XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ENSAIOS DE CAMPO E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA ISOLAÇÃO DO RUÍDO AÉREO DE VVI CONSTITUÍDAS POR BLOCO CERÂMICO DE 8 FUROS

Ênio Remígio (1); Marconi Mendonça (2); José Victor (3); Otávio Joaquim (4); Pedro Góis (5); Angelo Just (6).

(1) Graduando, Engenharia Civil, egremigio@gmail.com, Universidade de Pernambuco, Rua São Mateus, 1060, P103, Bairro Iputinga, Recife/PE, 50680-000, (81) 99500-4794
(2) Graduando, Engenharia Civil, mendonca.marconi@gmail.com, Universidade Católica de Pernambuco
(3) Graduando, Engenharia Civil, josevictorpoliupe@gmail.com, Universidade de Pernambuco
(4) Doutorando, Engenheiro Civil, otavio@tecomat.com.br, Universidade Federal de Pernambuco
(5) Mestrando, Engenheiro Civil, pedro@tecomat.com.br, Universidade Católica de Pernambuco
(6) Doutor, Engenheiro Civil, angelo@tecomat.com.br, Universidade de Pernambuco

RESUMO

O desempenho acústico das edificações impacta diretamente na saúde de seus usuários, uma vez que a longa exposição ao ruído pode aumentar o risco do desenvolvimento de doenças. Dentro desse aspecto, a isolação a ruídos das vedações internas e externas é uma característica importante a ser considerada na especificação dos projetos sendo, para esse dimensionamento, largamente utilizada a modelagem computacional realizado com base no método de cálculo preconizado pelas normas ISO 12354. O objetivo do presente estudo foi avaliar comparativamente resultados de isolação acústica de vedações verticais internas obtidos por simulação computacional e resultados de ensaio das mesmas vedações obtidas em ensaios realizados em campo, realizados segundo método de engenharia preconizado na ABNT NBR 15575-4. Para o estudo foram avaliadas 14 vedações verticais, todas compostas por alvenarias de blocos cerâmicos de 8 furos (09x19x19cm) revestidas com pasta de gesso ou argamassa cimentícia. Analisando os resultados das diferenças entre os valores obtidos na modelagem e nos ensaios de campo, foi obtido um desvio padrão de 1,78dB. Apenas uma das 14 vedações analisadas apresentou diferença entre os valores de modelagem e medido em campo maior que 2dB e, considerando tal amostra não representativa do universo e retirando-a da análise, o desvio padrão entre resultados cai para 1,11dB. Conclui-se, portanto, que a modelagem computacional pode vir a se configurar como uma ferramenta confiável para especificação das vedações internas considerando os devidos desvios, porém para uma melhor comprobação faz-se necessário o desenvolvimento de estudos com diferentes tipologias.
Palavras-chave: desempenho acústico, bloco cerâmico, ensaios de campo, simulação computacional.

ABSTRACT

The acoustic performance of buildings directly impacts the health of its users, since the long exposure to noise can increase the risk of diseases development. In this aspect, the noise insulation of the internal and external seals is an important characteristic to be considered in the specification of the projects. For this design, it is widely used the computational modeling performed based on the calculation method recommended by ISO 12354. The objective of the present study was to evaluate comparatively acoustic insulation results of internal vertical seals obtained by computational simulation and test results of the same seals obtained in field tests, performed according to the engineering method recommended in ABNT NBR 15575-4. For the study, 14 vertical fences were evaluated, all composed of masonry of 8 hole ceramic blocks (9x19x19cm) coated with gypsum paste or cementitious mortar. Analyzing the results of the differences between the values obtained in the modeling and the field tests, a standard deviation of 1.78dB was obtained. Only one of the 14 seals analyzed presented a difference between the modeling values and measured in the field greater than 2dB and considering this sample not representative of the universe and withdrawing it from the analysis the standard deviation between results falls to 1.11dB. It is concluded, therefore, that the computational modeling can be configured as a reliable tool for specification of the internal seals considering the due deviations, but for a better verification it is necessary to develop studies with different typologies..
Keywords: acoustic performance, ceramic block, field tests, computational simulation.

1. INTRODUÇÃO

O incômodo gerado pelo barulho dos vizinhos é uma realidade que atinge muitos brasileiros e, de acordo com Maschke e Niemann (2007), existe uma relação entre o incômodo muito intenso ocasionado por vizinhanças ruidosas e o diagnóstico de doença como hipertensão, depressão e enxaqueca. Foram 5101 adultos avaliados residentes de oito cidades europeias. A causa para essa relação não pôde ser provada no estudo, mas é muito provável que o longo tempo de exposição ao barulho dos vizinhos aumente o risco para desenvolver essas doenças.

Segundo Levy-Leboyer e Naturel (1991), os ruídos da vizinhança julgados como mais incômodos são aqueles que se julga não ser normal, os possíveis de evitar, os que ocorrem durante a noite e os julgados como alto. Os autores também afirmam que reações a origem do barulho não parecem estar conectadas com o nível de perturbação vivenciado, mas sim, com o grau de controle ao qual o morador sente sobre a situação e os motivos pelos quais a pessoa está fazendo barulho. Como resultado dessas reações, as diferenças individuais a respeito do isolamento sonoro são grandes mesmo se a isolação é a mesma.

Procurando criar um padrão que fornecesse uma base para o desempenho das edificações, em 2013, com a publicação da norma de desempenho - ABNT NBR 15575 – os requisitos de desempenho acústico de edificações se tornaram claros e objetivos. Estabeleceu-se também, que o cumprimento dos critérios relacionados a acústica deverão ser obtidos através da realização de ensaios em campo, conforme normas internacionais ISO 140, determinando a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nt,w}$) entre ambientes (ABNT NBR 15575:2013). No entanto, a própria International Organization for Standardization informa em seu site que essas ISO foram substituídas pelas ISO 16283 em 2014, sendo estas as atuais referências para realização dos ensaios.

Com a norma brasileira estabelecendo que o cumprimento de seus critérios para desempenho acústico se dê apenas após a conclusão da obra, os projetistas, então, necessitam de alternativas para tratar o problema na origem. Em sua dissertação, Silva (2014) expôs uma pesquisa na qual, dos profissionais que desenvolvem projetos acústicos no Brasil, 20,88% fazem uso de algum software de simulação computacional. A autora considera o valor como um percentual bem expressivo e conduz seu trabalho na utilização de simulações computacionais como método eficaz. Uma de suas constatações é que para o bloco cerâmico comum a diferença máxima entre os ensaios de campo e a modelagem computacional foi de apenas 2dB.

As normas ISO 12354:2017 são modelos de cálculo para estimar o isolamento acústico proporcionado pelos sistemas de vedação que compõe dois ambientes. Foram criadas com base nas normas europeias EN 12354:2000, constituem-se como a segunda versão destas. A ISO 12354-1 trata do isolamento acústico a ruído aéreo, enquanto a ISO 12354-2 aborda o isolamento a ruído de impacto. As normas possuem duas metodologias de cálculo, para o método simplificado serão obtidos valores globais do $D_{nt,w}$ como resultado, enquanto que para se chegar ao valor global pelo método detalhado é necessário proceder cálculos conforme a norma ISO 717-1, pois os valores obtidos de $D_{nt,w}$ se darão em bandas de 1/3 de oitava (ISO 12354:2017).

A precisão dos modelos de cálculo propostos pelas ISO 12354 é dependente de fatores como dados de entrada, geometrias dos modelos, execução construtiva, precisão dos ensaios de campo, entre outros. Tipos de elementos construtivos e suas junções impactam de forma diferente com relação a sua complexidade. Sistemas considerados homogêneos, como paredes simples de alvenaria, tem variação de 2dB esperada para o resultado do valor global, enquanto sistemas mais complexos como paredes duplas ou leves, por exemplo, apontam uma margem de 4dB em relação aos resultados de campo (ISO 12354:2017).

O presente trabalho investigará um tipo de solução homogênea, como assim considera a ISO 12354, alvenaria em bloco cerâmico 09x19x19cm, a fim de comparar os resultados entre o método detalhado de cálculos e o de ensaios de campo, tendo em vista que na execução do projeto não é necessariamente garantido o controle efetivo dos materiais, se observará também outros fatores na construção do artigo que podem afetar a precisão dos resultados, para enfim comparar com a margem que a norma estabelece.

2. OBJETIVO

Esse artigo tem como objetivo comparar os resultados de simulação computacional com ensaios de campo a respeito da isolação de ruído aéreo promovido pela vedação vertical interna (VVI) em 14 situações, nas quais foi empregado como elemento estruturante à VVI o bloco cerâmico de 8 furos horizontais (09x19x19cm), a fim de estabelecer um desvio padrão entre os dois métodos de análise para esse tipo de vedação.

3. MÉTODO

O processo de construção desse artigo foi distribuído em quatro etapas, sendo estas:

1. Descrição dos ambientes e dos sistemas de vedação estudados;

2. Análise dos ensaios de campo, na qual verificou-se a metodologia empregada e instrumentos utilizados para execução da mesma;
3. Simulação computacional, para qual desenvolveu-se a modelagem dos ambientes ensaiados a partir da utilização dos softwares SONarchitect, AutoCAD e INSUL;
4. Cálculo do desvio padrão entre os métodos após a compilação dos resultados.

3.1. Descrição dos Ambientes

Visando elucidar melhor os ambientes a serem estudados e para obtenção de dados necessários à modelagem, foi feita a descrição dos materiais utilizados nos sistemas de vedações (horizontal e vertical). Também utilizou-se da ferramenta AutoCAD e das plantas de projeto para descrição de informações como altura do pé esquerdo e algumas dimensões das vedações.

3.2. Ensaio de Campo

A norma ABNT NBR 15575 orienta que os ensaios de isolação de ruído aéreo promovido pela vedação vertical interna devem ser realizados de acordo com os procedimentos descritos pelas normas ISO 140-4, entretanto esta foi substituída pela ISO 16283-1 em 2014. Os resultados são obtidos em bandas de 1/3 de oitava, sendo assim necessário aplicar o procedimento de cálculos proposto pela ISO 717-1:2006 para obtenção do valor global da isolação. Os instrumentos utilizados na realização dos ensaios estão de acordo com a instrumentação necessária proposta pela norma internacional, estando eles descritos na Tabela 01:

Tabela 01 - Instrumentos utilizados nos ensaios de campo

Equipamentos	**Fabricante**
Medidor de Nível de Pressão Sonora (Sonômetro) – Classe 1	01dB
Calibrador Acústico – Classe 1	01dB
Dodecaedro (Omni-12)	01dB
Amplificador	01dB
Software dBBati	01dB

3.3. Simulação Computacional

Para as simulações computacionais foram utilizados três softwares, AutoCAD, INSUL e SONarchitect, este último, o principal para o cálculo do isolamento. O AutoCAD, útil na primeira etapa do processo, foi o software que funcionou como ferramenta para o desenho, o INSUL foi necessário para o cálculo do Índice de Redução Sonora (Rw) dos sistemas de vedações que compõe a edificação e por fim, os cálculos referentes ao isolamento acústico foram efetuados pelo o SONarchitect, um software desenvolvido com a base de cálculo proposta pela EN 12354 e com interface gráfica que permite a modelagem do objeto em análise.

O processo para simulação pode ser divido nas seguintes etapas:

1. Com a utilização do software AutoCAD e a planta baixa do pavimento ao qual o ambiente pertence, traça-se uma linha no eixo de cada parede a fim de simplificar o desenho dessa planta. Esta consistirá em um novo desenho, em formato de arquivo dxf, contendo apenas as vedações verticais internas e externas para utilização posterior no software SONarchitect;
2. Através do software INSUL os sistemas de vedação foram caracterizados e, a partir dessas informações, foi criado no SONarchitect esses materiais a serem utilizados como valores de entrada na modelagem a ser realizada. O processo de caracterização é de grande importância, pois os dados de entrada têm influência na precisão dos resultados, entretanto, existe uma escassez quanto a obtenção de dados laboratoriais dos materiais de construção brasileiros. Os parâmetros para caracterização utilizados foram então obtidos pelo banco de dados do INSUL e através de referências bibliográficas como o Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais (CBIC, 2013) e a Tese Nível de Conforto Acústico: Uma Proposta Para Edifícios Residenciais (NETO, 2009).
3. A modelagem computacional do empreendimento é feita no SONarchitect, iniciando-se com o desenho da planta baixa "simplificada" e posteriormente, inserindo os demais inputs, como a altura de pé esquerdo e os materiais criados que compõe a edificação.

4. Após a inserção de todos os dados, o software calcula e nos fornece os resultados de isolação detalhados para cada recinto, vedação, flanco e caminho de transmissão, porém nos atentaremos nesse estudo a somente ao valor global da isolação entre ambientes.

3.4. Cálculo do Desvio Padrão

Com os resultados, a análise se dará por uma comparação entre os métodos, a diferença entre os valores de $D_{nT,w}$ obtidos em campo pelos da simulação computacional é denominada $\Delta D_{nT,w}$ ($\Delta D_{nT,w} = D_{nT,w\text{-}Campo} - D_{nT,w\text{-}Simulação}$). A partir dos valores do $\Delta D_{nT,w}$ é que será calculado o desvio padrão entre os métodos. Após essa primeira análise, caso seja observada a possibilidade de novos cálculos, a partir de cenários mais restritivos, será recalculado o grau de dispersão do novo conjunto.

4. RESULTADOS

4.1. Descrição dos Ambientes

Para melhor entendimento do objeto em estudo foram descritos na 02 os materiais que compõe os sistemas de vedação de cada situação estudada, dados obtidos a partir de análise de projetos de arquitetura, estrutura e informações do cliente. Auxiliado pelo software AutoCAD e das plantas de cada empreendimento pode-se encontrar valores a respeito da dimensão de cada ambiente, expostos na Tabela 03.

Tabela 02 – Descrição dos Sistemas de Vedação

Situação	Revestimento da VVI	Descrição da Vedação Horizontal
1	Pasta de Gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (30mm) + Laje Nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de Ar (100mm) + Forro de Gesso
2	Pasta de Gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (30mm) +Laje Nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de Ar (150mm) + Forro de Gesso
3	Pasta de Gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (20mm) +Laje Nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de Ar (150mm) + Forro de Gesso
4	Pasta de Gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (30mm) +Laje Nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de Ar (180mm) + Forro de Gesso
5	Pasta de Gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (50mm) +Laje Nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de Ar (240mm) + Forro de Gesso
6	Pasta de Gesso (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (50mm) +Laje Nervurada (Capeamento de 50mm) + Espaço de Ar (240mm) + Forro de Gesso
7	Argamassa Cimentícia (Espessura de 15mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (50mm) +Laje Nervurada (Capeamento de 60mm) + Espaço de Ar (100mm) + Forro de Gesso
8	Argamassa Cimentícia (Espessura de 20mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (65mm) +Laje Nervurada (Capeamento de 60mm) + Espaço de Ar (120mm) + Forro de Gesso
9	Argamassa Cimentícia (Espessura de 20mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (40mm) +Laje Alveolar (Capeamento de 75mm) + Espaço de Ar (100mm) + Forro de Gesso
10	Pasta de Gesso (Espessura de 10mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (45mm) +Laje Nervurada (Capeamento de 70mm) + Espaço de Ar (200mm) + Forro de Gesso
11	Pasta de Gesso (Espessura de 10mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (45mm) +Laje Nervurada (Capeamento de 70mm) + Espaço de Ar (200mm) + Forro de Gesso
12	Pasta de Gesso (Espessura de 10mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (45mm) +Laje Nervurada (Capeamento de 70mm) + Espaço de Ar (200mm) + Forro de Gesso
13	Argamassa Cimentícia (Espessura de 20mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (35mm) +Laje Treliçada (Capeamento de 60mm) + Pasta de Gesso (10mm)
14	Argamassa Cimentícia (Espessura de 20mm em cada face)	Revestimento Cerâmico + Contrapiso (35mm) +Laje Treliçada (Capeamento de 60mm) + Pasta de Gesso (10mm)

Tabela 03 – Dimensão dos Ambintes Estudados

Situação	Altura de Pé Esquerdo (m)	Volume do Ambiente 1 (m^3)	Volume do Ambiente 2 (m^3)	Comprimento da Parede de Geminação (m)
1	3,00	103,92	103,92	6,67
2	2,88	84,34	84,34	8,01
3	3,00	84,03	84,03	4,92
4	3,00	83,90	83,90	6,90
5	3,00	46,97	83,08	5,00
6	3,00	46,97	83,08	5,00
7	2,89	57,27	63,64	5,65
8	3,00	180,00	180,00	4,63
9	3,04	67,78	61,73	4,80
10	3,00	115,45	115,45	8,57
11	3,00	48,37	48,37	5,27
12	3,00	48,37	48,37	5,27
13	2,60	56,10	56,10	3,95
14	2,60	56,10	56,10	3,95

4.2. Ensaios de Campo

O procedimento para os ensaios de campo estudados foram realizados de acordo com as normas internacionais vigentes mais atualizadas para época da execução, as informações com o ano de execução, as normas adotadas e os resultados encontrados estão expressos na Tabela 04.

Tabela 04 – Ensaios de campo

Situação	Ano de Execução	Normas Adotadas	$D_{nT,w\text{-}Campo}$ (dB)
1	2011	ISO 140-4:1998 e ISO 717-1:2006	38
2	2012	ISO 140-4:1998 e ISO 717-1:2006	36
3	2012	ISO 140-4:1998 e ISO 717-1:2006	36
4	2013	ISO 140-4:1998 e ISO 717-1:2006	36
5	2017	ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2006	38
6	2017	ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2006	41
7	2017	ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2006	38
8	2017	ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2006	44
9	2018	ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2006	41
10	2018	ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2006	38
11	2018	ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2006	36
12	2018	ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2006	35
13	2018	ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2006	42
14	2018	ISO 16283-1/2014 e ISO 717-1/2006	39

4.3. Simulação Computacional

Conforme citado anteriormente (Ítem 3.3), a simulação computacional consiste em três etapas, após a primeira de desenho, passou-se para a de criação dos sistemas de vedação no SONarchitect. O banco de dados do software foi alimentado com a utilização do INSUL, nesse processo foi necessário caracterizar os materiais que compõe os sistemas descritos na Tabela 02 para então determinar os respectivos índices de redução sonora das vedações. Dentre os materiais utilizados, a única densidade que não pôde ser obtida através das fontes preconizadas no Ítem 3.3 foi do bloco estudado. O peso dos blocos cerâmicos também não foi encontrado nos projetos e não foi possível rastrear o fornecedor dos blocos no momento do ensaio. Dessa forma, foi realizada uma pesquisa com 3 empresas da região qualificadas no PSQ - Programa Setorial da

Qualidade, duas apresentaram em seu catálogo o peso de 2,00Kg e uma 2,20Kg para o bloco cerâmico 9x19x19. Isto posto, para o presente estudo, foi adotado o peso de 2,00Kg para o bloco cerâmico 9x19x19. Dados utilizados para caracterização estão expostos na Tabela 05.

Tabela 05 – Densidade dos Materiais

Material	**Densidade (kg/m³)**
Bloco Cerâmico (09x19x19cm)	616
Argamassa Cimentícia	1600
Pasta de Gesso	1100
Concreto Armado	2500
Forro de Gesso	900
Placa Cerâmica	1800

Obteve-se então os Rw devidos para cada sistema de vedação e assim completou-se a modelagem no SONarchitect, como pode ser observado nas Figuras 1 e 2, possibilitando calcular e obter os resultados de isolamento entre ambientes internos, presentes na Tabela 06.

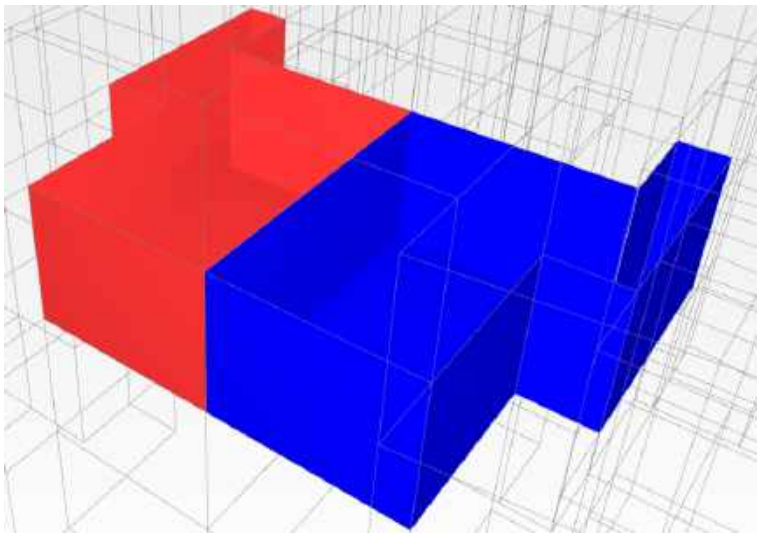


Figura 02 – Modelagem no SONarchitect: Análise entre ambientes

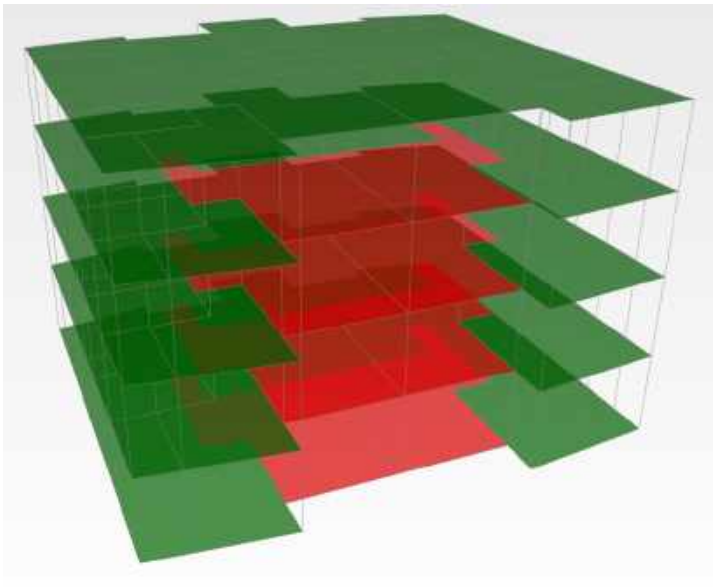


Figura 01 – Modelagem no SONarchitec: Edifício completo

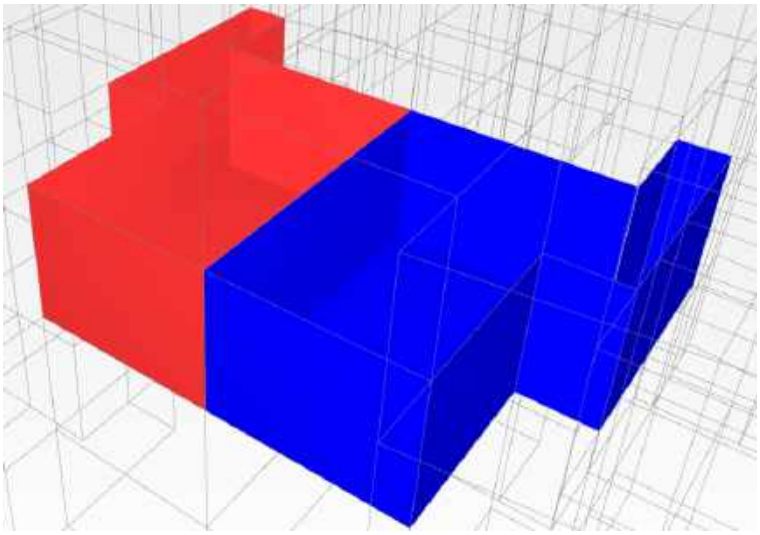


Figura 02 – Modelagem no SONarchitect: Análise entre ambientes

Tabela 06 – Simulação Computacional

Situação	Rw da VVI (dB)	Rw da VH (dB)	$D_{nT,w\text{-}Simulação}$ (dB)
1	37	56	38
2	37	56	37
3	37	56	38
4	37	56	37
5	37	57	36
6	37	57	36
7	38	58	38
8	38	59	43
9	38	59	40
10	37	61	38
11	37	61	36
12	37	61	36
13	38	51	40
14	38	51	40

4.4. Cálculo do Desvio Padrão e Análise dos Resultados

Diante dos resultados dos métodos de análise, foi possível encontrar a diferença entre ambos e, a partir disso, calcular o desvio padrão entre eles. A Tabela 07 traz os valores para $\Delta D_{nT,w}$ em decibéis.

Tabela 07 – $\Delta D_{nT,w}$

Situação	$D_{nT,w\text{-}Campo}$ (dB)	$D_{nT,w\text{-}Simulação}$ (dB)	$\Delta D_{nT,w}$ (dB)
1	38	38	0
2	36	37	+1
3	36	38	+2
4	36	37	+1
5	38	36	-2
6	41	36	-5
7	38	38	0
8	44	43	-1
9	41	40	-1
10	38	38	0

11	36	36	0
12	35	36	+1
13	42	40	-2
14	39	40	+1

O desvio padrão das diferenças entre os métodos é de 1,78dB. É possível apontar que somente nas situações 5 e 6 há uma grande diferença entre os volumes dos ambientes estudados, vide Tabela 03. Para esses dois casos, o ambiente 1 tem aproximadamente 56,5% do volume do ambiente 2, enquanto o terceiro pior caso encontrado, situação 7, tem o ambiente 1 saltando para aproximadamente 90% do volume do ambiente 2.

A ISO 12354 aponta que quanto maior a semelhança da geometria dos ambientes, menor será a influência desse fator na incerteza dos resultados. Recalculando o desvio padrão retirando as situações 5 e 6 do novo cálculo, encontra-se um valor ainda menor, de 1,11dB. As 12 situações restantes caracterizam-se pela semelhança entre a geometria dos ambientes em comparação, portanto pode-se enquadrar como uma característica de cenários de baixa complexidade.

A ISO 12354 estabelece, para metodologia de cálculo detalhada, que sistemas de alvenaria simples tem uma variação máxima de 2dB em relação aos ensaios de campo, considerando-os como de baixa complexidade em relação a sistemas leves ou paredes duplas. Entretanto, observando as situações 5 e 6 e as 13 e 14, verifica-se que para cada par, tem-se características de volume entre seus ambientes iguais, contudo há uma dispersão nos resultados do ensaio *in situ* de 3dB. Logo, a soma das incertezas é um fator que pode vir a comprometer a variação máxima dos resultados. Assim, todas as etapas do processo são fundamentais para melhor controle do produto final.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho consegue definir uma boa relação entre a simulação computacional e o ensaio de campo, o aprimoramento da análise em projeto é fundamental para obter-se melhor desempenho nas edificações a serem construídas. Das 14 situações estudadas, aproximadamente 92,86% se encontram dentro da margem de 2dB (para mais ou para menos) e se considerarmos apenas as situações de ambientes com geometria semelhantes, 100% dos 12 resultados restantes estarão de acordo com a margem. Sendo assim, pode-se dizer que o estudo aponta a simulação computacional como ferramenta confiável para análise de projetos em situações de geometria entre ambientes semelhantes, entretanto faz-se necessário a análise com diferentes tipologias para melhor comprobação dessa conclusão. O artigo não define conclusões sobre geometrias mais complexas.

Como recomendação para futuro estudos, observou-se na construção desse trabalho a necessidade do desenvolvimento de mais informações a respeito da caracterização dos materiais utilizados na construção civil no Brasil e também a possibilidade de validação da simulação computacional focando em casos de geometria entre ambientes mais distintas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MASCHKE, CHRISTIAN; NIEMANN, HILDEGARD. **Health Effects of Annoyance Induced by Neighbour Noise** – Noise Control Engineering Journal - 55(3):348-56 - 2007.

LEVY-LEBOYER, CLAUDE; NATUREL, VÉRONIQUE. **Neighbourhood Noise Annoyance** – Journal of Environmental Psychology - 11:75-86 - 1991;

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:2013**: Edifícios Habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE – Rio de Janeiro, 2013.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais** - Brasília, 2013.

NETO, MARIA DE FATIMA FERREIRA. **Nível de Conforto Acústico: Uma proposta para edifícios Residenciais** - Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

SILVA, RENATA COSTA DA. **Avaliação de Ferramenta de Simulação da Transmissão Sonora para Projetos de Isolamento Acústico em Edificações Habitacionais** - Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 12354-1:2017**: Building Acoustics – Estimation of Acoustic Performance of Building from the Performance of Elements. Part 1: Airbone Sound Insulation between rooms. 2017

_____. **ISO 140-4:1998**: Acoustics – Measureament of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airbone sound insulation between rooms.

_____. **ISO 717-1:2006**: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 1: Airbone sound insulation – Swiss,2006.

_____. **ISO 16283-1:2014**: Acoustics – Field measurement of sound insulation in building and of building elements – Part 1: Airbone sound insulation – Geneva, 2014.