiais contidos em seu anexo A.

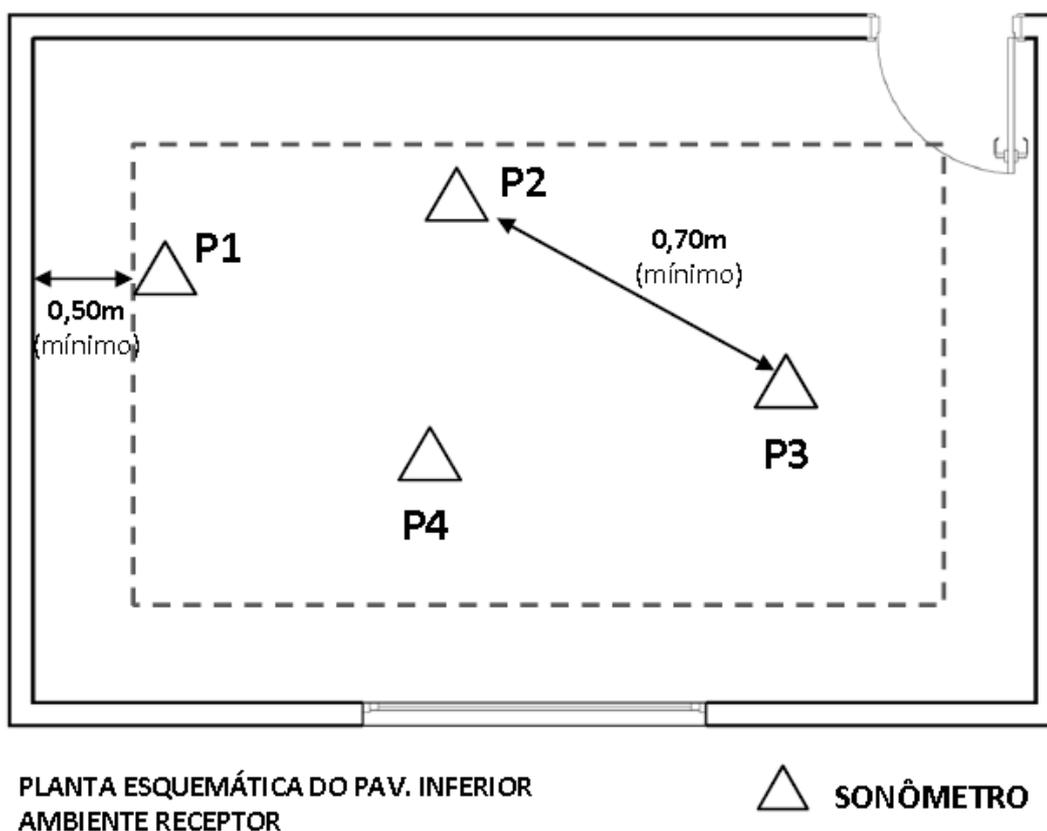
Quanto as medições a norma estabelece que as mesmas podem ser realizadas utilizando um único microfone movendo-o de posição em posição, ou usando um conjunto de microfones fixos, ou ainda um microfone de varrimento contínuo ou de movimento oscilante. Os níveis

de pressão sonora medidos para as diferentes posições de microfone devem ser calculados para todas as posições da máquina de percussão.

Quanto ao posicionamento do microfone a norma estabelece distâncias mínimas de afastamento e recomenda que sempre que possível devem ser utilizadas distâncias de afastamento maiores. Os espaçamentos mínimos especificados são (figuras 8, 9 e 10):

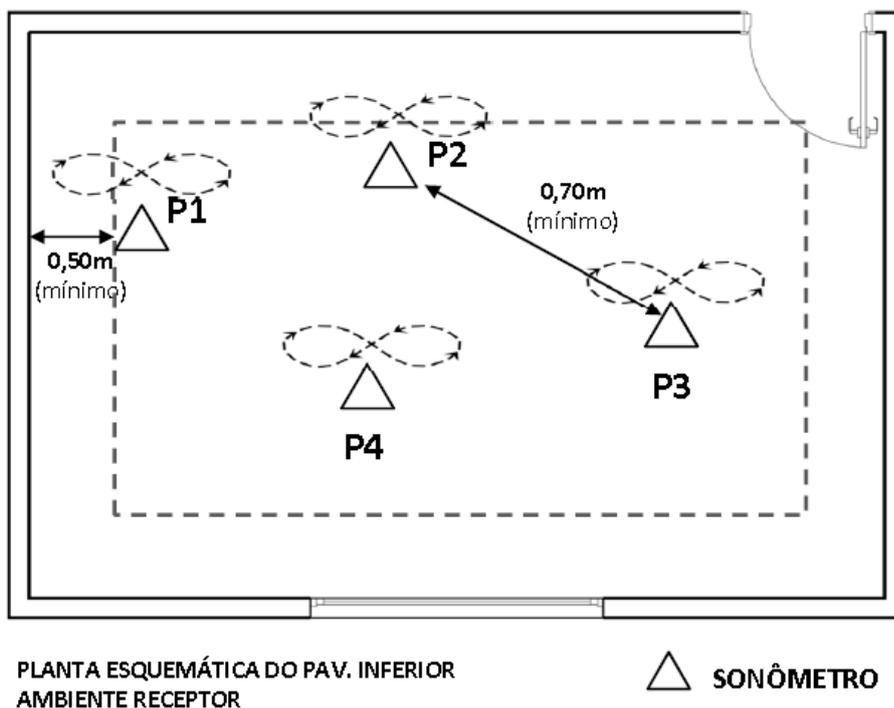
- a) 0,7 m entre posições de microfones.
- b) 0,5 m entre alguma posição de microfone e os limites das paredes do ambiente e de elementos difusores.
- c) 1,0 m entre alguma posição do microfone e o piso do pavimento superior excitado pela máquina de impacto.

Figura 8 – Exemplo de posicionamento do microfone



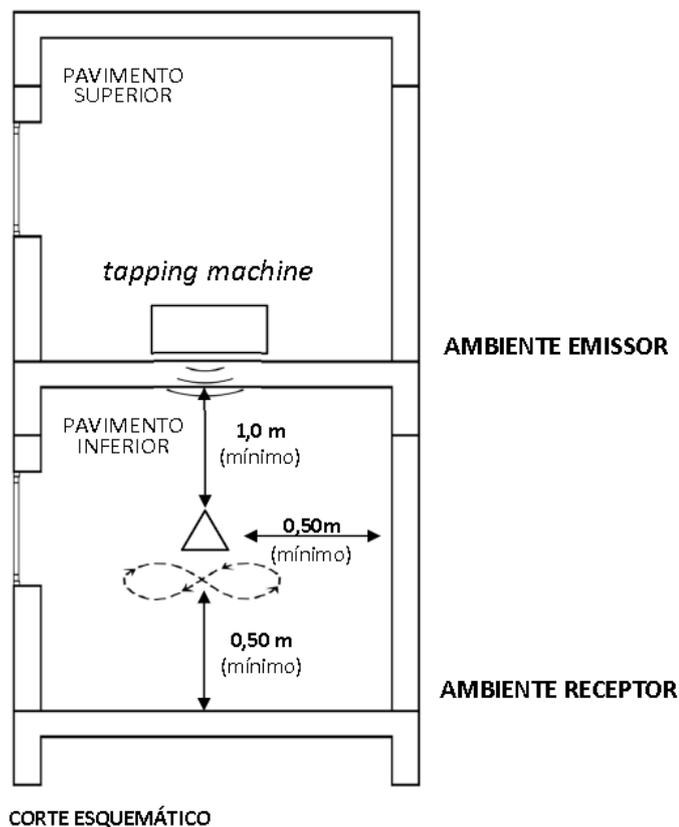
(fonte: INSTITUTO DE ENGENHARIA: DIVISÃO DE ACÚSTICA, 2014, p. 61)

Figura 9 – Exemplo de posicionamento de microfone de varrimento contínuo



(fonte: INSTITUTO DE ENGENHARIA: DIVISÃO DE ACÚSTICA, 2014, p. 62)

Figura 10 – Exemplo de posicionamento do microfone



(fonte: INSTITUTO DE ENGENHARIA: DIVISÃO DE ACÚSTICA, 2014, p. 63)

Quanto ao número de posições para as medições com os microfones a norma especifica que quando for utilizado o equipamento fixo, o mesmo deve ser posicionado em no mínimo 4 posições e essas devem ser distribuídas uniformemente no espaço permitido para medição no ambiente. No caso da utilização de microfone móvel a norma estabelece que, seu raio de varrimento deve ter pelo menos 70 centímetros e seu plano de varrimento deve ser inclinado a fim de cobrir um volume importante do espaço disponível para a medição. O plano de medição não deve ser inferior a 10° em relação a qualquer superfície do ambiente (parede, piso, teto) e o tempo de varrimento não deve ser inferior a 15 segundos.

Quanto ao número de medições a norma estabelece que para ensaios utilizando microfone fixo o número mínimo deve ser de 6 posições, para uma combinação de pelo menos 4 posições de microfone e de pelo menos 4 posições para a máquina de impacto. Exemplo: Para duas posições de microfone e duas posições de máquina de impacto, devem ser efetuadas as medições para as quatro combinações possíveis. Para as duas outras posições do microfone e as outras duas posições da máquina de impacto, devem ser efetuadas medições uma a uma.

Caso seja utilizado microfone móvel a norma estabelece que o número mínimo de medições deve ser 4 (por exemplo, uma medição para cada posição da máquina de percussão) e quando se utiliza seis ou oito posições para a máquina de impacto as medições podem ser realizadas usando uma ou duas posições de microfone móvel.

Quanto ao tempo de medição a norma indica que o intervalo de tempo de medição para cada posição de microfone deve ser, pelo menos, de 6 segundos em cada uma das bandas de frequência cuja frequência central seja inferior a 400 Hz. Para as bandas de frequência superiores é possível reduzir esse tempo até a um valor não inferior a 4 segundos. Quando se utiliza um microfone móvel, o intervalo de tempo deve corresponder a um número inteiro de varrimentos e não ser inferior a 30 segundos. A norma estabelece que para evitar alterações de superfície por longos períodos impactando, microfones móveis devem ser usados em conjunto com medições em tempo real paralelas nas faixas das bandas de frequência.

Quanto à gama de frequência utilizada para as medições a norma indica que o nível de pressão sonora deve ser medido com o auxílio de filtros de bandas de um terço de oitava e deve ter pelo menos as frequências centrais abaixo, expressas em Hertz.

Figura 11 – Gama de frequência utilizada para as medições

100	125	160	200	250	315
400	500	630	800	1000	1250
1600	2000	2500	3150		

(fonte: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1998b, p. 4)

Sendo necessária informações complementares nas zonas de baixas frequências a norma indica que devem ser utilizados filtros de bandas de um terço de oitava e que devem ser utilizadas as frequências centrais abaixo, em Hertz.

Figura 12 – Gama de frequências centrais utilizadas para as medições

50	63	80
----	----	----

(fonte: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1998b, p. 5)

Para a medição do tempo de reverberação a norma indica que o mesmo deve ser medido em conformidade com a norma ISO 354 e determinado utilizando a fórmula de Sabine. A determinação do tempo de reverberação deve começar cerca de 0,1 segundos depois da fonte sonora ter sido desligada, ou a partir de um nível de pressão sonora que se situa alguns decibels mais abaixo do que o nível correspondente ao início do decaimento. A amplitude utilizada deve ser no mínimo de 20 dB e deve ser limitada de forma a que o decaimento observado se assemelhe, pelo menos, a uma linha reta. O limite inferior dessa amplitude deve situar-se, 10 dB acima do nível do ruído de fundo.

O número mínimo exigido para medições do tempo de reverberação é de 6 em cada banda de frequência, devendo ser realizadas, pelo menos, para uma posição do alto-falante e três posições do microfone, efetuando-se 2 leituras em cada caso. Para microfones móveis o tempo de varrimento não deve ser inferior a 30 segundos.

O ruído de fundo é o ruído na ausência de impactação e a norma determina que este ruído deve ser medido a fim de assegurar que as medições na câmara receptora não sejam influenciadas por ruídos perturbadores, tais como os ruídos exteriores à câmara de ensaio ou ainda o ruído elétrico do sistema receptor. Deve ser aplicada uma correção para este ruído, de acordo com o nível encontrado.

Para a correção do ruído de fundo a norma adverte que é necessário certificar-se que o ruído aéreo emitido pela máquina de impacto e transmitido para a câmara receptora não influencie o nível de pressão sonora devido à ação de percussão estabelecida na câmara receptora. Para a verificação do ruído elétrico a norma propõe que o microfone seja substituído por um microfone “mudo”.

Segundo a norma o nível do ruído de fundo deve ser, pelo menos, 6 dB inferior ao nível do ruído de impacto e do ruído de fundo combinados, sendo de preferência maiores que 10 dB. Se a diferença de níveis estiver entre 6 dB e 10 dB, devem ser calculadas as correções do ruído de fundo, conforme descrito na norma.

Se a diferença de nível for inferior ou igual a 6 dB, em qualquer banda de frequência analisada, a correção não pode ser calculada, então deve ser utilizada a correção de 1,3 dB, que corresponde a uma diferença de 6 dB. Para este caso deve constar no relatório o valor de L_n de forma a evidenciar que os valores registrados constituem limites da medição.

Sobre a precisão dos resultados a norma comunica que o procedimento de medição deve fornecer uma repetitividade satisfatória, que deve ser determinada de acordo com o método constante na ISO 140-2. A precisão deve ser verificada regularmente, particularmente quando se modifica o procedimento ou o equipamento de ensaio.

A norma determina que a fim de caracterizar a transmissão a sons de impacto, a apresentação dos resultados do nível de ruído de impacto (L'_n ou L'_{nT}) deve ser feita em todas as frequências de medição, arredondados em decimais, sob a forma de tabela (figura 13) e gráfico. Os gráficos inseridos no relatório de ensaio devem indicar os valores em decibels, em função da frequência, numa escala logarítmica, devendo ser utilizadas as dimensões (figura 14):

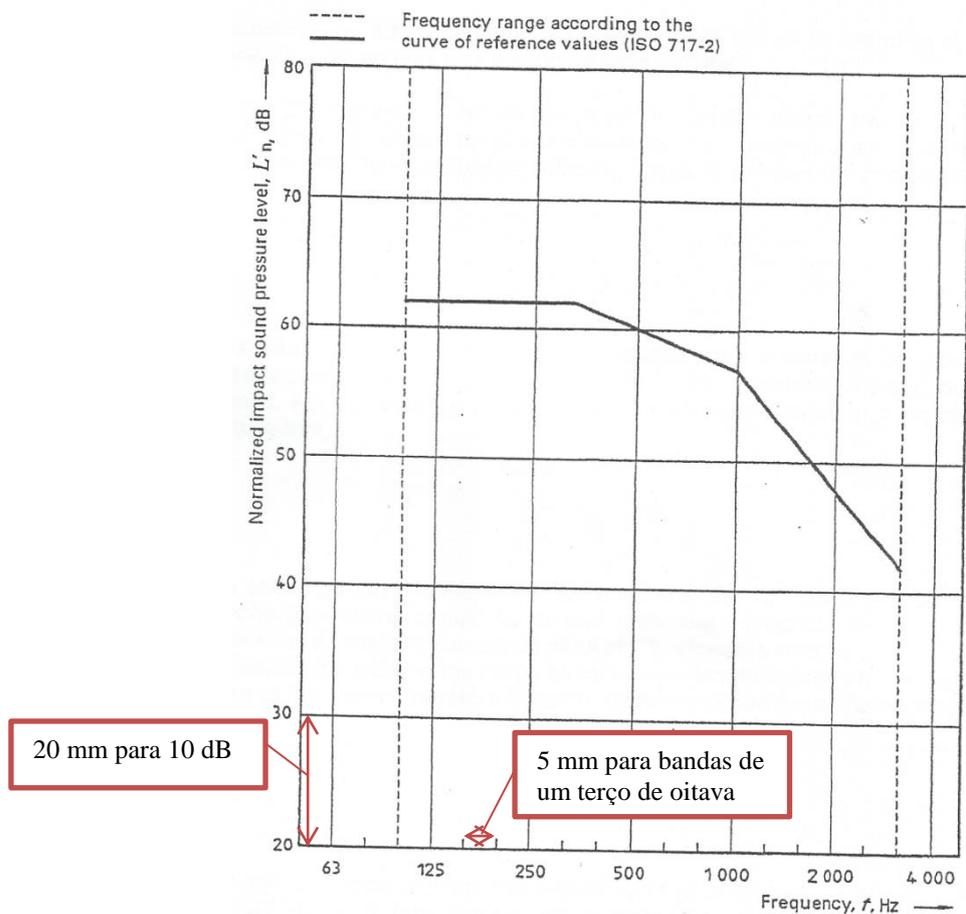
- a) 5 mm para bandas de um terço de oitava;
- b) 20 mm para 10 dB.

Figura 13 – Exemplo de tabela para relatório

Frequência f (Hz)	L'nT (1/3-oitava), (dB)
50	---
63	---
80	---
100	58,7
125	57,1
160	60,9
200	60,8
250	61,2
315	61,5
400	62,7
500	62,5
630	63,6
800	63,4
1000	65,0
1250	65,9
1600	66,3
2000	66,0
2500	63,0
3150	58,0
4000	---
5000	---

(fonte: INSTITUTO DE ENGENHARIA: DIVISÃO DE ACÚSTICA, 2014, p. 33)

Figura 14 – Exemplo de gráfico para relatório



(fonte: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1998b, p. 13)

Quanto ao relatório de ensaio a norma preconiza que este deve indicar:

- a) A referência a presente parte da ISO 140;
- b) Nome do laboratório que realizou o ensaio;
- c) Nome e endereço do organismo ou pessoa que solicitou o teste (cliente);
- d) Data do ensaio;
- e) Descrição e identificação da construção e do ensaio realizado;
- f) Volume da sala receptora;
- g) o nível de impacto de pressão sonora normalizado L'_{nT} ou nível de impacto de pressão sonora normalizado L'_{nTW} , em função da frequência, conforme o caso;
- h) breve descrição com detalhes do procedimento e dos equipamentos;
- i) indicação dos resultados que devem ser considerados como limites da medição. Devem ser apresentados como L'_{nT} ou $L'_{nTW} \leq \dots$ dB; isto aplica-se se o nível de pressão sonora em uma banda qualquer não é mensurável, devido à ocorrência de ruído de fundo (acústico ou elétrico, conforme descrito anteriormente).
- j) a transmissão marginal (se medida) da mesma forma que L'_{nT} ; indicar também, o mais claramente possível, qual ou quais as componentes de ruído transmitido que se encontram incluídas nos valores da medição da transmissão lateral.

É indicado que para a determinação do valor único a partir da curva $L'_{nT}(f)$ ou $L'_{nTW}(f)$, deve ser verificada a norma ISO 717-2.

A norma apresenta cinco anexos de caráter informativo, o anexo A referente aos requisitos relativos à máquina de impacto normalizada – apresenta os requisitos que devem ser atendidos pela mesma –, o anexo B referente ao procedimento de medição para bandas de oitava, o anexo C que é um guia para medições nas bandas de baixas frequências, o anexo D que apresenta modelos para apresentação dos resultados e o anexo E que apresenta as referências bibliográficas.

6.2.2 Elaboração da planilha para análise quantitativa dos relatórios

A partir da leitura detalhada da norma ISO 140-7 foi possível ser elaborada a planilha com os itens para quantificação. Esta parte descreve a elaboração da planilha passando por todas as suas versões até a sua interpretação final, que foi utilizada para a análise dos relatórios de ensaio acústico de sistemas de piso à ruídos de impacto.

Para a primeira versão da planilha utilizou-se os itens descritos na norma para expressão do relatório de ensaio, conforme descrito anteriormente. Partiu-se então para as análises dos relatórios, porém alguns itens da planilha apresentavam mais de uma análise e não estavam tão bem especificados tornando-se difícil de avaliação e quantificação. A versão da primeira planilha, com os resultados quantificados é mostrada posteriormente no capítulo de apresentação e análise de resultados.

Resolveu-se então fazer alguns ajustes na planilha para melhor representação dos resultados das análises. Para isso foi feito um estudo mais crítico dos dados cobrados na norma para a expressão dos relatórios. Esta análise é descrita posteriormente, indicando as considerações para cada item.

Primeiro foram revistos os itens cobrados na norma e alguns foram separados em mais de um item para que fosse possível tornar a quantificação mais clara e direta. Como alguns itens que devem ser apresentados no relatório não estão expressos de forma explícita na norma a interpretação destes ficou a cargo da autora, conforme segue abaixo.

- a) a referência a presente parte da ISO 140;
- b) nome do laboratório que realizou o ensaio;
- c) nome e endereço do organismo ou pessoa que solicitou o teste (cliente);
 - c.1) nome do organismo ou pessoa que solicitou o teste (cliente);
 - c.2) endereço do organismo ou pessoa que solicitou o teste (cliente);
- d) data do ensaio;
- e) descrição e identificação da construção e do ensaio realizado;
 - e.1) descrição da construção:
 - tipo de estrutura (laje, vigas, pilares, ligações, etc) e fck do concreto);
 - indica o sistema de vedação vertical (alvenaria, concreto, metálica, madeira, drywall, esquadrias, etc);
 - indica o tipo de sistema de piso (laje, contrapiso, material acústico, reboco, revestimento de piso, gesso, etc);
 - planta baixa do local e croqui com detalhe do sistema construtivo;
 - e.2) identificação da construção (endereço):
 - e.3) descrição do ensaio;
 - e.4) identificação do ensaio (n° do ensaio);
- f) volume da sala receptora;

- g) o nível de impacto de pressão sonora normalizado $L'n$ ou nível de impacto de pressão sonora normalizado $L'nT$, em função da frequência, conforme o caso;
- h) breve descrição com detalhes do procedimento e dos equipamentos;
 - h.1). descrição e detalhes da realização do ensaio;
 - breve descrição do procedimento;
 - posicionamento da fonte de impacto.
 - posicionamento da fonte sonora (microfone);
 - tempo de medição para cada posição do microfone;
 - gama de frequência utilizada;
 - medição do tempo de reverberação;
 - medição do ruído de fundo;
 - h.2). descrição e detalhes dos equipamentos utilizados;
 - descrição de todos os equipamentos utilizados para a realização do ensaio;
 - número dos certificados de calibração dos equipamentos;
 - cópia dos certificados de calibração dos equipamentos;
- i) indicação dos resultados que devem ser considerados como limites da medição. Devem ser apresentados como $L'n$ ou $L'nT \leq \dots$ dB; isto aplica-se se o nível de pressão sonora em uma banda qualquer não é mensurável, devido à ocorrência de ruído de fundo (acústico ou elétrico, conforme descrito anteriormente).
- j) a transmissão marginal (se medida) da mesma forma que $L'n$; indicar também, o mais claramente possível, qual ou quais as componentes de ruído transmitido que se encontram incluídas nos valores da medição da transmissão lateral.

Esta parte da norma não apresenta a forma que devem ser expostos os resultados e como devem ser feitas as análises, porém o anexo D apresenta modelos para apresentação dos resultados, com gráficos e tabelas de nível de pressão sonora em função da frequência. Para a melhor organização dos dados, esses foram divididos em seis categorias para a análise, sendo, introdução, definição do sistema construtivo e peças, método e procedimento de ensaio, equipamentos, resultados e análises.

6.2.2.1 Divisão dos itens analisados

A seguir são descritos os itens da planilha conforme divisão feita pela autora. Junto de cada item, quando necessário, são feitas considerações sobre o que deve ser apresentado para o relatório de ensaio.

a) introdução:

- nome do laboratório que realizou o ensaio;
- número do ensaio;
- descrição do ensaio;

apenas descrevendo do que se trata o ensaio (ex: Medição de campo do isolamento de ruído de impacto de sistema de piso)

- nome da entidade ou pessoa que solicitou o ensaio (cliente);
- endereço da empresa ou entidade que solicitou o ensaio (cliente);
- local de realização do ensaio (endereço);
- data do ensaio;
- horário das medições;
- objetivo do ensaio;

descrição da finalidade do ensaio (ex: Avaliação do nível de pressão sonora de impacto para o sistema de piso ensaiado em campo);

- referência a ISO 140-7;

b) definição do sistema construtivo e peças;

- descrição do ambiente de realização do ensaio;
- indicação de como se encontra o ambiente (acabado ou não, habitado ou não, mobiliado ou não);

indicar que o ambiente estava acabado, conforme determina a NBR 15575b;

- volume da sala receptora;
- tipo de estrutura (laje, vigas, pilares, ligações, etc) e fck do concreto;

deve especificar o tipo de estrutura e suas características (fck do concreto, materiais, dimensões, engastes, execução)

- tipo sistema de vedação vertical (alvenaria, concreto, metálica, madeira, drywall, esquadrias, etc);

deve especificar o tipo de vedação vertical e suas características (materiais, dimensões, execução)

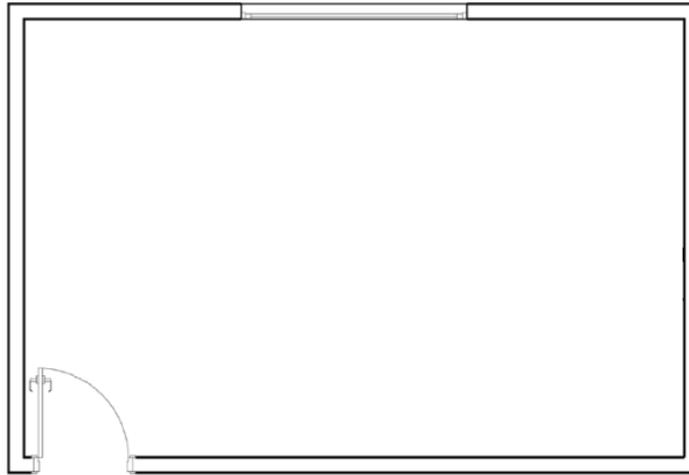
- tipo de sistema de piso (laje, contrapiso, material acústico, reboco, revestimento de piso, gesso, etc);

deve especificar o tipo de sistema de piso e suas características (materiais, dimensões, execução)

- planta baixa do local e croqui com detalhe do sistema construtivo;

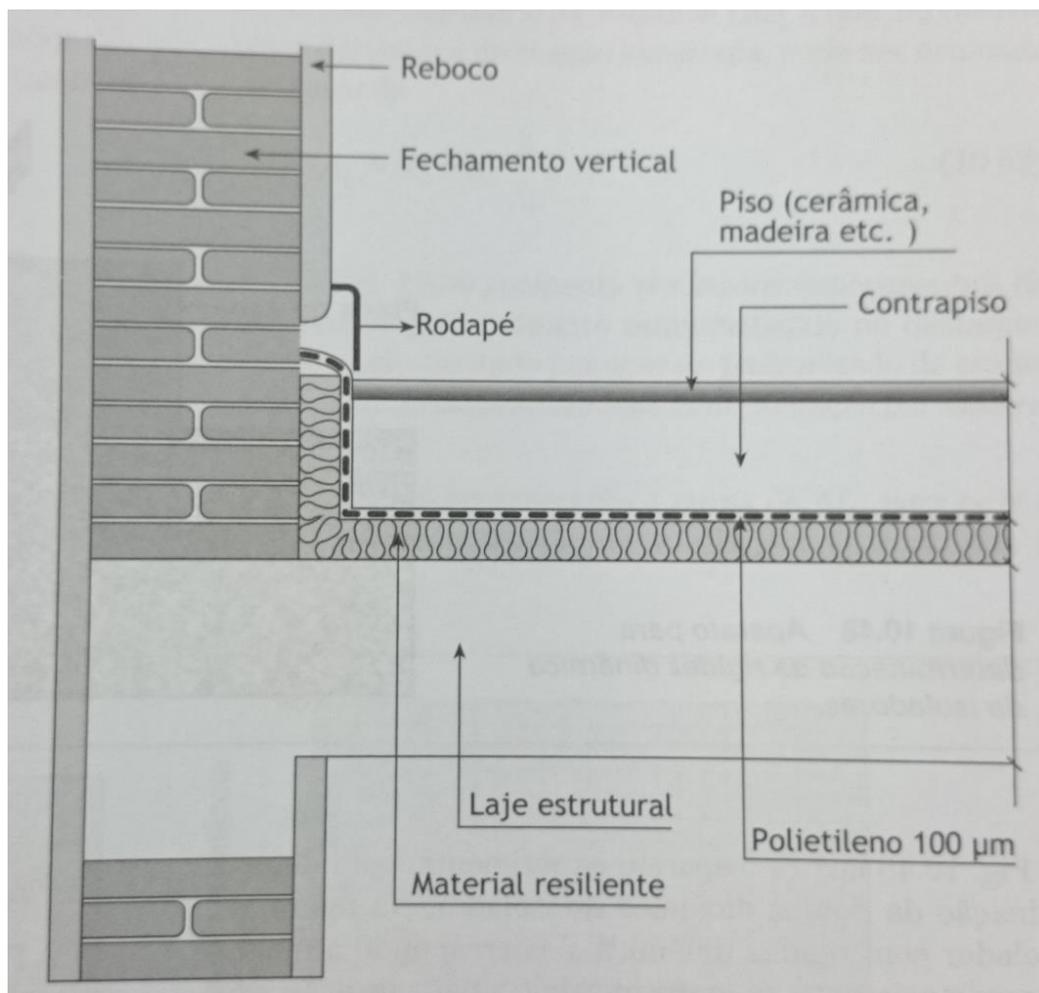
deve ser apresentada planta baixa do local de realização do ensaio e croqui com detalhamento do sistema construtivo, figuras 15 e 16;

Figura 15 – Exemplo de planta baixa do local de realização do ensaio



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 16 – Exemplo de croqui com detalhamento do sistema construtivo



(fonte: BISTAFA, 2012, p. 301)

c) método e procedimento de ensaio:

- breve descrição com detalhes do procedimento de ensaio;
- detalhamento do posicionamento da fonte de impacto;
- detalhamento do posicionamento da fonte sonora (Microfone);
- apresenta o número mínimo de medições;
- indicação do tempo de medição para cada posição do microfone;
- faixa de frequência utilizada;
- medição do tempo de reverberação (referência à ISO 354);
- medição do ruído de fundo;

d) equipamentos:

- descrição de todos os equipamentos utilizados para a realização do ensaio;
- número dos certificados de calibração dos equipamentos;
- cópia dos certificados de calibração dos equipamentos;

e) resultados:

- o nível de impacto de pressão sonora padronizado $L'n$ ou nível de impacto de pressão sonora padronizado ponderado $L'nT$, em função da frequência;
- os níveis de ruído de impacto, expressos em forma de tabela, em todos os níveis de frequência medidos, arredondados em decimais;
- os níveis de ruído de impacto, expressos em forma de gráfico, em todos os níveis de frequência medidos, arredondados em decimais;
- os resultados considerados como limites das medições, dados sob a forma de: $L'n$ ou $L'nT \leq \text{dB}$;
- gráficos indicando os valores em decibels, em função da frequência, em escala logarítmica, usando: 5 mm para bandas de um terço de oitava e 20 mm para 10 dB;
- indicação dos resultados que devem ser considerados como limites da medição devido a presença do ruído de fundo. apresentados como $L'n$ ou $L'nT \leq \dots \text{dB}$; isto aplica-se se o nível de pressão sonora em uma banda qualquer não é mensurável.
- indicação da transmissão marginal (se medida) da mesma forma que $L'n$. Indicar também, o mais claramente possível, qual ou quais as componentes do ruído transmitido que se encontram incluídos nos valores da medição de transmissão marginal;

f) análises:

- breve descrição sobre o resultado encontrado;

- tabela com os critérios de nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado da norma de desempenho (NBR 15575-3);
- classificação do nível de desempenho do sistema de acordo com a NBR 15575;

No item de introdução foi inserido o número do ensaio por se achar importante para a melhor caracterização do mesmo, tanto para o laboratório de ensaio quanto para o cliente e para futuras análises do ensaio. Incluiu-se também o item de horário das medições que pode ser útil para análise dos resultados, podendo-se fazer observações quanto à presença de ruídos de fundo. O item de objetivo do ensaio foi inserido para que seja feita uma melhor introdução ao leitor do ensaio ao assunto abordado.

Em descrição do sistema construtivo e peças fez-se a separação em itens menores para facilitar a análise, a norma ISO 140-7 só indica que devem ser descritos e identificados os elementos de construção então a divisão ficou a cargo da interpretação da autora. É importante que sejam corretamente definidos os sistemas de estrutura, vedação e piso, pois as diferentes formatações dos mesmos podem alterar a forma de procedimento de ensaio – como o posicionamento da máquina de impacto – e a sua apresentação no relatório de ensaio facilita o entendimento e análise do mesmo. Foi também inserido nessa parte o item de indicação de como se encontra o ambiente, pois observou-se que muitos ensaios são realizados com vedações provisórias em portas e janelas, não respeitando o requisito da norma de desempenho NBR 15575 que diz que o ambiente deve estar acabado conforme deve ser entregue ao cliente.

Na parte de métodos e procedimentos de ensaio achou-se necessária a adição dos detalhes dos procedimentos de ensaio, pois na pré-análise dos relatórios observou-se que quando demonstrados os métodos e procedimentos utilizados para as medições muitos não seguiam corretamente o que está descrito na norma. Na parte de equipamentos foram inseridos os itens que fazem referência aos certificados de calibração dos equipamentos, pois se julgou necessário para entender se os laboratórios fazem a calibração dos equipamentos conforme é solicitado pela norma de ensaio ISO 140-7.

Para o item de resultados foram inseridos alguns requisitos cobrados no anexo D da norma de ensaio ISO 140-7, que dizem respeito à expressão dos resultados em forma de gráficos e tabelas. Também foi inserido um item da norma, que está apresentado na parte de expressão

dos resultados e indica como devem ser montados os gráficos, conforme descrito anteriormente.

O item de análises não é cobrado pela norma de ensaio ISO 140-7, porém achou-se necessária a inclusão para melhor demonstração dos resultados dos sistemas avaliados. Também foram incluídos dois itens com referência a norma de desempenho NBR 15575, estes itens não fazem sentido para a norma de ensaio ISO 140-7, visto que é uma norma internacional e é utilizada em diversos países e cada um adota valores diferentes de desempenho. Porém são de grande relevância para a avaliação dos parâmetros para os relatórios de ensaio analisados, visto que a norma de desempenho NBR 15575 indica os requisitos de desempenho para a amostra em estudo.

A planilha gerada com todos os itens apresentados é apresentada posteriormente, no capítulo de apresentação e análise dos resultados. É apresentada uma legenda na planilha, para identificação dos itens que foram resultado de interpretação do que é pedido na norma de ensaio, ISO 140-7, de itens incluídos por serem condicionantes da aplicação da norma de desempenho, NBR 15575, e outros que foram incluídos pela autora, por achar necessário para a melhor apresentação dos relatórios de ensaio, conforme considerações feitas anteriormente neste capítulo.

6.2.2.2 Método utilizado para a análise quantitativa

Para a análise quantitativa dos relatórios foram definidos três parâmetros de atendimento – notas – quantificados em 0, 1 e 2. O parâmetro 0 (zero) foi utilizado quando o relatório não apresentava nenhum dado sobre a informação ou quando a mesma estava informada erroneamente, classificado como não atende. A nota 1 (um) foi dada quando para o item não eram apresentadas todas as informações necessárias, classificado como atendimento parcial. Para alguns itens a quantificação 1 não foi utilizada por não ser possível seu atendimento parcial, como é o caso do item de identificação do volume da sala receptora.

A nota 2 (dois) foi dada somente aos itens que foram atendidos totalmente. No capítulo seguinte serão apresentados os resultados das análises dos relatórios de ensaio e a análise dos resultados.

7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados da avaliação dos relatórios quanto ao atendimento às normas de ensaio ISO 140-7 e de desempenho NBR 15575. É também apresentada a análise dos resultados encontrados para avaliação do atendimento dos laboratórios aos requisitos das normas.

Antes de partir para a apresentação dos resultados são feitas algumas considerações sobre os ensaios de sistema de piso analisados. Os ensaios utilizados para a elaboração deste trabalho foram fornecidos por laboratórios de avaliação de desempenho que estão atualmente prestando serviços ao mercado e abrangem oito laboratórios diferentes, de três estados brasileiros. Os testes de ruído de impacto de sistemas de piso foram realizados em cinco estados diferentes, em diversas cidades, em edificações residenciais. A análise compreende uma gama de 26 relatórios de ensaio e 71 amostras ensaiadas, isso porque alguns relatórios continham mais de uma amostra ensaiada.

Vale ressaltar que segundo à norma de desempenho NBR 15575 o desempenho acústico do sistema de piso das edificações residenciais deve ser avaliado quanto aos requisitos de desempenho acústico ao ruído aéreo e de impacto, conforme descrito anteriormente. Dentre os relatórios avaliados somente dois apresentavam a avaliação ao ruído aéreo do sistema, por isso o mesmo não foi avaliado no estudo. Os relatórios de ensaio avaliados foram realizados de 2006 a 2015, a norma de desempenho na sua versão atual está em vigor desde julho de 2013, porém em 2008 já apresentava sua primeira versão e o requisito mínimo de desempenho para o sistema de pisos já era considerado. Levando isso em consideração, somente dois dos relatórios analisados ficaram fora do período de abrangência dos requisitos de desempenho exigidos pela norma, pois foram realizados em 2006 e 2007, mesmo assim esses relatórios apresentaram as informações de desempenho mínimo cobrado pela norma NBR 15575.

A seguir é apresentada a divisão realizada dos ensaios – feita por laboratório de ensaio –, o número de amostras ensaiadas presente em cada relatório, o ano de realização do ensaio, o estado em que foi realizado e a indicação se apresenta ensaio de ruído aéreo do sistema de piso. O quadro serviu para a comparação e análise posterior dos relatórios de ensaio e dos

laboratórios. Os ensaios realizados após a entrada em vigor da NBR 15575 estão marcados com asterisco (*) no quadro abaixo.

Quadro 1 – Divisão dos relatórios de ensaio

Laboratórios	n° do Relatório	n° de Amostras	Ano Ensaio	Estado de Realização do Ensaio	Analisa Ruído Aéreo?
Lab.1	1	2	2006	SP	NÃO
	2	4	2007	SP	NÃO
	3	3	2008	SP	NÃO
	4	3	2008	SP	NÃO
	5	2	2009	SP	NÃO
	6	1	2009	SP	SIM
	7	1	2010	SP	SIM
	8	4	2010	SP	NÃO
	9	1	2011	SP	NÃO
	10	3	2012	SP	NÃO
Lab.2	1	1	2010	MG	NÃO
Lab.3	1	3	2011	SP	NÃO
	2	4	2011	SP	NÃO
	3	5	2011	SP	NÃO
	4	2	2011	SP	NÃO
	5	3	2012	SP	NÃO
	6	3	2013*	SP	NÃO
	7	6	2014*	SP	NÃO
Lab. 4	1	11	2013*	SC	SIM
Lab.5	1	1	2013*	SP	NÃO
	2	1	2013*	SP	NÃO
	3	1	2013*	SP	NÃO
Lab.6	1	1	2014*	SP	NÃO
Lab.7	1	1	2013*	PR	NÃO
	2	1	2015*	RS	NÃO
Lab.8	1	3	2013*	SP	NÃO

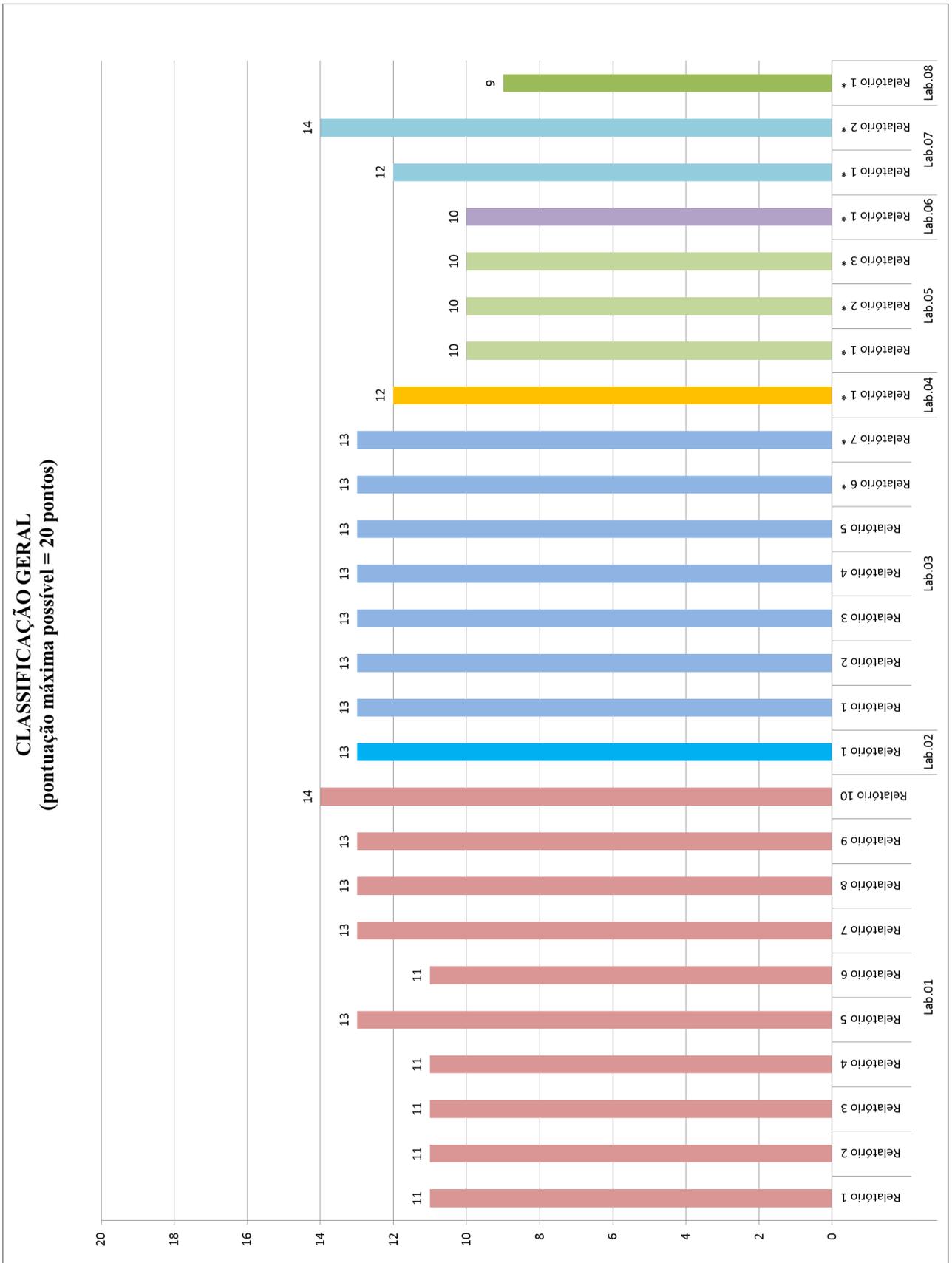
(fonte: elaborado pela autora)

A planilha com a avaliação dos relatórios, separados por laboratório verificado é apresentada posteriormente no anexo A. Por motivos éticos os laboratórios não são identificados e são representados como laboratório 1 (Lab. 1), laboratório 2 (Lab. 2), laboratório 3 (Lab. 3), laboratório 4 (Lab. 4), laboratório 5 (Lab. 5), laboratório 6 (Lab. 6), laboratório 7 (Lab. 7) e laboratório 8 (Lab. 8).

À seguir são apresentadas as planilhas geradas com os resultados das análises dos laboratórios. Primeiramente foi realizada a análise com a planilha apresentando somente os itens expressos na norma de ensaio, ISO 140-7, para a realização dos relatórios. A planilha e os resultados podem ser observados no próximo quadro.

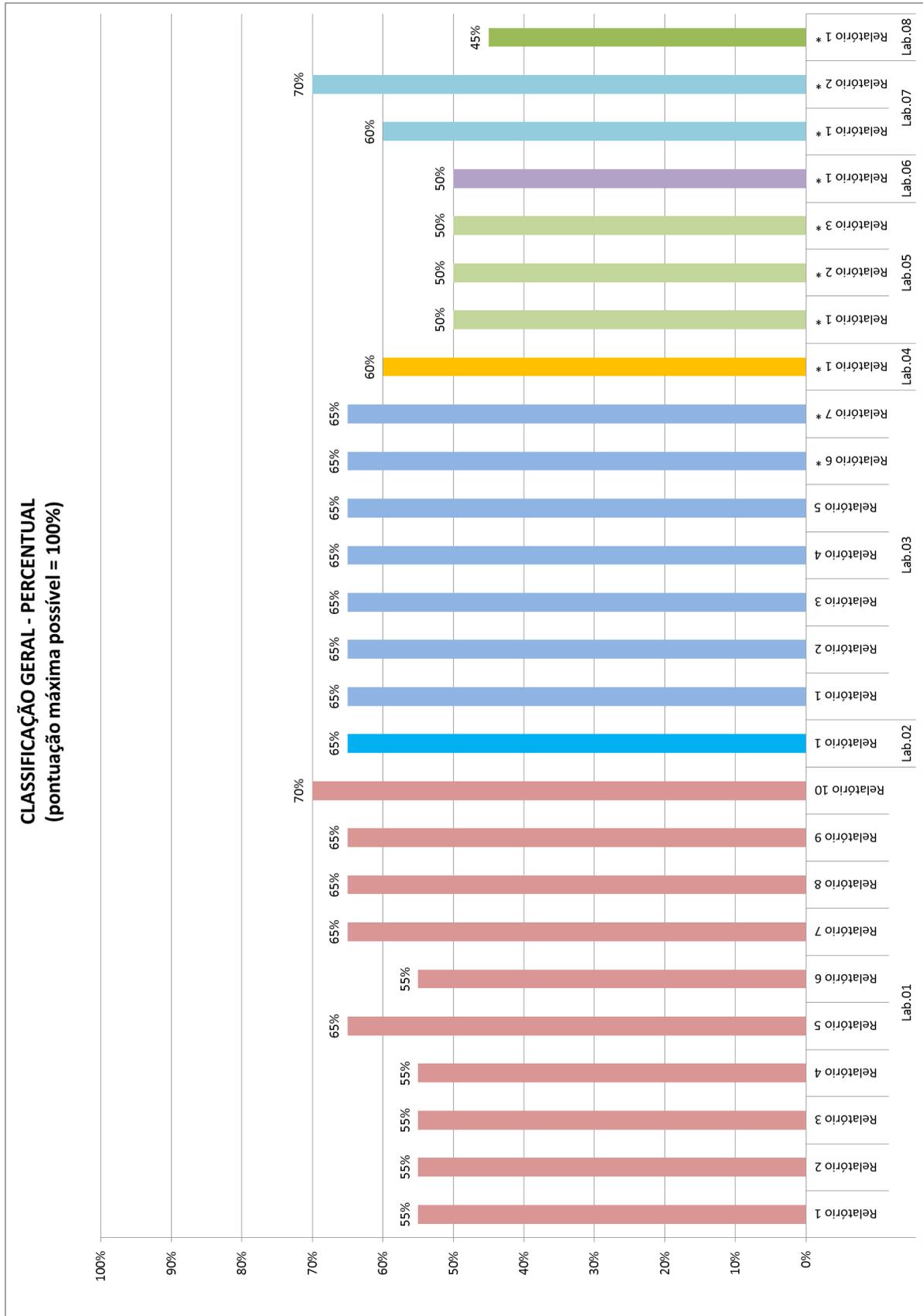
Posteriormente são também apresentados os gráficos com os resultados das avaliações, em pontuação geral total e em percentual de atendimento à norma de ensaio, ISO 140-7, atingido por cada laboratório avaliado. Os ensaios realizados após a entrada em vigor da NBR 15575 estão marcados com asterisco (*) no quadro abaixo.

Figura 17 – Classificação geral dos relatórios de ensaio: parâmetros ISO 140-7



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 18 – Classificação geral dos relatórios de ensaio, percentuais: parâmetros ISO 140-7



(fonte: elaborado pela autora)

Analisando os resultados apresentados na planilha e nos gráficos podemos perceber que os laboratórios não estão seguindo na totalidade o que é cobrado na norma de ensaio, ISO 140-7. Lembrando que esta norma é a que estabelece como deve ser realizado o ensaio de impactação nos sistemas de piso, bem como o que deve constar nos relatórios de ensaio. Como a norma não apresenta alguns itens com mais de uma análise, foi desenvolvida uma planilha de avaliação com cada tipo de análise separado, e com alguns itens extras contemplando a norma de desempenho, NBR 15575 e outros que foram julgados pela autora necessários de serem apresentados. Todos os itens e a subdivisão feita da planilha seguem o que foi apresentado no capítulo anterior, e para melhor identifica-los os mesmos foram classificados por cores, cinza – quando utilizados itens inseridos à partir da interpretação dos itens que são cobrados pela ISO 140-7 -, rosa – quando utilizados itens inseridos pela autora – e verde – quando utilizados itens referentes à NBR 15575 –.

Conforme comentado no capítulo de metodologia, a segunda planilha para análise foi dividida em seis grandes itens de verificação, introdução, descrição do sistema construtivo e peças, método e procedimento de ensaio, equipamentos, resultados e análises. Examinando os resultados na planilha observamos que muitos itens não são atendidos, ou são atendidos de forma incompleta nos ensaios, para a melhor visualização das conclusões são apresentados a seguir a planilha e gráficos contendo os resultados da avaliação.

Da mesma forma que na tabela, os gráficos foram feitos para a análise pelos grandes itens de verificação, indicando qual seria a pontuação máxima possível de ser obtida em cada caso e a nota obtida por cada relatório. Foi também gerado um gráfico de classificação geral para os relatórios de ensaio, onde pode ser observada a pontuação total e o nível de atendimento à norma dos mesmos, com a pontuação máxima possível e a pontuação atingida por cada um. Para melhor visualizar a classificação geral foi também inserido um gráfico com classificação por percentual de atendimento.

Vale lembrar que a planilha elaborada para a avaliação dos relatórios de ensaio foi feita seguindo o que é disposto na norma de desempenho NBR 15575 e na norma de ensaio ISO 140-7, os itens cobrados para a elaboração do relatório foram tirados da norma de ensaio. Como a norma ISO 140-7 apresenta pouca discriminação dos itens a interpretação de alguns destes ficou a cargo da autora deste trabalho, conforme mencionado no capítulo de metodologia.

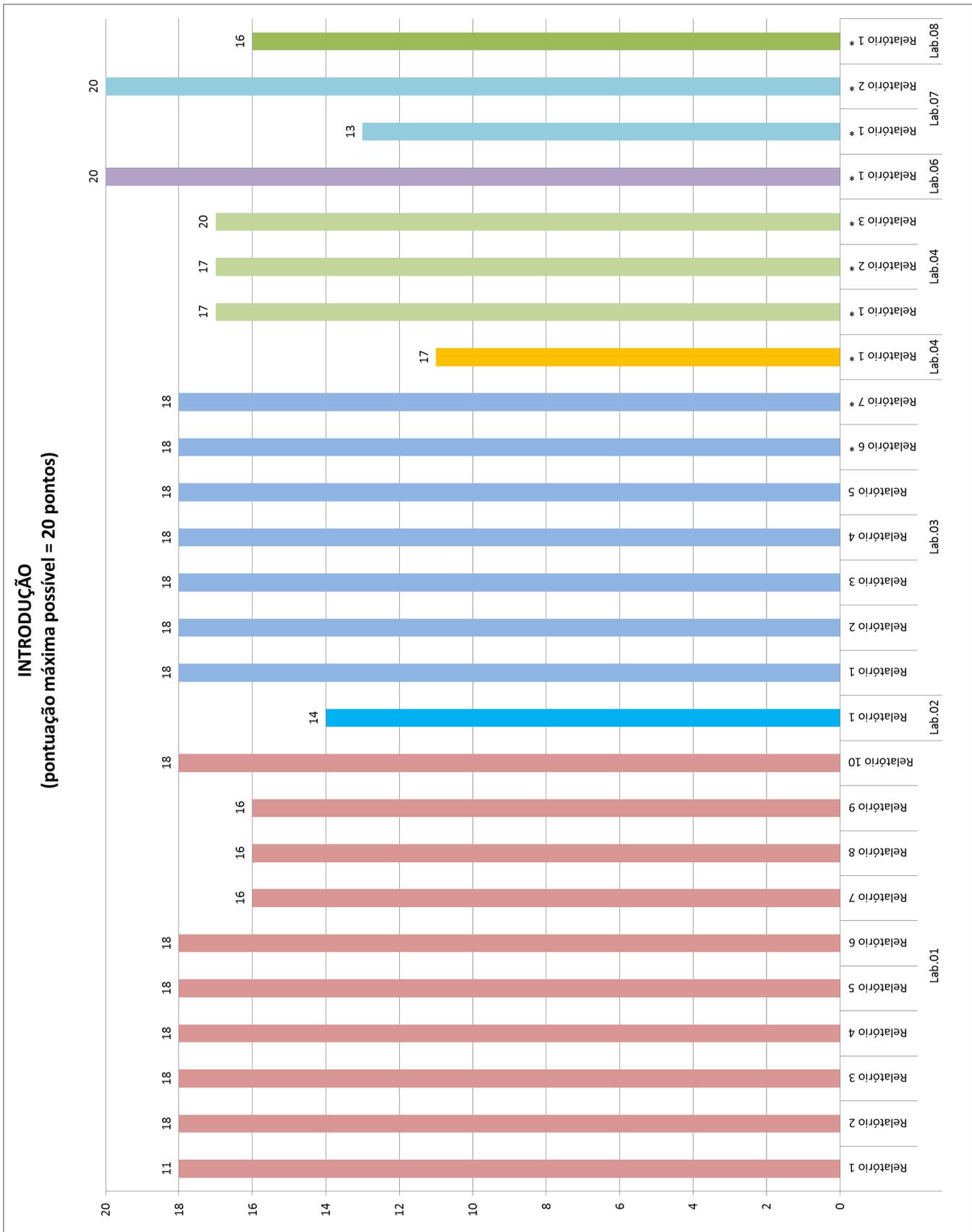
A seguir são apresentados a tabela e os gráficos realizados para visualização dos resultados da pesquisa.

Quadro 3 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada - introdução

ANÁLISE DOS RELATÓRIOS DE ENSAIO	Lab.01										Lab.02							Lab.03							Lab.04	Lab.05			Lab.06	Lab.07		Lab.08
	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 8	Relatório 9	Relatório 10	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 1	Relatório 2			
indica o nome do laboratório que realizou o ensaio	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
indica o número do ensaio	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
descrição do ensaio	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
identifica o nome da entidade ou pessoa que solicitou o ensaio (cliente)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
indica o endereço da entidade ou pessoa que solicitou o ensaio (cliente)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	2	2	2			
Identifica o local do ensaio (endereço)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2			
data do ensaio	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0			
horário das medições	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	0	2			
objetivo do ensaio	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
referência a ISO 140-7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 19 – Classificação dos relatórios quanto à introdução



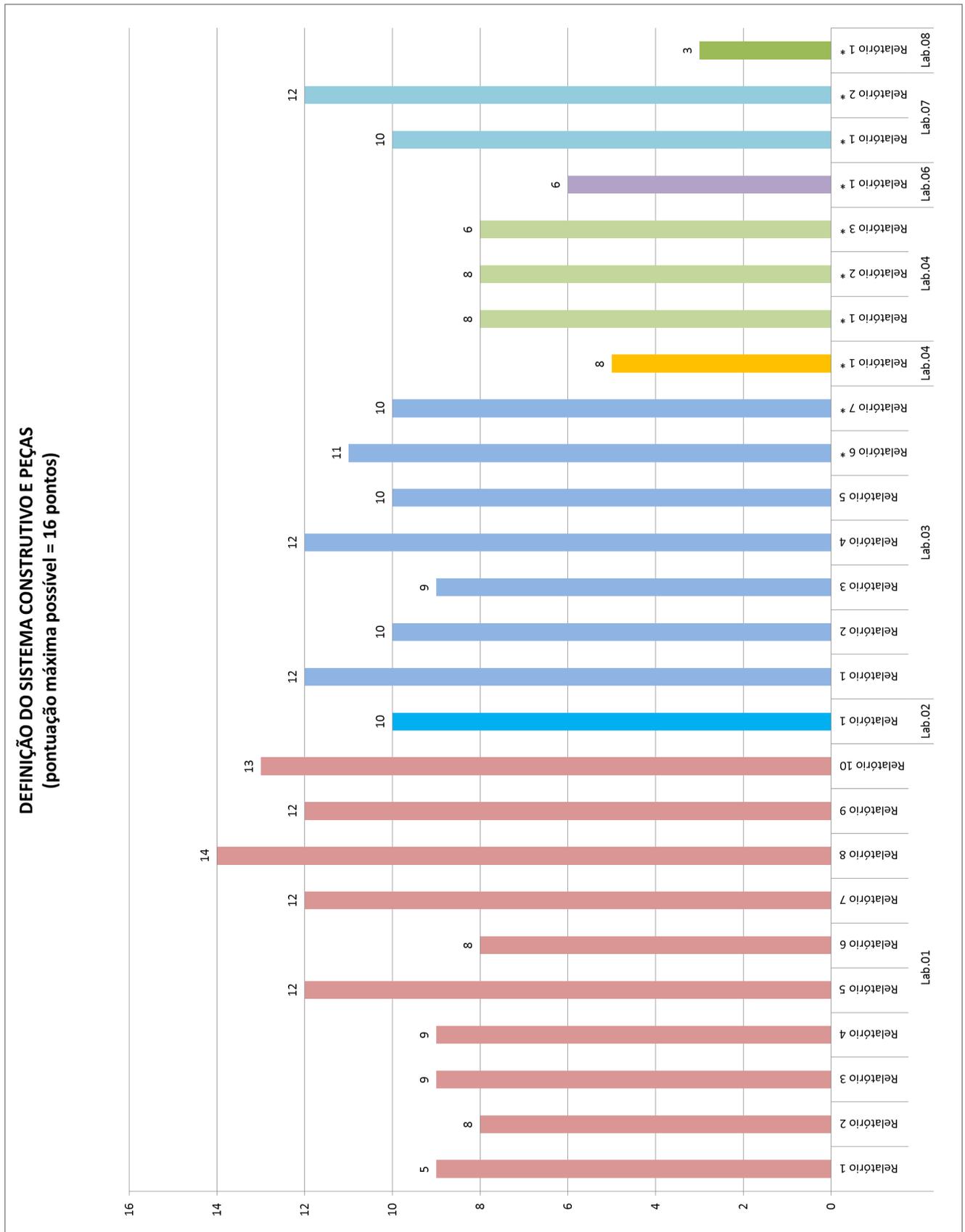
(fonte: elaborado pela autora)

Quadro 4 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada – definição do sistema construtivo e peças

ANÁLISE DOS RELATÓRIOS DE ENSAIO	Lab.01										Lab.03							Lab.04	Lab.05			Lab.06		Lab.07		Lab.08	
	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 8	Relatório 9	Relatório 10	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 1	Relatório 2	
Indica o ambiente de realização do ensaio	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Local de realização do ensaio segue o que é proposto pela Norma de Desempenho (Dormitório)	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
O ambiente está propício para a realização do ensaio	0	0	0	0	0	2	1	2	1	0	1	2	2	2	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	2	0
indica o volume da sala receptora	0	0	0	0	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
indica o tipo de estrutura (laje, vigas, pilares, ligações, etc)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
indica o sistema de vedação vertical (alvenaria, concreto, metálica, madeira, drywall, esquadrias, etc);	1	0	1	1	2	2	1	2	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
indica o tipo de sistema de piso (laje, contrapiso, material acústico, reboco, revestimento de piso, gesso, etc);	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
apresenta planta baixa do local e croqui com detalhe do sistema construtivo	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 20 – Classificação dos relatórios quanto à definição do sistema construtivo e peças



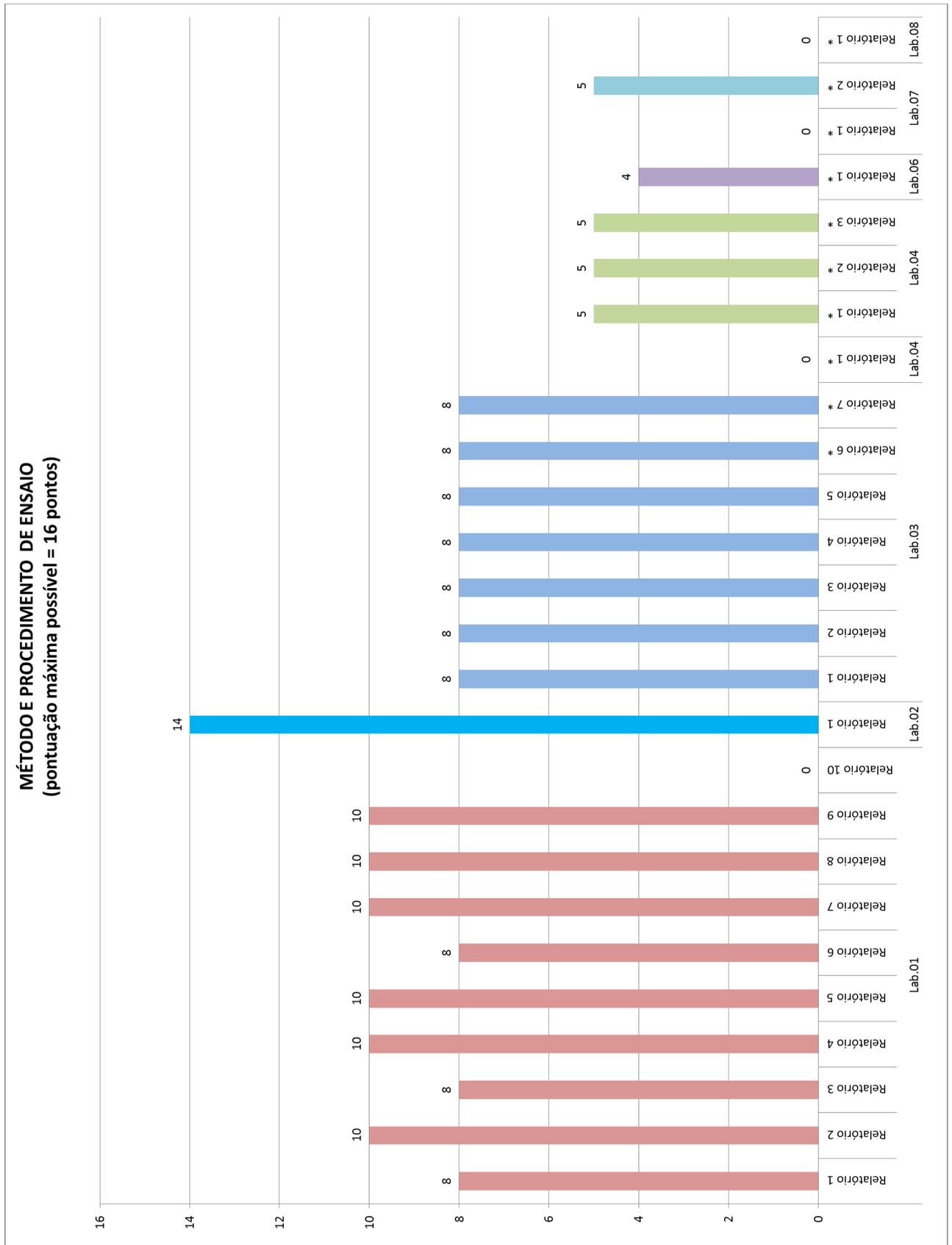
(fonte: elaborado pela autora)

Quadro 5 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada – método e procedimento de ensaio

MÉTODO E PROCEDIMENTO DE ENSAIO	Lab.01										Lab.03							Lab.04	Lab.05			Lab.06	Lab.07		Lab.08		
	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 8	Relatório 9	Relatório 10	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 1	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 1	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 1	Relatório 1	
apresenta breve descrição com detalhes do procedimento de ensaio	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0	2	0
apresenta de talhamento do posicionamento da fonte de impacto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
apresenta de talhamento do posicionamento da fonte sonora (microfone)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
apresenta o número mínimo de medições pedido pela norma ISO 140-7	0	2	0	2	2	0	2	2	2	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
apresenta indicação do tempo de medição para cada posição do microfone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
descrição da faixa de frequência utilizada	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0	0	0
Descrição da medição do tempo de reverberação (referência à ISO 354)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
Medição do ruído de fundo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 21 – Classificação dos relatórios quanto aos métodos e procedimentos de ensaio



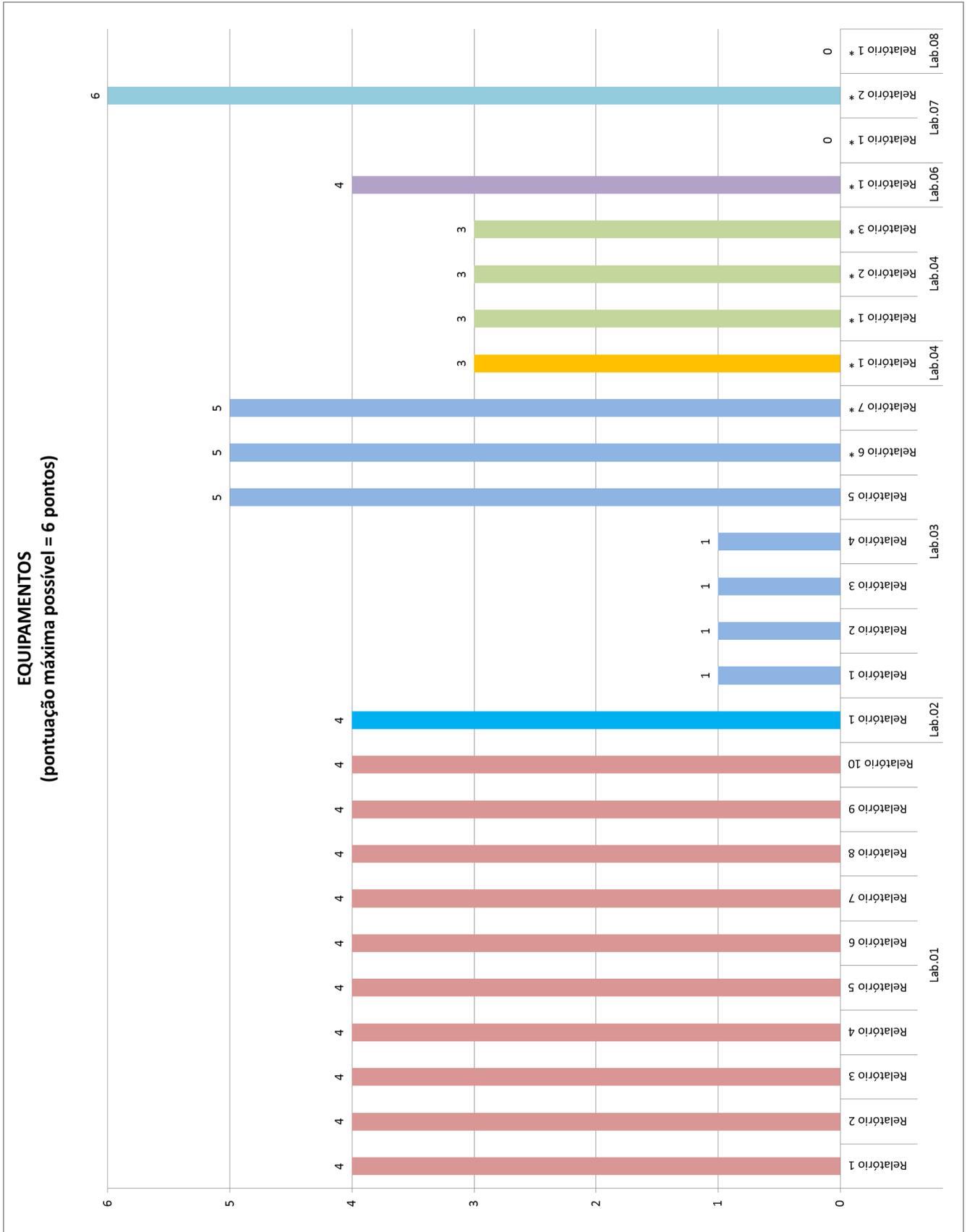
(fonte: elaborado pela autora)

Quadro 6 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada – equipamentos

EQUIPAMENTOS	ANÁLISE DOS RELATÓRIOS DE ENSAIO										Lab.01			Lab.02							Lab.03							Lab.04	Lab.05			Lab.06		Lab.07		Lab.08
	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 8	Relatório 9	Relatório 10	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 1	Relatório 2							
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
descrição de todos os equipamentos utilizados para a realização do ensaio																																				
número dos certificados de calibração dos equipamentos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
cópia dos certificados de calibração dos equipamentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 22 – Classificação dos relatórios quanto aos equipamentos



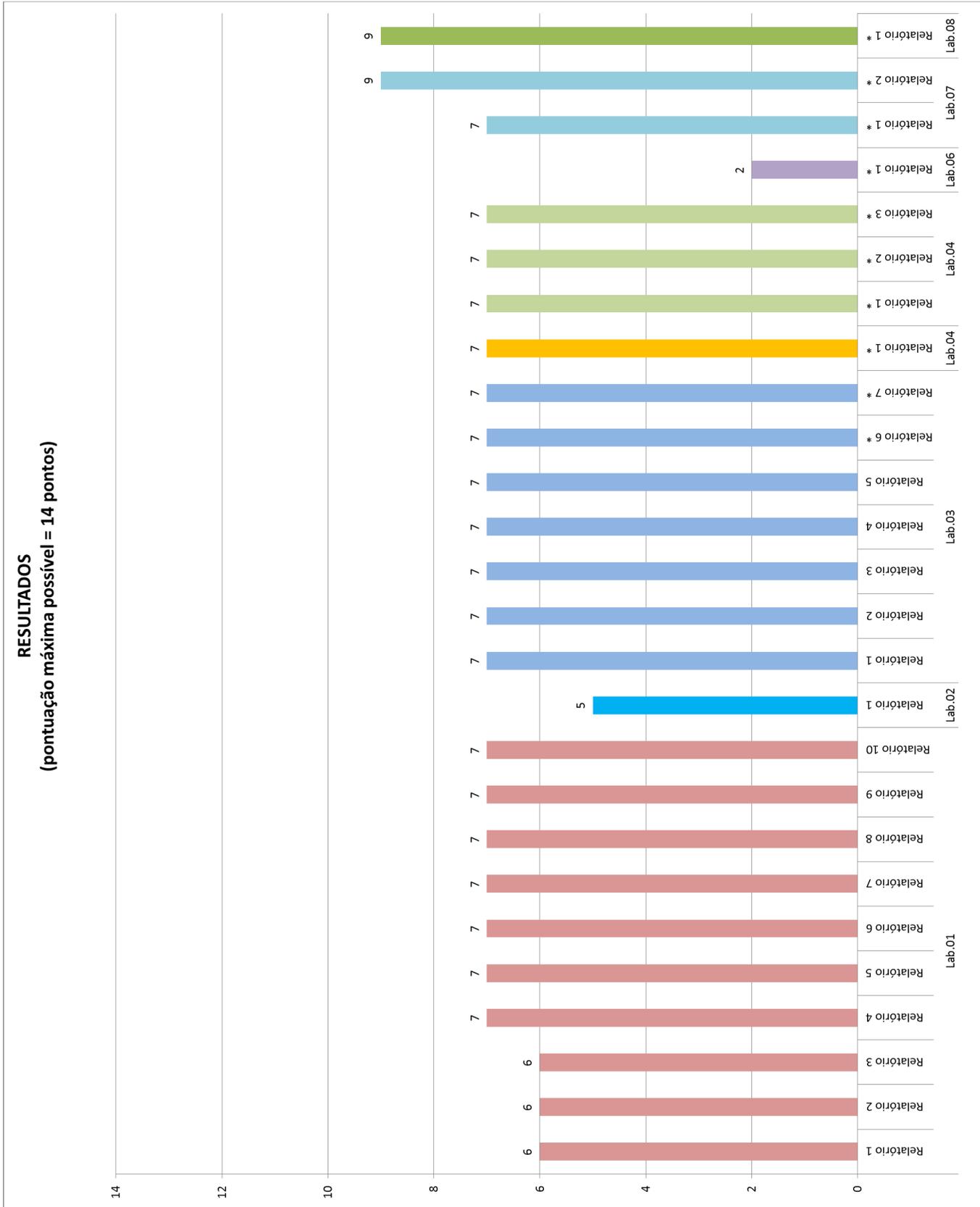
(fonte: elaborado pela autora)

Quadro 7 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada – resultados

ANÁLISE DOS RELATÓRIOS DE ENSAIO	Lab.01										Lab.03							Lab.04	Lab.05			Lab.06	Lab.07		Lab.08
	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 8	Relatório 9	Relatório 10	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 1	Relatório 2	
indica o nível de impacto de pressão sonora padronizado L'n ou nível de impacto de pressão sonora padronizado ponderado L'nT, em função da frequência.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
apresenta os níveis de ruído de impacto, expressos em forma de tabela, em todos os níveis de frequência medidos, arredondados em decimais.	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
apresenta os níveis de ruído de impacto, expressos em forma de gráfico, em todos os níveis de frequência medidos, arredondados em decimais.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
apresenta os resultados considerados como limites das medições, dados sob a forma de: L'n ou L'nT ≤ dB Resultado final (ISO 717-2)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
gráficos indicando os valores em decibels, em função da frequência, em escala logarítmica, usando: 5 mm para bandas de um terço de oitava; 20 mm para 10 dB;	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
indicação dos resultados que devem ser considerados como limites da medição devido a presença do ruído de fundo, apresentados como L'n ou L'nT ≤ ... dB; isto aplica-se o nível de pressão sonora em uma banda qualquer não é mensurável.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
indicação da transmissão marginal (se medida) da mesma forma que L'n. Indicar também, o mais claramente possível, qual ou quais os componentes do ruído transmitido que se encontram incluídos nos valores da medição de transmissão marginal.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 23 – Classificação dos relatórios quanto aos resultados



(fonte: elaborado pela autora)

Quadro 8 – Análise dos relatórios de ensaio: planilha ajustada – análises

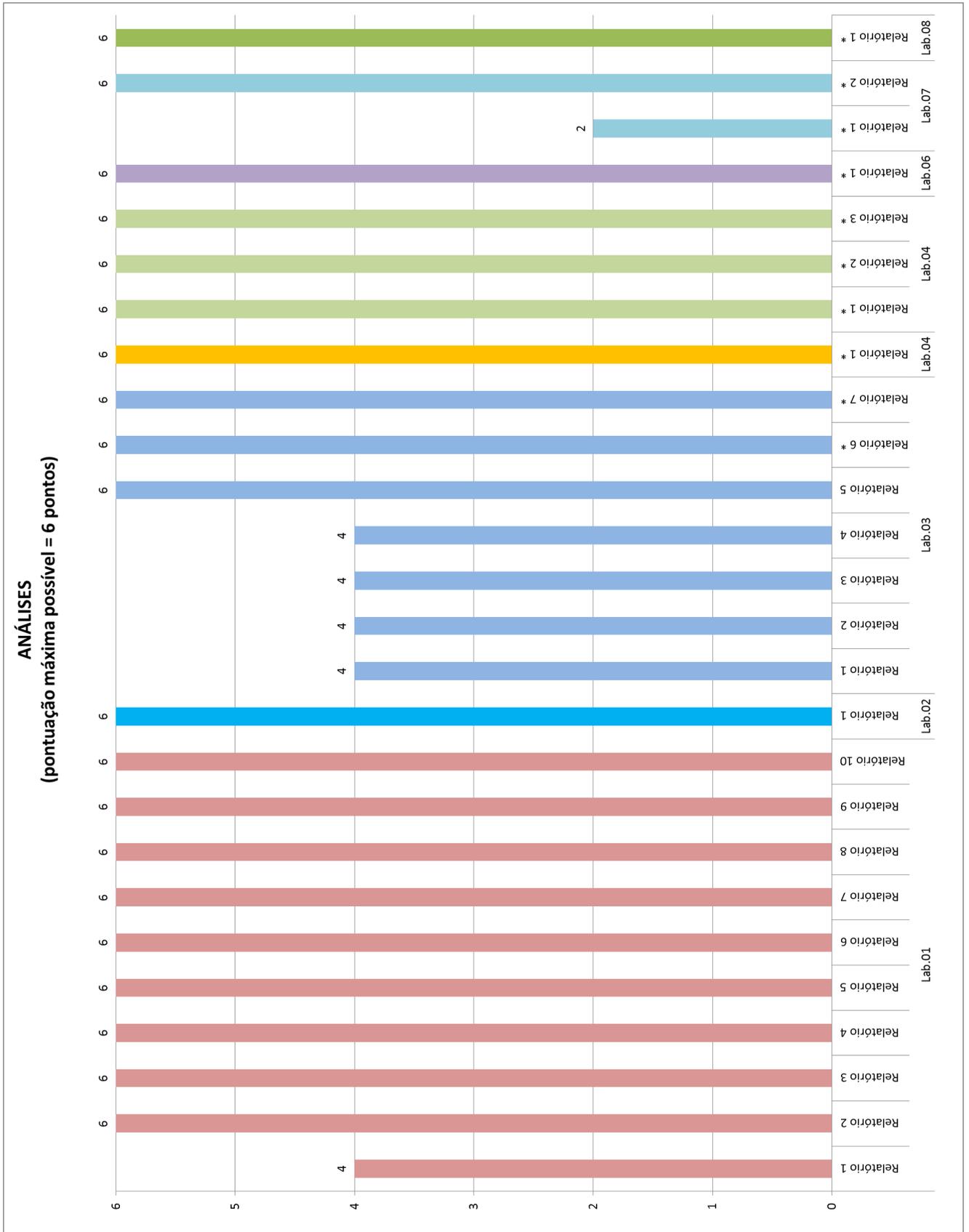
ANÁLISE DOS RELATÓRIOS DE ENSAIO	Lab.01										Lab.03							Lab.04	Lab.05			Lab.06	Lab.07		Lab.08	
	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6	Relatório 7	Relatório 8	Relatório 9	Relatório 10	Relatório 1	Relatório 2	Relatório 3	Relatório 4	Relatório 5	Relatório 6*	Relatório 7*	Relatório 1*	Relatório 1*	Relatório 2*	Relatório 3*	Relatório 1*	Relatório 1*	Relatório 2*	Relatório 1*	
breve descrição sobre o resultado encontrado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
apresenta a tabela com os critérios de nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado da norma de desempenho (NBR 15575-3)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
indica a classificação do nível de desempenho do sistema de acordo com a NBR 15575	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Legenda - Análise quantitativa	Legenda - Elaboração da planilha (itens de análise)
0 não atende	itens inseridos à partir da interpretação dos itens que são cobrados pela ISO 140-7
1 atende em parte	itens inseridos pela autora
2 atende inteiramente	itens referentes à NBR 15575

OBS: relatórios com asterisco (*) datam de 2013 em diante, após a entrada em vigor da Norma de Desempenho

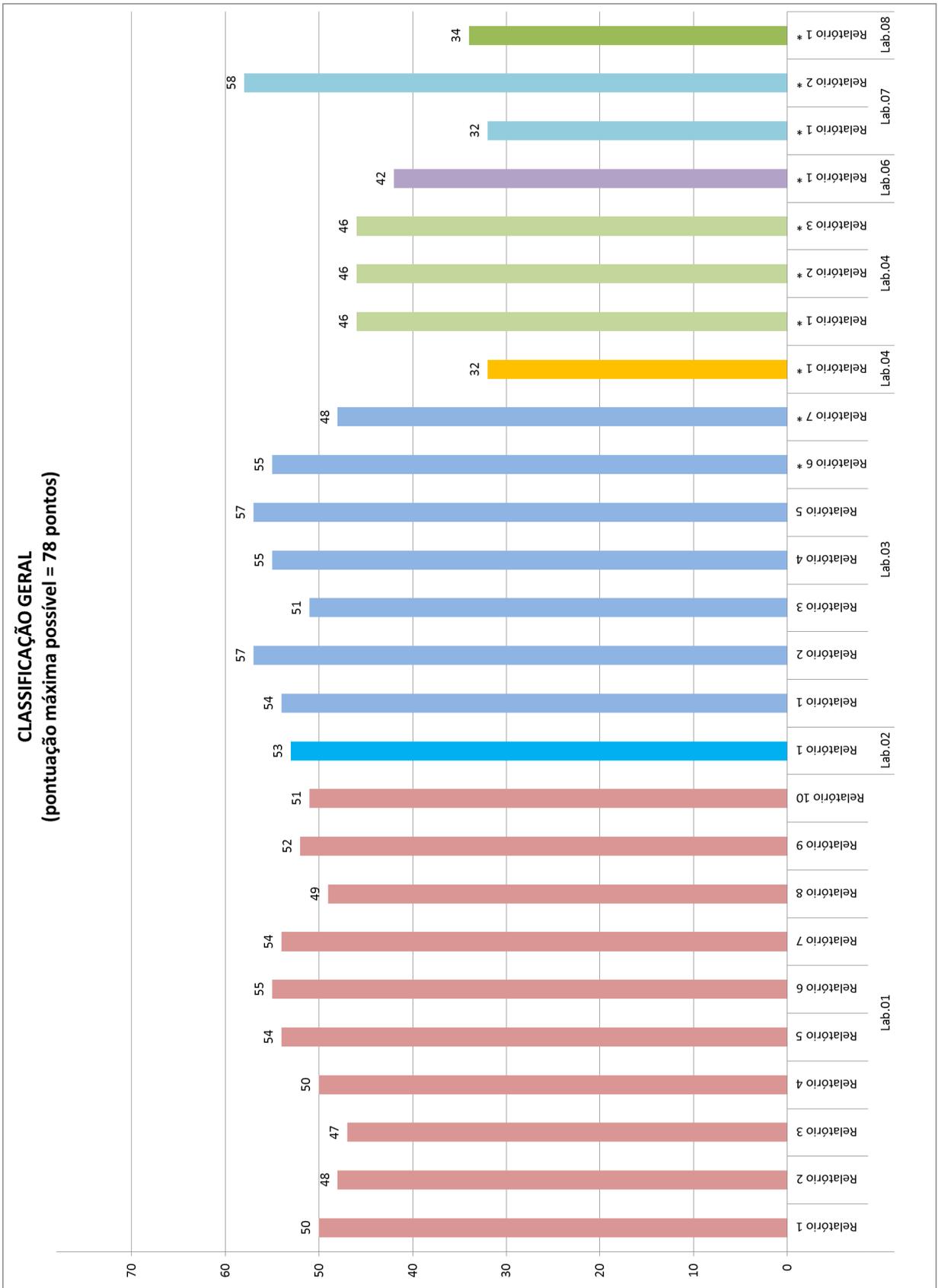
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 24 – Classificação dos relatórios quanto às análises



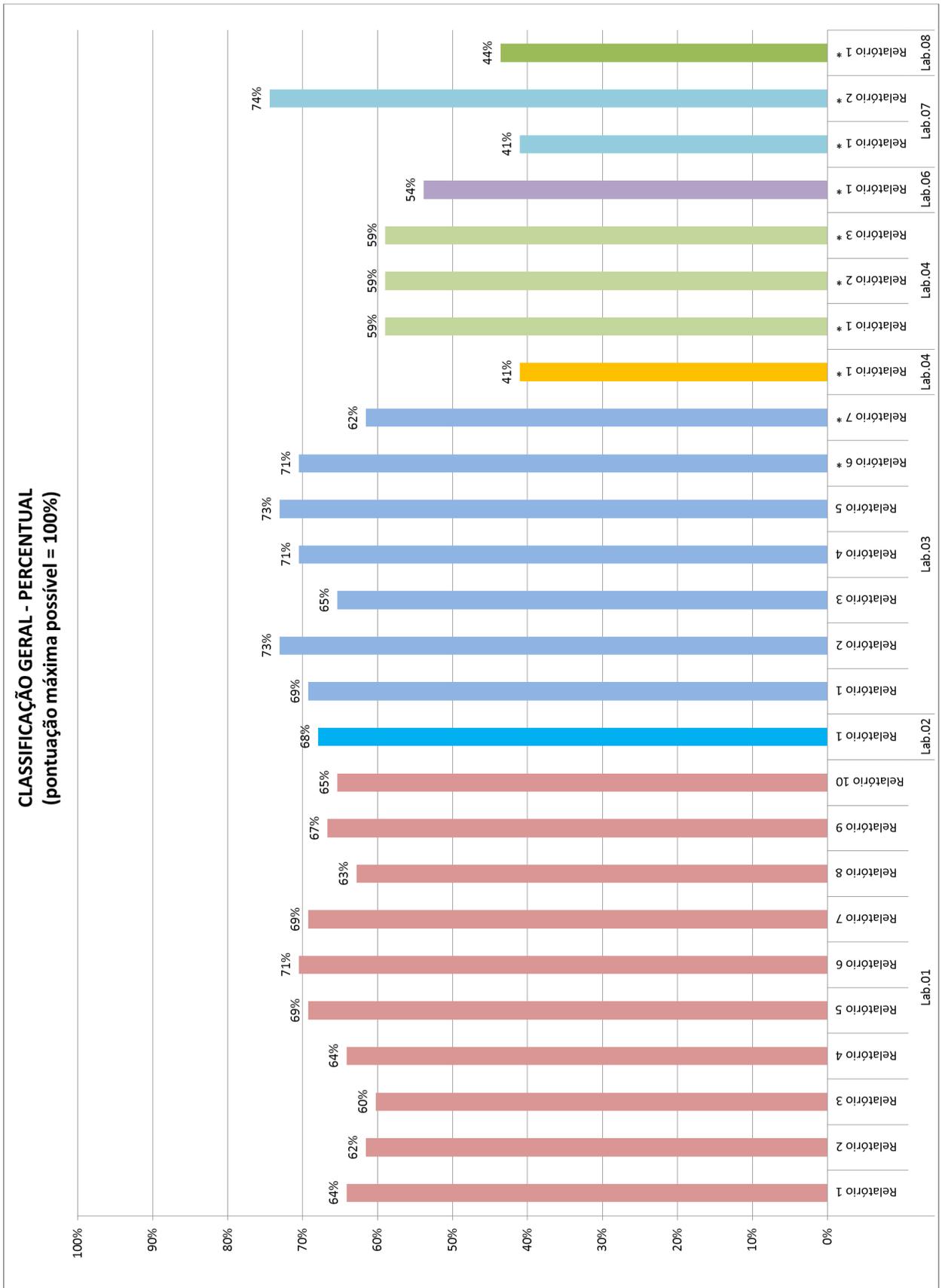
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 25 – Classificação geral dos relatórios



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 26 – Classificação geral dos relatórios - percentuais



(fonte: elaborado pela autora)

Analisando separadamente os grandes itens de introdução, descrição do sistema construtivo e peças, método e procedimento de ensaio, equipamentos, resultados e análises podemos obter algumas conclusões. No item de introdução a maior parte dos relatórios apresenta boa pontuação, porém apenas dois obtiveram pontuação a máxima considerada.

Na introdução o item que apresenta menor atendimento entre todos os relatórios é o referente à indicação do endereço da entidade ou pessoa que solicitou o ensaio, este item está expresso na norma de ensaios ISO 140-7, conforme comentado no capítulo de metodologia. Os outros itens apresentam em geral boa inclusão nos relatórios de ensaio.

No grupo de descrição do sistema construtivo e peças a maior parte dos relatórios avaliados acabou ficando um pouco acima da média, porém nenhum relatório apresentou corretamente todos os itens cobrados, não obtendo assim a pontuação máxima desejada. A norma de desempenho indica que o ambiente de realização do ensaio deve estar conforme será entregue para o proprietário – acabado –, porém muitos ensaios foram realizados com tapumes para vedação de vãos de portas e janelas e sem revestimentos nas paredes, por isso receberam nota zero neste quesito.

Outro item cobrado expressamente pela norma de ensaio ISO 140-7 e que não estava presente em muitos dos relatórios analisados é o volume da sala receptora, ele tem grande influência nos valores de desempenho encontrados para os sistemas e deve ser considerado nas análises. Quanto ao item referente ao tipo de estrutura, nenhum relatório apresentou nota dois, a grande parte não apresentava muitas características da estrutura, descrevendo na maioria dos casos apenas a espessura da laje, sem informar tipo de estrutura utilizado, suas ligações, características do concreto e demais informações.

As informações do sistema de vedação vertical não foram informadas por grande parte dos relatórios e somente quatro descreveram corretamente o sistema, indicando tipos de materiais utilizados e suas características. O sistema que melhor foi descrito nos relatórios de ensaio foi o de pisos, mesmo assim muitos laboratórios não apresentaram todas as características do mesmo, obtendo nota um na avaliação nesse caso.

As normas não pedem que seja inserida planta baixa do local de realização do ensaio e croqui com detalhe do sistema construtivo, porém muitos relatórios apresentavam algum desses dois itens, ou os dois e decidiu-se inclui-lo na planilha por trazer uma melhor visualização dos

dados e do ambiente. De modo geral os relatórios ficaram muito a desejar nas descrições dos sistemas construtivos, independente do ano de realização dos mesmos, podemos perceber também que analisando os resultados para relatórios de mesmo laboratório temos muitas variações de forma de apresentação.

No grupo de métodos e procedimentos de ensaio a maior parte dos relatórios avaliados acabou ficando na média ou abaixo desta e quatro relatórios obtiveram pontuação zero neste item, não apresentando nenhuma informação sobre o mesmo. O item de descrição e detalhes do procedimento de ensaio, sendo considerado como um breve resumo do mesmo, é apresentado pela maior parte dos relatórios, assim como a descrição da faixa de frequência utilizada. Os itens referentes ao posicionamento das fontes de impacto e fonte sonora foram descrito completamente em apenas um relatório de ensaio, porém ao se fazer a análise pode se observar que o posicionamento da fonte de impacto utilizado não estava conforme o que é indicado na norma de ensaio ISO 140-7, demonstrando o desconhecimento do laboratório.

Quanto ao número mínimo de medições realizado, grande parte dos ensaios não indica ou, indica, mas o mesmo não está abaixo ao que é cobrado pela norma, obtendo nota zero para o item. Outros indicam que foi realizado o número mínimo cobrado pela norma, porém não deixam explícito o número de medições, sendo classificados com nota um.

Sobre os tempos de medição para cada posição do microfone apenas um relatório apresentou, recebendo nota dois, todos os outros ficaram com nota zero neste item. A medição do ruído de fundo e do tempo de reverberação é apenas comentada na maioria dos relatórios, recebendo nota um, apenas um deles apresenta os resultados das medições destes, recebendo nota dois. No geral os relatórios analisados deixaram muito a desejar na descrição dos métodos e procedimentos de ensaio.

Na descrição dos equipamentos apenas um relatório obteve a nota máxima para o item e dois relatórios não apresentaram nenhum dos itens cobrados, obtendo nota zero. A descrição dos equipamentos utilizados foi feita corretamente na maioria dos relatórios, porém alguns não apresentavam todos os equipamentos utilizados, obtendo então nota um para o item. O requisito de demonstração da cópia dos certificados de calibração dos equipamentos foi o que foi menos apresentado nos relatórios, obtendo na maioria nota zero. Quanto ao item de

apresentação do número dos certificados de calibração, alguns relatórios obtiveram nota um porque apresentaram número de certificado de apenas um equipamento.

Analisando relatórios de mesmo laboratório pode-se observar que o laboratório 3 apresentou melhorias nos requisitos cobrados para o item de equipamentos e o laboratório 7, que no relatório 1 obteve nota zero, obteve nota máxima no segundo relatório, tendo 100% de melhoria. Os laboratórios 1 e 5 não apresentaram melhorias dos requisitos cobrados para os equipamentos.

No item de resultados a maior parte dos relatórios obteve nota média ou abaixo desta e nenhum obteve nota máxima. Todos os relatórios apresentam o resultado final do nível de pressão sonora ponderado para o sistema de piso ensaiado, porém nem todos apresentam os níveis de pressão sonora expressos na forma de gráficos e tabelas. Alguns relatórios obtiveram nota um para a apresentação dos níveis de ruído de impacto na forma de gráfico pois os mesmo não apresentavam os valores em decimais, como é cobrada a apresentação na norma ISO 140-7.

Outro item em que grande parte dos relatórios obteve nota zero foi o de descrição dos gráficos indicando os valores em decibels, em função da frequência, em escala logarítmica, usando 5 mm para bandas de um terço de oitava e 20 mm para 10 dB. Para este item a maioria dos relatórios apresentou os gráficos, porém utilizando outras medidas de eixo para representação dos mesmos. Os itens que fazem referência ao ruído de fundo e a transmissão marginal não foram apresentados em nenhum dos relatórios, ficando todos com nota zero nestes.

Quanto ao item de análise a maioria dos relatórios apresenta nota máxima, apresentado todos os itens avaliados, somente seis dos relatórios analisados possuem avaliação menor. É também observado que, mesmo muitos dos relatórios tendo sido realizados antes da atual versão da norma de desempenho NBR 15575, esses apresentam classificação e referência aos mesmos. Isso pode ser explicado porque a versão anterior da norma já apresentava os requisitos de desempenho acústico considerados para o sistema de piso.

Da classificação geral dos relatórios pode-se observar que nenhum deles obteve a pontuação máxima para a avaliação e que seria esperada como resultado dessas análises visto que os laboratórios são certificados para a realização do ensaio. Alguns relatórios ficaram muito

aquém dos resultados esperados, a pontuação mínima obtida foi de 32 pontos e a máxima 58 pontos, de um total de 78 pontos.

Vale ressaltar que a pontuação mínima e a máxima foram obtidas por relatórios de mesmo laboratório, sendo o relatório de menor pontuação de 2013 e o de maior pontuação de 2015, demonstrando melhorias na representação dos relatórios de ensaio da instituição. A mesma melhoria não pode ser observada no laboratório 1, visto que apresenta grande variação na representação dos ensaios e essa não apresenta dependência com o ano de realização do ensaio. O laboratório 3 apresenta significativo aperfeiçoamento com o passar do tempo, como pode ser observado na comparação da planilha de classificação geral e na tabela com as informações dos laboratórios.

De maneira geral podemos constatar que os laboratórios não estão atingindo os requisitos mínimos de representação dos resultados, de acordo com as normas de ensaio ISO 140-7 e de desempenho NBR 15575. Pode-se também observar que alguns ensaios apresentaram procedimentos de execução diferentes do que está descrito na norma de ensaio ISO 140-7, demonstrando que estão despreparados para a realização dos ensaios.

8 CONCLUSÕES

Através do estudo realizado foi possível verificar o atendimento dos relatórios de ensaio de desempenho acústico de sistema de piso à norma de desempenho NBR 15 575 e a norma ISO 140-7. O estudo constatou que, da amostra realizada, nenhum dos relatórios consegue cumprir todos os requisitos avaliados para o relatório de ensaio.

Também observou-se que dos 26 relatórios avaliados apenas dois apresentavam a avaliação do desempenho acústico para o ruído aéreo do sistema de piso. A norma de desempenho NBR 15 575 especifica que o sistema de piso deve ser avaliado quanto ao desempenho acústico ao ruído aéreo e ao ruído de impacto, então somente o atendimento do desempenho ao ruído de impacto não determina que o sistema tenha o desempenho adequado.

Foi visto que a norma de ensaio ISO 140-7 não deixa expressamente determinados os itens que devem estar presentes nos relatórios de ensaio, ficando a cargo do leitor a interpretação do que é cobrado, assim como feito pela autora para as outras amostras analisadas. Para uma melhor apresentação dos resultados obtidos nos ensaios é proposto que seja inserido este item com as considerações sobre os dados, na norma de desempenho, assim como a mesma traz para outros ensaios. Isso traria um melhor entendimento pelos laboratórios do que é cobrado pelas normas para o ensaio e possibilitaria também uma possível padronização dos relatórios para cada laboratório, visto que foi observado que não há padronização dos dados descritos em relatórios de mesmo local.

Apesar de a amostra ser pequena e compreender um período de tempo grande, de nove anos, podemos observar que alguns relatórios mais antigos apresentaram avaliação superior a de relatórios novos, feitos após a entrada em vigor da norma de desempenho NBR 15 575. Porém cabe ressaltar que a maior parte dos itens analisados são correspondentes a norma de ensaio ISO 140-7, que já estava em vigor quando foram realizados os ensaios e deveria ser utilizada como base para todos.

Foi observado também que alguns relatórios apresentavam descrição de execução, montagem e posicionamento de equipamentos, número de medições e apresentação dos resultados diferentes do que é cobrado na norma, tornando o procedimento e a validação dos resultados duvidosa. Outro item em que muitos relatórios deixaram a desejar foi no ambiente de

execução do ensaio, a norma de desempenho NBR 15575 determina que o ambiente deve estar acabado, porém muitos ensaios foram realizados em ambientes inacabados, podendo apresentar distorções do real desempenho do sistema.

Enfim conclui-se que os laboratórios analisados não estão totalmente preparados para a execução dos ensaios acústicos de impactação em sistemas de piso, devendo rever os conceitos dispostos nas normas NBR 15575 e ISO 140-7 para aprimorar suas análises. Vale ressaltar que todos os laboratórios avaliados são certificados para a realização dos ensaios.

Como forma de aprimoramento dos estudos sobre o tema sugere-se para trabalhos futuros:

- a) a avaliação de uma amostra maior de relatórios e laboratórios de ensaio para melhor avaliação dos laboratórios no país;
- b) inclusão da análise da norma ISO 717-2, que é a norma indicada para a determinação do valor único de nível de pressão sonora;
- c) inclusão da avaliação do ruído aéreo em campo para sistemas de piso, complementando a avaliação dos requisitos acústicos da NBR 15575.

REFERÊNCIAS

- AKKERMAM, D. **Conforto Acústico nas Edificações Depende de Nova Cultura e Ação Integrada**. Ago. de 2014. Disponível em < <http://www.proacustica.org.br/noticias/clipping-sobre-ac%C3%BAstica-e-temas-relacionados/conforto-acustico-nas-edificacoes-depender-de-nova-cultura-e-acao-integrada.html>>. Acessado em 10 nov. 2015
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA RIO GRANDE DO SUL. **Caderno Técnico AsBEA-RS: norma de desempenho**. 1 ed. Porto Alegre, 2014, v. 1.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
- _____. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1987.
- _____. **NBR 15575a-1: edificações habitacionais – desempenho – parte 1: requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 15575b-3: edificações habitacionais – desempenho – parte 3: requisitos para os sistemas de pisos**. Rio de Janeiro, 2013.
- BERSAN F. **Acústica: um passeio pelo tempo**. 13 de abr. de 2008. Disponível em: <<https://www.somaovivo.org/artigos/acustica-um-passeio-pelo-tempo/>>. Acessado em: 10 nov. 2015.
- BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruído Isolamento Sonoro de Partições Arquitetônicas**. 1. ed. 2. reimpr. São Paulo: Blucher, 2011. (reimpr. 2012).
- BORGES C. A. **O conceito de desempenho de edificações e sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. 263 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BRASIL. Presidência da República, Congresso Nacional. **Lei n. 8.078**, de 11 de set. de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm>. Acessado em: 20 out. 2015.
- BRASIL. Presidência da República, Congresso Nacional. **Código Civil**. Lei n. 10.406, de 10 de jan. de 2002. Institui o Código Civil. Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acessado em: 20 out. 2015.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR15575/2013**. 2. ed. Fortaleza, 2013. 308f.
- CÓDIGO DE HAMMURABI. **XIII – Médicos e Veterinários; Arquitetos e Bateleiros**. Disponível em: <<http://www.dhnet.org.br/direitos/anthist/hamurabi.htm>>. Acessado em: 15 out. 2015.

CORNACCHIA, G. M. M. **Investigação in-situ do Isolamento Sonoro ao Ruído de Impacto em Edifícios**. 2009.161 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140-4** Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms. 1998 a.

_____. **ISO 140-7**. Acoustics - Measurement of sound insulation in building elements - Part 7 Field measurements of impact sound insulation of floors. 1998 b.

LORENZI, L. S. **Análise Crítica e Proposições de Avanço nas Metodologias de Ensaio Experimentais de Desempenho à Luz da ABNT NBR 15575 (2013) para Edificações Habitacionais de Interesse Social Térreas**. 2013.222 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MICHAELIS DICIONÁRIO DE PORTUGUÊS ONLINE. São Paulo: Melhoramentos, c2009.

MITIDIERI FILHO, C. V., HELENE, P. R. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil**. São Paulo, (1998). 38 f.

NUNES, M. F. de O.; ZINI, A.; PAGNUSSAT. A. **Desempenho Acústico de Sistemas de Piso: estudos de caso para isolamento ao ruído aéreo e de impacto**. XXV Encontro SOBRAC. 2014, Campinas. Laboratório de Tecnologia Construtiva, Universidade de Caxias do Sul. p. 140 – 147.

PROACUSTICA. **Manual ProAcústica** sobre a Norma de Desempenho. 2. ed, 2015.

SANTOS J. L. P. **Isolamento Sonoro de Partições Arquitetônicas**. ed. de UFSM, 2012.

SILVA M. A. C **NBR 15575 impõe novos desafios à construção civil**. 2010. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/nbr-15575-impoe-novos-desafios-a-construcao-civil/>>. Acessado em: 20 out. 2015.

SOUZA, L. C. L.de; ALMEIDA M. G. de; BRAGANÇA L. **Bê á bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura**. 1. ed. 2. reimpr. São Carlos: EdUFSCar, 2006. (reimpr. 2009).