

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONTRUÇÃO CIVIL**

NAIARA BRAGHIROLI FORNECK

**INTEROPERABILIDADE ENTRE SOFTWARES PARA ANÁLISE DE
DESEMPENHO ACÚSTICO NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EM BIM**

São Leopoldo

2016

Naiara Braghirolli Forneck

INTEROPERABILIDADE ENTRE SOFTWARES PARA ANÁLISE ACÚSTICA NO
DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EM BIM

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Construção Civil, pelo Curso de Especialização em Construção Civil - Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador(a): Prof(a). Dr^a. Maria Fernanda de Oliveira Nunes

São Leopoldo

2016

INTEROPERABILIDADE ENTRE SOFTWARES PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO ACÚSTICO NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EM BIM

Naiara Braghirolli Forneck*

Maria Fernanda de Oliveira Nunes**

Resumo:

O *Building Information Modeling (BIM)* está fundamentado na estruturação integrada da informação. Assim, o processo de projeto passa a ser caracterizado por dois principais modos de trabalho: pela colaboração entre os diversos agentes da rede da Construção Civil e pela interoperabilidade entre os diferentes softwares que são utilizados durante o ciclo de vida da edificação. Visando compreender o modo como ocorre a continuidade da informação ao longo do desenvolvimento do projeto e validar esta interoperabilidade, são realizadas análises quanto à interação entre o software de projeto Revit Architecture 2015 e o software para simulação acústica CypeCad Mep 2016. Inicialmente apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de colaboração, interoperabilidade e IFC (*Industry Foundation Classes*). Após será verificado o grau de informação que se mantém na transição do modelo entre os softwares, comparando-se os modelos originados no Revit com os mesmos modelos importados no CypeCad. Esta análise é enriquecida com a hipótese de que a metodologia de modelagem traz implicações para o sistema de simulação acústica. Ademais, será comparado o resultado das simulações entre os modelos com o intuito de validar a interoperabilidade. Os resultados mostram há interoperabilidade na troca de modelos IFC entre os softwares referidos acima. Entretanto é necessário que a caracterização acústica ocorra no próprio software de simulação. O trabalho suscita discussões sobre o fluxo de trabalho e metodologias de modelagem. Destaca a importância de investigações sobre o funcionamento do sistema de gerenciamento de banco de dados dos softwares, o qual é responsável pela organização da informação.

Palavras-chave: Building Informations Modeling. Simulação computacional. Acústica. Interoperabilidade. Projeto arquitetônico.

1. INTRODUÇÃO

1.1. A Informação no Processo Projetual

O BIM (*Building Information Modeling; Modelagem de Informação da Construção*) é definido como uma tecnologia de modelagem cuja característica primordial é a informação. Essa informação não é estática e dependente de alguma

* Arquiteta e Urbanista graduada pela UFRGS (2011). Atua na coordenação e desenvolvimento de projetos em BIM. e-mail: forneck.naiara@gmail.com

** Arquiteta e Urbanista graduada pela Unisinos (1994), Mestre em Construção pela UFSM (1998), Doutora em Engenharia pela UFRGS (2007), e-mail: mariaon@unisinos.br.

etapa do processo construtivo. Ela é construída ao longo do ciclo de vida de uma edificação pelos diversos agentes da construção civil, através de um modelo cujas informações são compartilhadas. Desta forma, todos colaboram com as informações necessárias ao desenvolvimento de um modelo BIM, de acordo com suas respectivas funções e atribuições.



Figura 1: Ciclo de Vida da Edificação. Identifica-se as três principais áreas - Projeto, Construção e Uso/Operação - e suas respectivas etapas de desenvolvimento. O BIM permeia todas estas áreas de conhecimento, de modo a integrar e sistematizar a informação. Fonte: MENEGHINI, 2015

De acordo com Paulo Nunes (2015), o termo “construir a informação” é utilizado no estudo de Sistemas de Informação¹ e refere-se à organização de um conjunto de dados de tal forma que passam a adquirir um valor maior em relação ao valor do dado em si. Neste sentido, pode-se compreender que o BIM está fundamentado no conceito de organização da informação de forma integrada através do uso de bancos de dados. Esse conceito de compreender a construção como um ciclo contínuo - e não isolado – remete a uma nova percepção sobre o processo projetual, a qual abrange todo o ciclo de vida da edificação e traz, naturalmente, a necessidade de ampliar as áreas de conhecimento de forma a permitir a troca de informação com fluidez entre os agentes da construção civil.

A importância da informação, para a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), pode ser compreendida em três níveis ou áreas de conhecimento conforme a concepção de administração e teoria organizacional (a seguir relacionadas) e tem sido fatores significativos para a adoção do BIM como a nova tecnologia da construção civil.

A primeira área de conhecimento da teoria organizacional, segundo Choo (2003), está centrada na utilização da informação para se adaptar ao mercado e ter vantagem competitiva, ou seja, baseia-se na compreensão das dinâmicas do mercado. No paralelo com a construção civil, percebe-se uma contínua busca por qualidade e produtividade, redução de custos e do retrabalho para aumentar as vantagens competitivas, conceitos que resultam num processo construtivo enxuto e, conseqüentemente, na industrialização da construção.

Paralelamente, o desenvolvimento das normas brasileiras regulatórias da qualidade da edificação, como por exemplo a Norma de Desempenho NBR 15.575, impulsionam a necessidade do controle de qualidade tanto dos processos construtivos como dos elementos da construção, uma vez que exigem mais conhecimento do comportamento dos componentes e sistemas construtivos por diversos agentes da construção civil. Além disso, percebe-se que há uma crescente conscientização de que a edificação deve ser compreendida de forma sistêmica, ou seja, considerando-se também o ciclo de vida.

Nesta primeira área com enfoque mercadológico, o BIM pode agregar valor ao processo produtivo, uma vez as informações técnicas precisam ser disponibilizadas pelos fornecedores para alimentar um banco de dados, o qual é utilizado tanto para análises de projeto, como para as verificações posteriores de manutenção. Ademais, o processo de produção pode ser otimizado uma vez que as informações para a produção poderão vir diretamente do modelo do projeto em BIM, trazendo ganhos ao processo produtivo e gestão dos insumos de obra.

A segunda área refere-se à construção do conhecimento, desenvolvendo novas capacidades. Nesta área, surge a etapa projetual, que é uma das que melhor se enquadram no desenvolvimento do conhecimento, trazendo mudanças no processo de projeto com a implantação da Modelagem de Informação da Construção. Isso ocorre, pois, um dos objetivos do BIM é a prática de projeto integrada, na qual todos os participantes colaboram no desenvolvimento do projeto. Assim, além da comunicação entre os agentes, a troca de informações entre os

softwares também é de importância relevante, o qual é conhecido como interoperabilidade.

Já no terceiro nível, sugere-se a compilação das informações para a tomada de decisão e elaboração de planos de ação. Conforme Choo (2003, p. 29) “toda decisão é um compromisso para uma ação”. Esse conceito nos remete à compatibilização entre todos os projetos, das diversas áreas de conhecimento da construção civil, além das simulações de análises. As simulações de análises são necessárias nas fases iniciais de projeto, onde são definidas a materialidade das edificações, e são importantes para tomada de decisões nesta etapa.

Essa sequência das áreas ou fases de uso da informação para a construção civil – atender ao mercado competitivo, gerar conhecimento e tomar decisões – são processos interligados e que ocorrem continuamente no ciclo de vida de uma edificação, mesmo após a construção.

1.2 Objetivos

Sendo a informação o elemento principal do BIM, a interoperabilidade torna-se o meio que permitirá que a Modelagem de Informação da Construção se consolide como processo de projeto. Este torna-se o objetivo geral do artigo: analisar o novo fluxo de trabalho baseado na colaboração entre os projetistas e na necessidade de interoperabilidade entre os softwares. Ademais, a premissa de que os princípios de modelagem alteram os resultados das simulações, é hipótese que demanda estudos para elucidar se o nível de desenvolvimento do modelo pode interferir nas interpretações dos softwares de simulação e, conseqüentemente, na necessidade de um modelo específico para simulação acústica. Para melhor delimitação, este estudo está focado nos sistemas de vedações verticais externos, como forma de aplicar o método proposto.

Associado ao atual cenário brasileiro, no qual têm-se padrões de desempenho requeridos pela NBR 15.575 como premissas de projeto o que por sua vez, estimula a validação das propostas de projeto através de simulações, pode-se indicar como objetivo específico deste artigo discutir e verificar a interoperabilidade entre os softwares Revit Architecture 2015 e o software CypeCad Mep 2016 através do IFC.

Não é objetivo deste artigo estudar as configurações do IFC ou comparar análises de simulações entre softwares de acústica, mas sim, verificar o grau de transmissão da informação entre estes diferentes softwares. O formato dos arquivos de comunicação é o IFC 2x3 o qual será utilizado no seu formato padrão de exportação.

2. O BIM NO PROCESSO DE TRABALHO

Conforme apresenta a Figura 2, o fluxo considerado ideal (Situação ideal) de informação durante o processo construtivo é caracterizado pelo desenvolvimento contínuo e crescente da informação, ou seja, apresentar valor agregado no decorrer do tempo. Diferente daquele que, muitas vezes, é a prática atual (Prática usual), na qual em cada etapa pode ocorrer perda de informação. Essa mesma lógica também pode ser aplicada ao desenvolvimento do projeto, conforme é caracterizado por Ayres (2009, p. 02) “o processo de projeto é essencialmente uma sequência de aprimoramentos de um conjunto de informações a ser transmitido para as fases subsequentes”, o que reforça a importância do gerenciamento da informação.

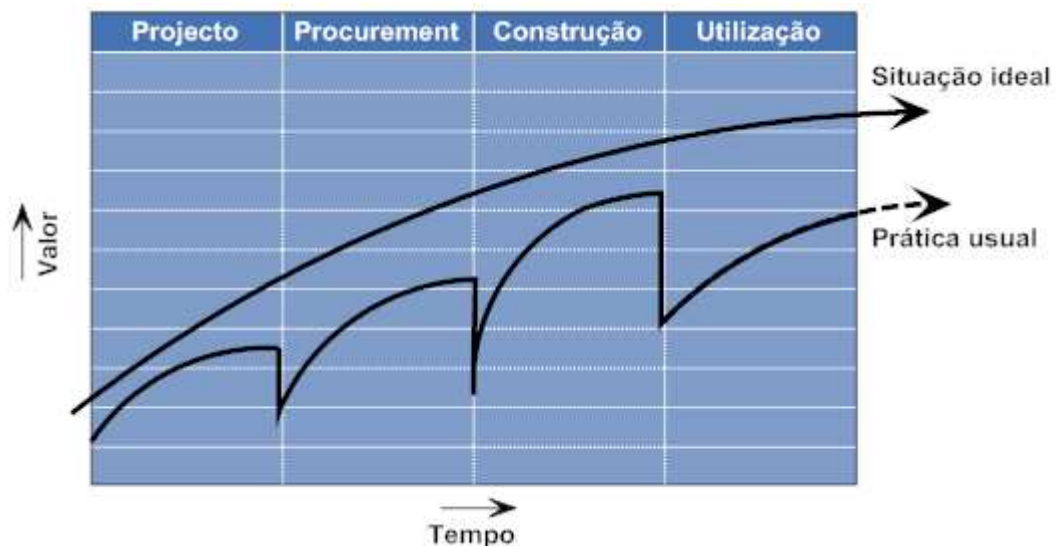


Figura 2: Fluxo de Informação no Processo Construtivo Fonte: POÇAS MARTINS, 2013.

2.1. Colaboração

Conforme Santos (2014), os problemas encontrados nas edificações têm, em geral, origem nos processos de projeto quando estes, “não possuem uma visão abrangente e integrada do binômio projeto/execução; evidente ausência de interação e comunicação entre os diversos agentes envolvidos”. O mesmo autor ainda complementa, “essa falta de comunicação entre projetistas pode causar, entre outros fatores, um aumento de custo do produto final.”

Conforme é apresentado no gráfico da Figura 3, a possibilidade de interferências no projeto diminui ao longo do tempo, ao passo que o custo de alterações, aumenta. De fato, os projetos possuem uma variada gama de definições ao longo do seu desenvolvimento e, assim, podem exercer forte influência no custo final do empreendimento. Isso nos faz refletir sobre a necessidade de antecipar a identificação das definições correspondentes à cada fase do desenvolvimento de projeto, de forma a minimizar o aumento de custo em função de uma definição tardia.

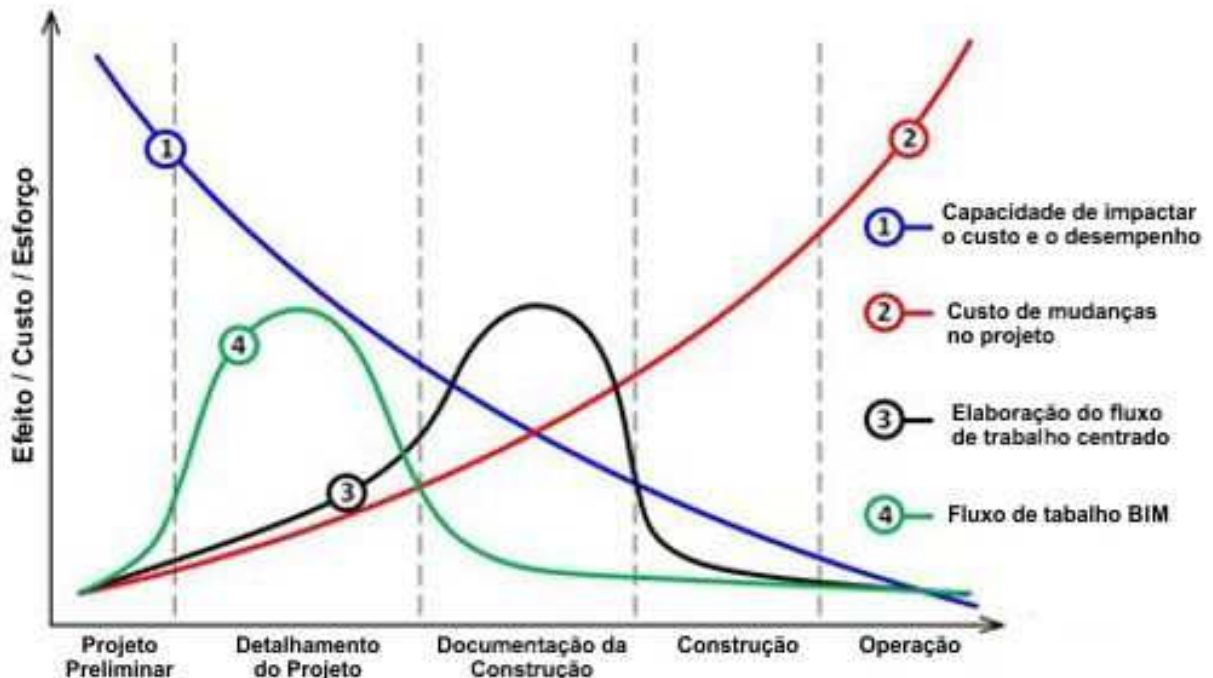


Figura 3: Custo das decisões. Mudança do fluxo de trabalho com o BIM visa antecipar as decisões. Fonte: STRAFACI, 2008.

Este novo fluxo com o BIM pode ser compreendido na leitura do gráfico da Figura 3, no fluxo representado pela linha verde, na qual a maior quantidade de

definições passa a ocorrer na etapa de desenvolvimento de projeto. Para que este novo fluxo de trabalho aconteça, baseado na informação, a colaboração entre os diversos agentes do processo projetual é fundamental. Com isso também, se torna possível acrescentar informações e extraí-las de acordo com a necessidade de cada disciplina, no decorrer do desenvolvimento do projeto. Do mesmo modo, a compreensão da edificação torna-se ampla e pode auxiliar na tomada de decisões e compatibilizações entre as disciplinas.

2.2. Interoperabilidade

O fluxo de trabalho em BIM visa antecipar, tanto definições tecnológicas, como validar, ainda em projeto, as decisões projetuais através de simulações. A demanda por estas simulações ocorre em maior quantidade nas fases iniciais de projeto, principalmente por serem subsídio para decisões. Para que estas simulações estejam no fluxo de trabalho dos projetistas, é fundamental que a transição das informações entre os diversos softwares, seja contínua e sem perda de informação.

A interoperabilidade, segundo Eastman *et al.*(2011), é a capacidade de identificar os dados necessários a serem repassados, de forma automatizada e sem obstáculos, evitando-se assim a necessidade de repetição dos dados de entrada, o que significaria retrabalho.

Para que isso seja possível é necessário um formato padrão de troca de dados, tanto para os aplicativos (softwares), como nos processos de projeto colaborativo. Esse formato é o IFC (*Industry Foudation Classes*).

2.3. IFC (*Industry Foudation Classes*)

O IFC foi desenvolvido pela *International Alliance of Interoperability* (IAI) com o objetivo de ter um formato aberto ou neutro para troca de arquivos entre softwares da Indústria da Construção.

Este protocolo correlaciona os elementos em três categorias fundamentais: objetos, propriedades e relações. Os objetos são caracterizados pela sua geometria, enquanto que as propriedades trazem informações sobre materiais e características

específicas, como o desempenho. Já a categoria de relações compreende o vínculo entre os objetos e suas propriedades.

Um aspecto importante, ressaltado por Andrade e Ruschel (2009), é a possibilidade de problemas de tradução de dados entre aplicativos, uma vez que as estruturas de dados de diferentes aplicativos não são necessariamente compatíveis, o que faz com que algumas informações não sejam incorporadas ao modelo. Os softwares possuem um Dicionário de Dados de Entrada (*Input Data Dictionary – IDD*), no qual é possível encontrar todos os dados vinculados aos objetos.

Um dos fatores que colaboram para a incompatibilidade na troca de informações, é a falta de padronização das informações na construção civil. Assunto este que está em desenvolvimento pela Comissão de Estudos Especiais de Modelagem de Informação da Construção ABNT/CEE-134 (ABNT,2015). O intuito desta comissão é orientar a indústria e projetistas na criação de componentes BIM e que estes contenham propriedades e dados necessários e que estejam num formato padrão de estruturação da informação. Esses padrões estão em desenvolvimento e, atualmente, já se encontram divulgadas 3 partes na NBR 15965² e também a segunda parte da norma NBR ISO 12006³, que trata da estrutura para classificação da informação.

3. NORMA DE DESEMPENHO ACÚSTICO

Atualmente, percebe-se no meio profissional, que a NBR 15575-4 tem gerado a necessidade de maior estudo sobre os elementos da construção civil, uma vez estipula valores de referência para projeto de forma a obter uma redução sonora nas edificações. Conforme é citado no Guia Orientativo da CBIC (2013, p. 156) “a NBR não fixa critérios para conforto acústico, como por exemplo a máxima intensidade sonora admitida [...]”, assunto tratado na NBR 10152 – Acústica – Medição e avaliação dos níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações. Também não caracteriza a forma de quantificar níveis de ruído externo à edificação, assunto pertinente à NBR 10151 – Acústica – Medição e avaliação dos níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações.

A norma estipula dois principais tipos de informações quantitativas de referência de isolamento acústico: um a partir de ensaios em laboratório, o qual avalia as composições, ou seja, o elemento construtivo através do R_w (Índice de

Redução Sonora Ponderado); e outro a partir de medições de campo expresso pela $D'_{nT,W}$ (Diferença Padronizada de Nível Ponderado). De modo geral, o primeiro está sob responsabilidade dos fornecedores, enquanto que o segundo fica sob responsabilidade do construtor e projetista. Esses valores são enquadrados em níveis de desempenho mínimo, intermediário e máximo.

3.1. Avaliação do Desempenho Acústico no Processo Projetual

Em relação ao fluxo de trabalho, estes valores definem duas etapas de verificação destes requisitos durante o desenvolvimento do projeto. Inicialmente, o projetista precisa ter acesso a um banco de dados, disponibilizado pelo fornecedor, com resultados que caracterizam o desempenho dos elementos construtivos.

Cabe ao projetista, com essas informações isoladas de cada elemento construtivo (parede, janelas, portas, etc.), garantir que o ambiente projetado atenda ao solicitado pela norma. Isto poderá ser verificado através de simulações de desempenho acústico ou através de cálculo das verificações do Índice de Redução Sonora Ponderado Equivalente ($R_{w,equiv}$). Assim, é importante que essa verificação ocorra durante o desenvolvimento do projeto, de modo a garantir que o sistema de vedação, incluindo paredes, esquadrias, instalações, vedações periféricas, entre outros elementos, esteja em conformidade com a norma. Isso ocorre, pois, o desempenho solicitado pela norma refere-se ao sistema construtivo completo. Por exemplo, o índice de redução sonora ponderado (R_w) de uma parede pode reduzir significativamente com a presença de portas e janelas, sem o tratamento acústico adequado e em conformidade com desempenho global exigido.

Posteriormente, após a construção da edificação, é realizada a medição em campo, a fim de assegurar que os níveis de redução estabelecidos pela norma foram atendidos. Entretanto, os valores de referência da norma brasileira para as medições em campo são menores em 5 dB, comparados aos valores para ensaios em laboratório. A previsão desta diferença é usual nas normas de outros países, pois as condições de ensaio em laboratório diferem das condições de um edifício real e, mesmo sendo utilizada a mesma unidade em dB, os valores obtidos em laboratório e em campo não devem ser comparados.

3.1.1. Simulação Acústica

O software escolhido é o Cype 2016, desenvolvido pela Cype Ingenieros da Espanha e constituído por diversos módulos interligados. É um software que “contempla o conceito BIM para que o projetista possa projetar de forma eficiente e compatível com os outros programas, através do formato IFC” conforme cita González e Figueira. Ademais, encontra-se referência de interoperabilidade entre os softwares Revit Architecture e Cype no site do fornecedor deste último.

Para a análise de desempenho acústico, será utilizado o CypeCad MEP, cujo módulo Cypevac 3D executa as verificações necessárias. De acordo com González e Figueira, p.5, “a partir do modelo tridimensional o software determina os parâmetros geométricos, necessários para o cálculo (superfícies, espessuras, ângulos, etc.). A definição dos compartimentos e frações do edifício possibilita ainda a identificação de [...] transmissões marginais, necessárias para o cálculo [...] acústico”. Ainda “possibilita a utilização do método de Sabine, do método estimativo Lei da massa, do método do Invariante e da norma EN 12354 ou a introdução de valores de ensaio. As transmissões marginais são calculadas de acordo com o método presente na norma EN 12354.”. Ou seja, para as verificações de desempenho acústico de projetos realizados no Brasil, é necessário especificar os valores de referência de sistemas construtivos específicos no mercado nacional.

O conceito de interoperabilidade entre o software Revit Architecture se aplica na importação da geometria dos ambientes, uma vez que, segundo o Top Informática “durante o processo de desenho do edifício, não se pode especificar no programa de CAD/BIM a exata composição e características dos elementos construtivos”. Assim, o software CypeMEP “permite atribuir automaticamente as características de paredes exteriores, divisórias interiores, lajes, coberturas, janelas, etc. Deste modo, separam-se as fases de desenho e de especificação técnica de cada componente. ”

4. METODOLOGIA

Com o objetivo de verificar a interoperabilidade entre os softwares CypeCad® Mep 2016 e Revit® Architecture 2015, é realizada uma análise comparativa entre

modelos gerados em cada software. A metodologia a ser aplicada, está abaixo organizada no fluxograma de etapas com as respectivas hipóteses.

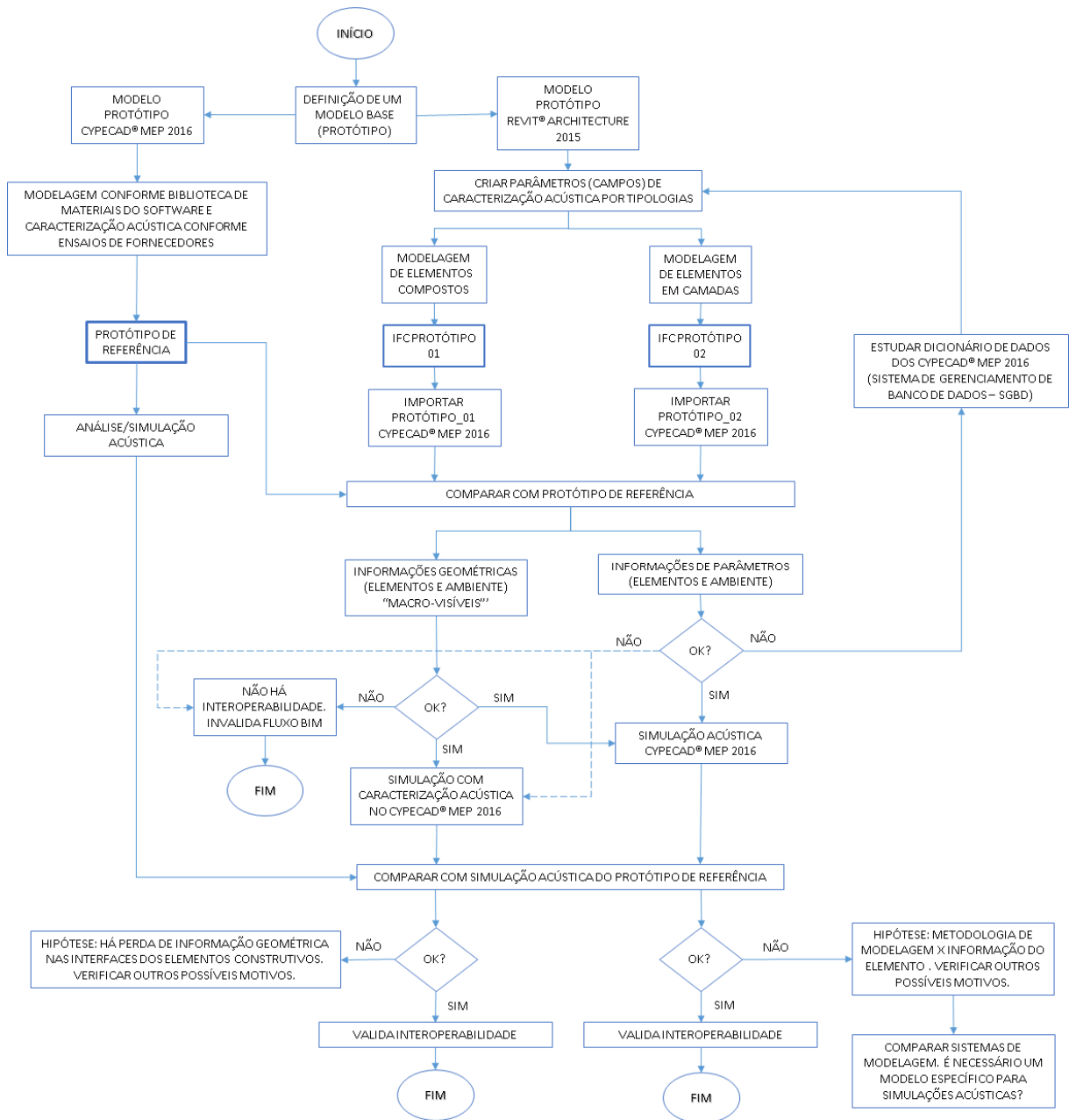


Figura 4: Fluxograma da metodologia a ser aplicada no presente estudo. Fonte: Autor.

4.1. Modelo base

A metodologia inicia com a definição de um modelo de base, a ser desenvolvido em ambas plataformas, a fim de validar a interoperabilidade das informações, tanto geométricas dos elementos, como de suas respectivas propriedades de material e desempenho.

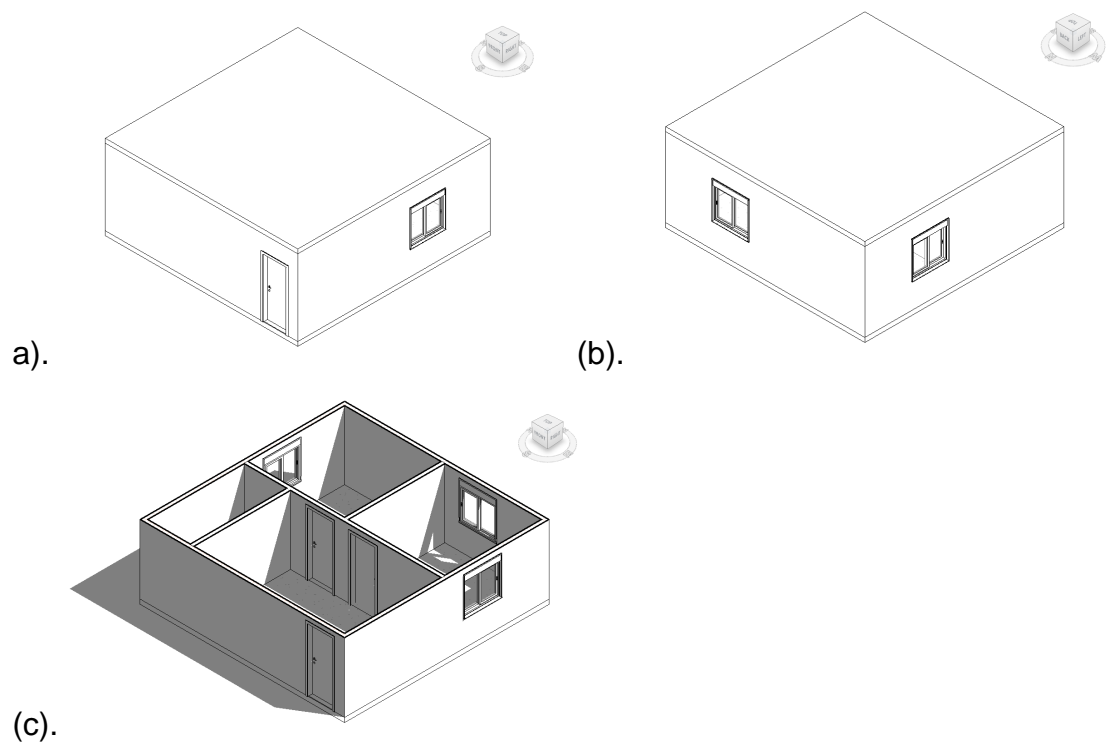


Figura 5: Imagens do protótipo base modelado no Revit Architecture 2015. 3D externos (a,b) e 3D do pavimento térreo. (c). Fonte: Autor

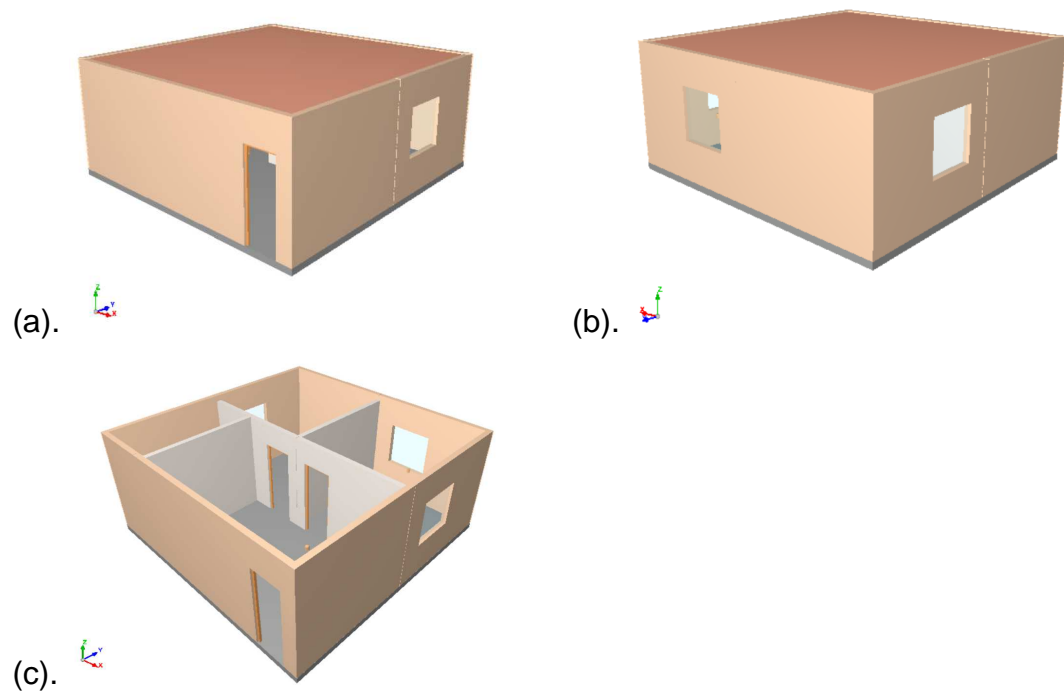


Figura 6: Imagens do protótipo base modelado no CypeCad Mep 2016. 3D externos (a,b) e 3D do pavimento térreo. (c). Fonte: Autor

4.2. Elementos Construtivos e Modelagem

Com a vigência da norma de desempenho NBR 15.575, um dos impactos na rede da construção civil é a participação cada vez maior de fornecedores no desenvolvimento e especificação dos elementos construtivos a serem utilizados nos projetos. Estes, para se adequarem à norma, precisam ensaiar seus produtos a fim de assegurar que o atendimento aos requisitos exigidos.

Dentre as opções de sistemas de vedação, escolheu-se o sistema drywall de gesso acartonado devido ao desempenho padrão do material, pois os sistemas construtivos desse tipo apresentam um comportamento acústico bem caracterizado, desde sua entrada no mercado. Assim, foi utilizada a composição de perfil 90mm com dupla chapa de gesso standard de cada lado do montante, com a opção de lâ mineral. Na Figura 7 está a tabela de desempenho divulgada pelo fornecedor.

PERFIL	ESPESSURA DA PAREDE	PAGINAÇÃO DOS MONTANTES	ALTURA LIMITE MONTANTES		CHAPA QUANT./ ESPESSURA	PESO Kg/m ²	RESISTÊNCIA AO FOGO (CF min.)		ÍNDICE DE ISOLAM. ACÚSTICO (dB)	
			SIMPLES	DUPLoS			C/ ST	C/ RF	S/ LÃ	C/ LÃ
90	115mm	600	3,50	4,15	02 BR 12,5mm	20	30	30	39 / 42	45 / 47
		400	3,85	4,60						
	128mm	600	3,85	4,50	03 BR 12,5mm	30	30	30	40 / 42	44 / 46
		400	4,10	4,75						
	140mm	600	4,20	5,00	04 BR 12,5mm	40	60	90	45 / 47	53 / 55
		400	4,60	5,50						
	153mm	600	4,70	5,55	05 BR 12,5mm	50	60	120	46 / 48	54 / 56
		400	5,20	6,15						
	165mm	600	4,55	5,30	06 BR 12,5mm	60	90	150	48 / 50	54 / 56
		400	4,85	5,60						
	120mm	600	3,60	4,25	02 BR 15mm	50	30	60	40 / 43	46 / 48
		400	3,95	4,70						
	150mm	600	4,30	5,10	04 BR 15mm	60	90	120	46 / 48	54 / 56
		400	4,70	5,60						

Figura 7: Tabela de desempenho da parede drywall. Em destaque está a composição utilizada no protótipo. Fonte: Fornecedor.

Quanto às janelas, o modelo utilizado é esquadria de alumínio do tipo correr, cujo dimensionamento seguirá o pré-definido pelo fornecedor. Na Figura 8 consta a tabela na qual está identificada a tipologia utilizada e sua caracterização acústica divulgada pelo fornecedor. Do mesmo modo, as portas são de uma única tipologia, porta de giro de madeira, cujas características seguem o informado pelo fornecedor (Figura 8).

Tipologia	Dimensão	Vidro	Rw (c; ctr)
Porta de correr de duas folhas	1780 x 2120	10 (5+5)mm	31 (-1; -2) db
Janela de correr de duas folhas	1200 x 1200	4mm	19 (0; 0) db
Janela de correr de duas folhas	1200 x 1200	6mm	19 (-1; -1) db
Porta de correr de duas folhas	1990 x 2100	10 (5+5)mm	21 (0; 0) db
Janela de correr de duas folhas	1200 x 1200	4mm	19 (0; -1) db
Janela de correr de duas folhas	1200 x 1200	6mm	20 (0; 0) db
Janela de correr de três folhas com veneziana	1200 x 1200	4mm	19 (-1; -2) db
Janela de correr de duas folhas com persiana integrada	1200 x 1200	4mm	26 (-1; -3) db
Janela de correr de duas folhas com persiana integrada	1200 x 1200	6mm	26 (-1; -3) db
Janela de correr de duas folhas	1200 x 1200	4mm	21 (-1; -1) db
Janela de correr de duas folhas com persiana integrada	1200 x 1200	4mm	28 (-1;-3) db
Janela de correr de três folhas com veneziana	1200 x 1200	4mm	18 (0; -1) db
Janela de correr de duas folhas	1200 x 1200	10 (5+5)mm	31 (0; -2) db
Janela oscilo batente uma folha	1000 x 1000	10 (5+5)mm	34 (-1; -2) db

Figura 8: Tabela de desempenho da esquadria Janela de Alumínio. Em destaque está a composição utilizada no protótipo. Fonte: Fornecedor.

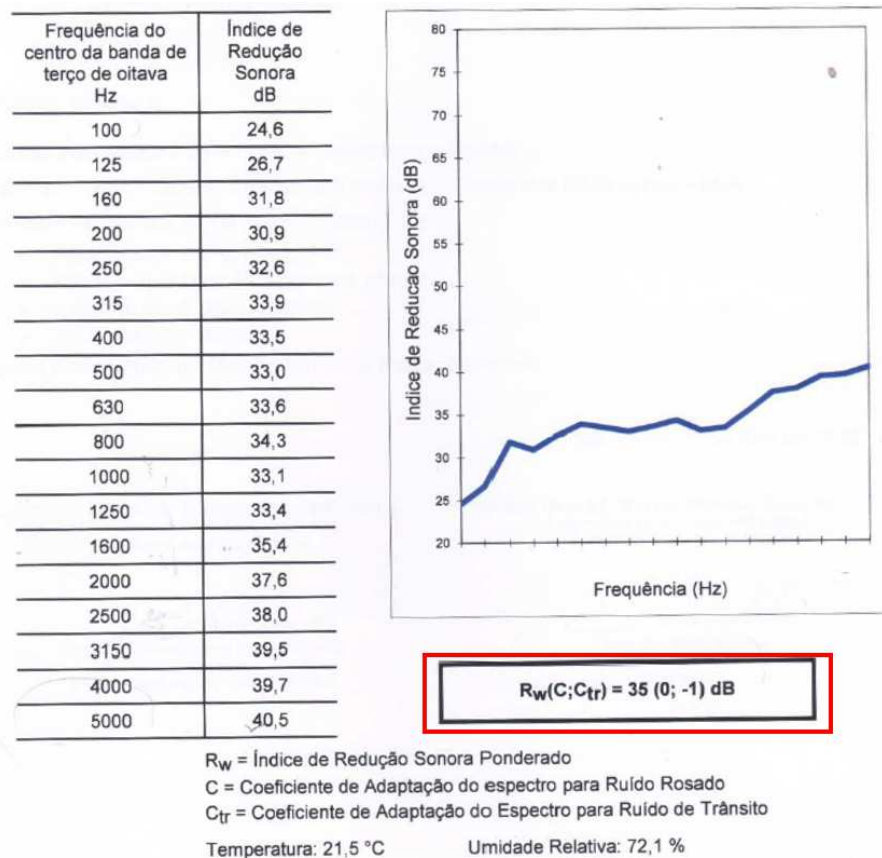


Figura 9: Dados de desempenho da esquadria Porta de Madeira. Em destaque está o isolamento acústico da composição utilizada no protótipo deste estudo. Fonte: Fornecedor.

4.3. Metodologia de Modelagem no Revit Architecture 2015

Associado ao desempenho dos elementos construtivos, outro ponto importante é a verificação da hipótese de influência da metodologia de modelagem na interoperabilidade entre os softwares. Deste modo, são modelados no Revit dois protótipos: um cujas paredes são um único elemento construtivo (Protótipo 01) e outro para o qual cada camada da parede é modelada separadamente (Protótipo 02).

Isso ocorre em função do fluxo de trabalho e da definição do escopo que o modelo deverá atender. Por exemplo, um modelo BIM, oriundo do Revit, pode atender à necessidade de simular o processo construtivo, sendo recorrente a modelagem de camadas individuais das paredes. Entretanto, o elemento construtivo parede pode ser modelado como um único elemento seguindo o conceito também considerado pela norma de desempenho, onde os resultados dos ensaios atestam a composição global ou sistema construtivo.

4.4. Caracterização Acústica

A identificação da caracterização acústica dos elementos construtivos é uma das principais etapas, pois significa que as informações referentes ao desempenho dos elementos serão inseridas no modelo e posteriormente, possivelmente, lidas pelo software.

No Revit Architecture 2015, não foi encontrado um campo específico para a caracterização acústica dos elementos. Existe a caracterização térmica e física dos materiais, e alguns já estão catalogados na biblioteca padrão do Revit, conforme Figura 10. Entretanto, como a caracterização acústica refere-se às composições, foram criados parâmetros compartilhados, de tipo vinculados às categorias, a que pertencem os elementos construtivos e inclusos no grupo de parâmetros de IFC, que é o formato de exportação (ver Figura 11).

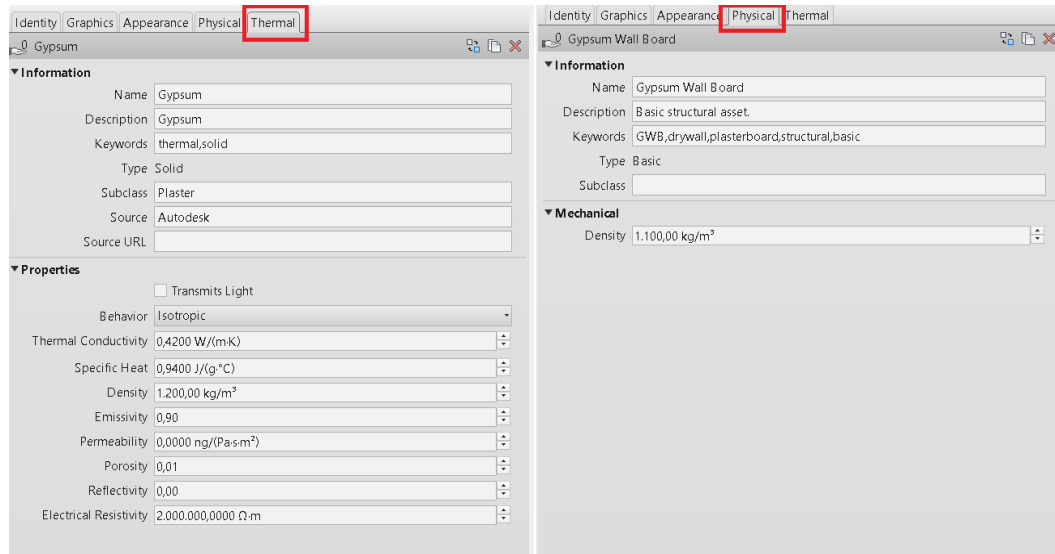


Figura 10: Parâmetros dos materiais da biblioteca do Revit Architecture 2015. Fonte: Autor.

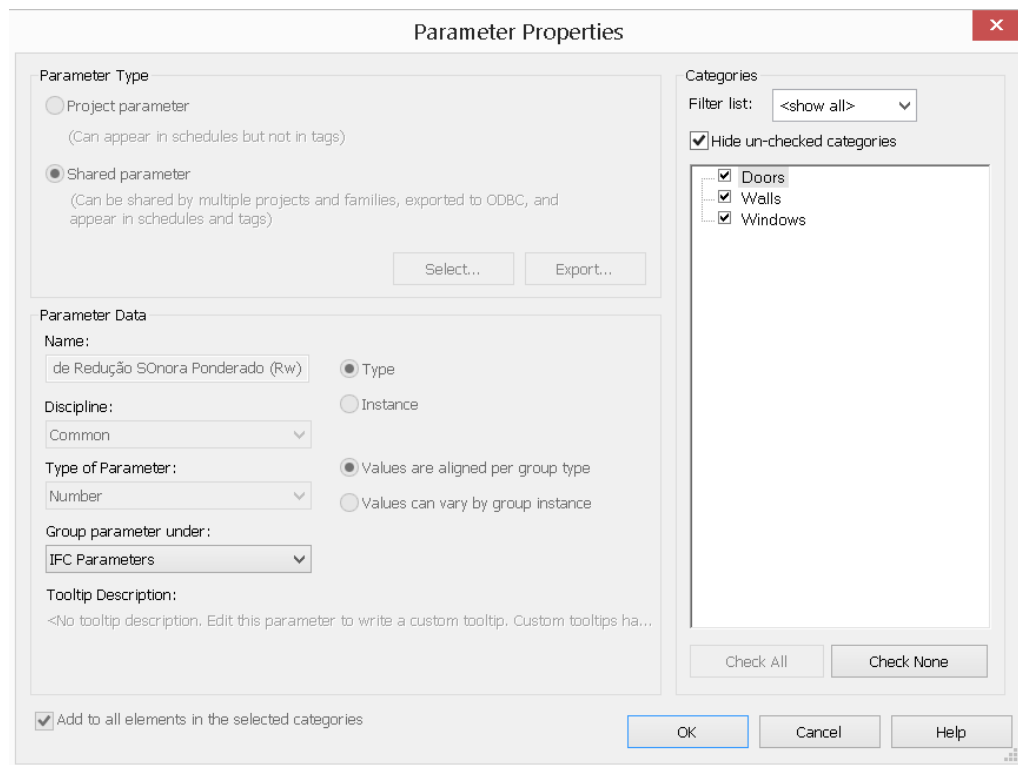


Figura 11: Parâmetros compartilhados aplicados à categoria de portas, paredes e janelas. Incluso no grupo de parâmetros IFC. Fonte: Autor.

Deste modo, em todos os elementos foram inseridas as informações de desempenho de acordo com os dados disponibilizados por seus respectivos fornecedores. Com a ressalva de que, nas paredes modeladas em camadas, definiu-se que essa informação estaria vinculada à camada central, ou seja, à camada de

ar/montante, a qual pode influenciar no desempenho da parede, caso seja preenchida com lã mineral.

No CypeCad Mep 2016, a criação destes elementos construtivos é realizada considerando-se a composição global, ou seja, não há camadas independentes. Para cada tipo de elemento há o campo para inserir a caracterização acústica, conforme é disponibilizado pelo fornecedor.

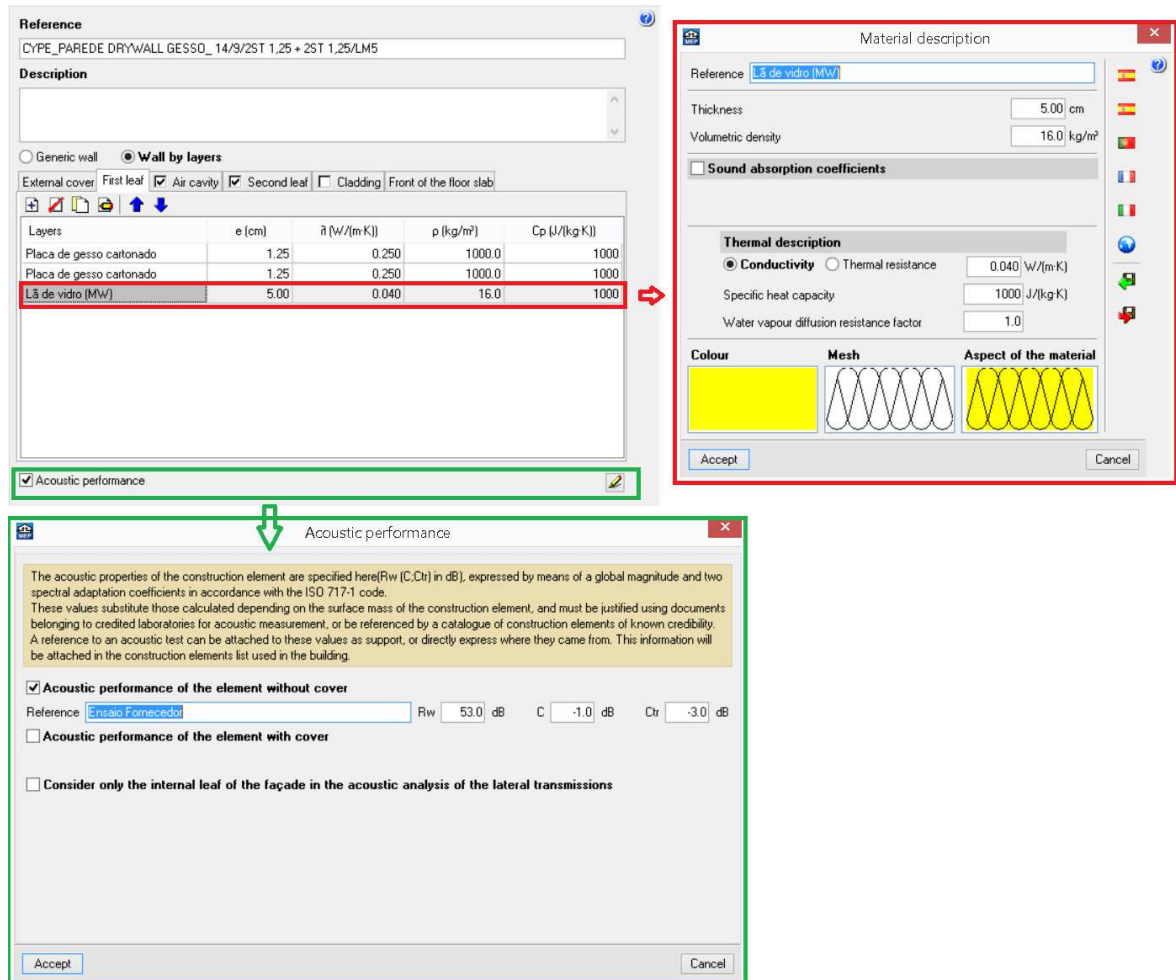


Figura 12: Caracterização dos elementos conforme dados dos fornecedores. Fonte: Autor.

4.5. Protótipos

Conforme cita Cabral (2015) uma vez que o modelo contém as informações de todos os sistemas que compõem um edifício, este passa a ser “um modelo virtual representativo dos processos de construção”. Uma vez que o modelo BIM permite simulações de comportamento, antes mesmo de sua construção, ele pode ser denominado protótipo.

4.5.1. Protótipo Referência – CypeCad Mep 2016

A modelagem do Protótipo de Referência, desenvolvido no CypeCadMep 2016, segue a configuração de paredes compostas. Deste modo, as informações referem-se ao elemento construtivo. Conforme apresentado a seguir, as duas tipologias com a variação do uso de lã mineral.

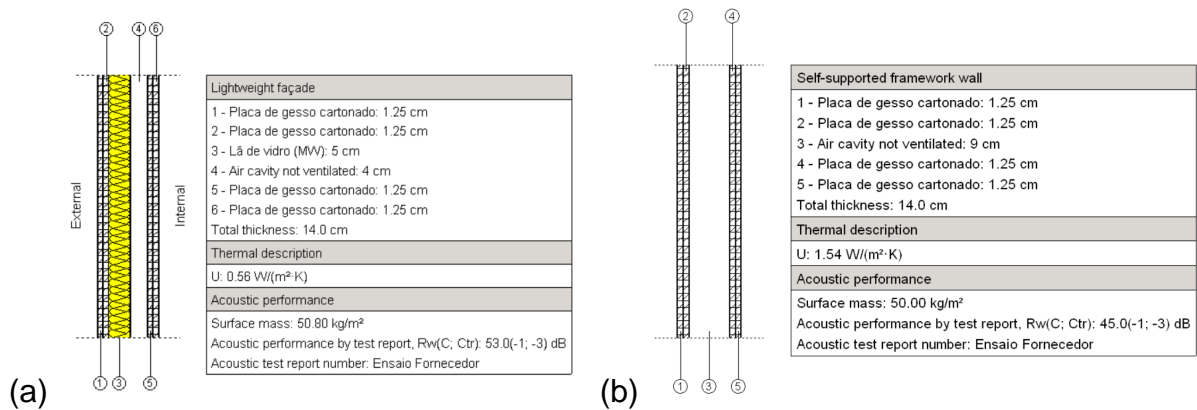


Figura 13: Composições construtivas desenvolvidas no CypeCad Mep 2016. Fonte: Autor.

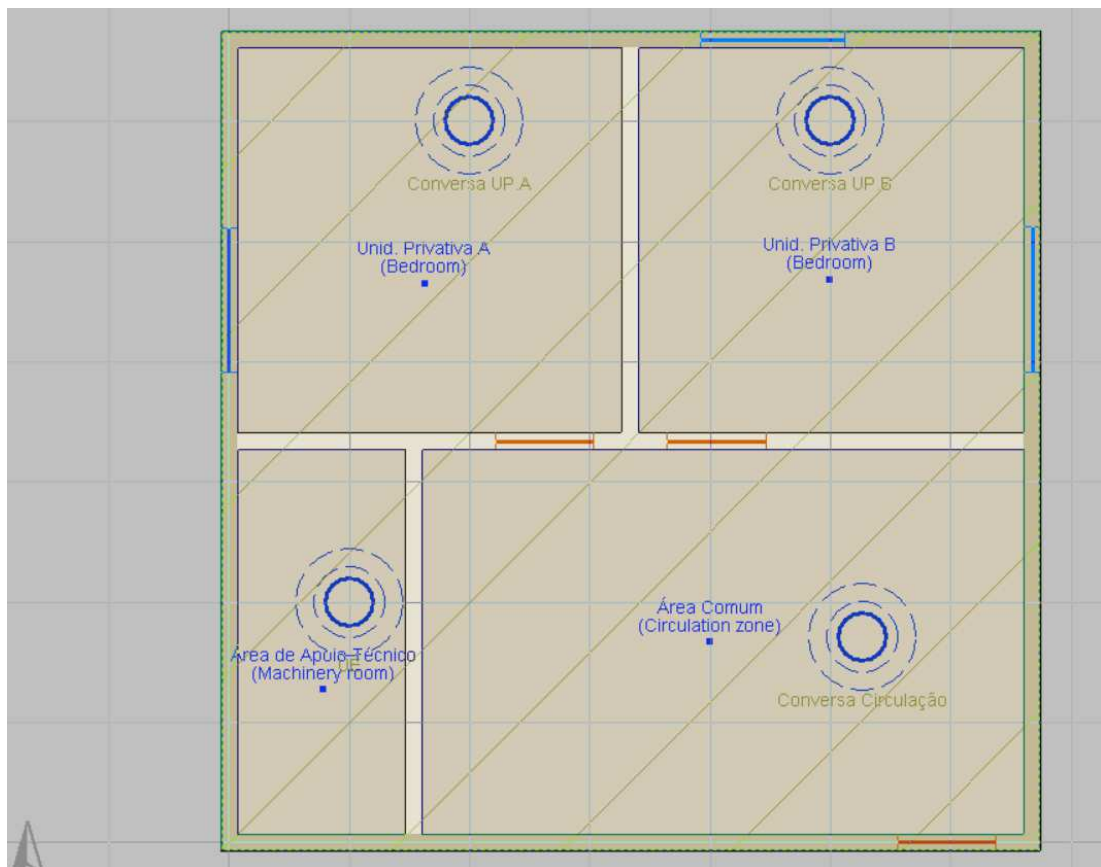


Figura 14: Planta baixa do Protótipo de Referência com as fontes de emissão de ruído. Fonte: Autor.

4.5.2. Protótipo 01 – Revit Architecture 2015

A modelagem do Protótipo 01 segue a configuração de paredes compostas. Deste modo, as informações referem-se ao elemento construtivo. Conforme apresentado abaixo, as duas tipologias com a variação do uso de lã mineral.

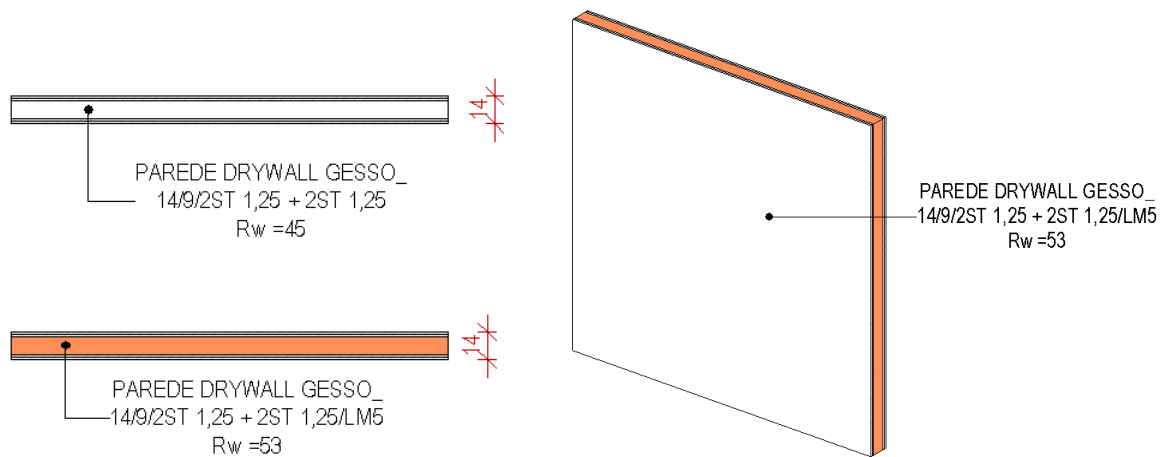


Figura 15: Paredes Composta utilizada no Protótipo 01. Fonte: Autor

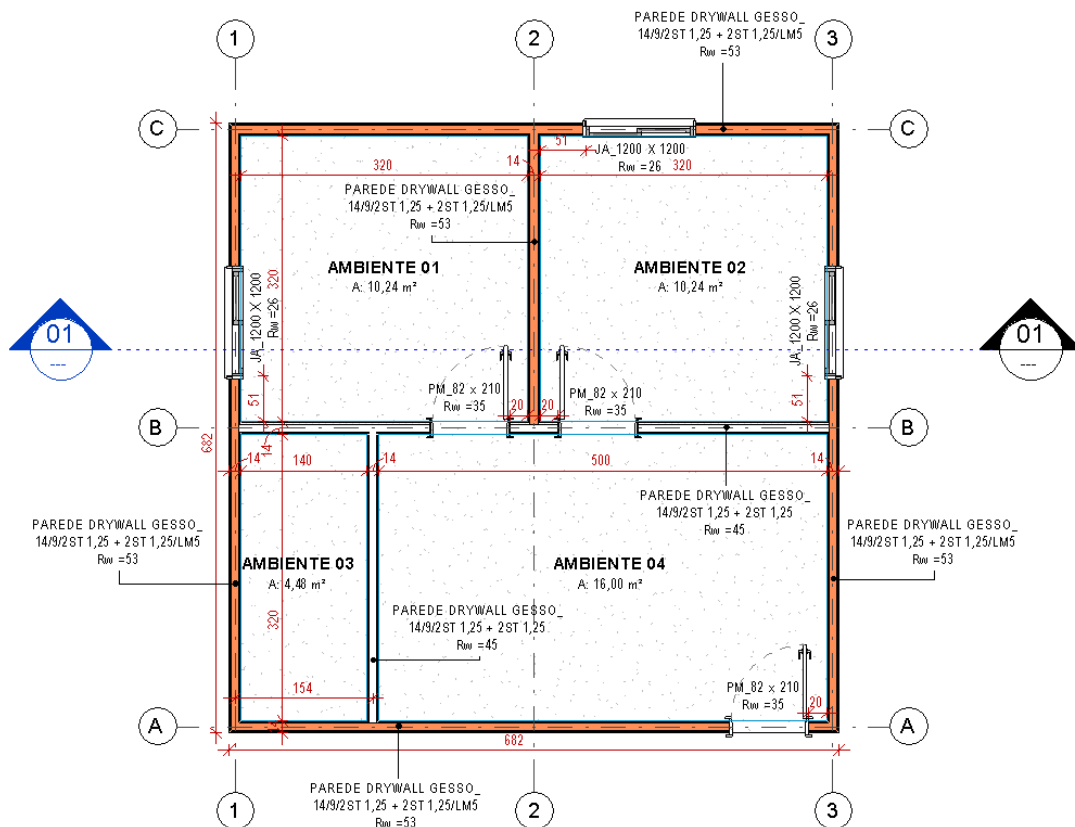


Figura 16: Planta baixa do Protótipo 01 com a identificação dos elementos construtivos. Fonte: Autor.

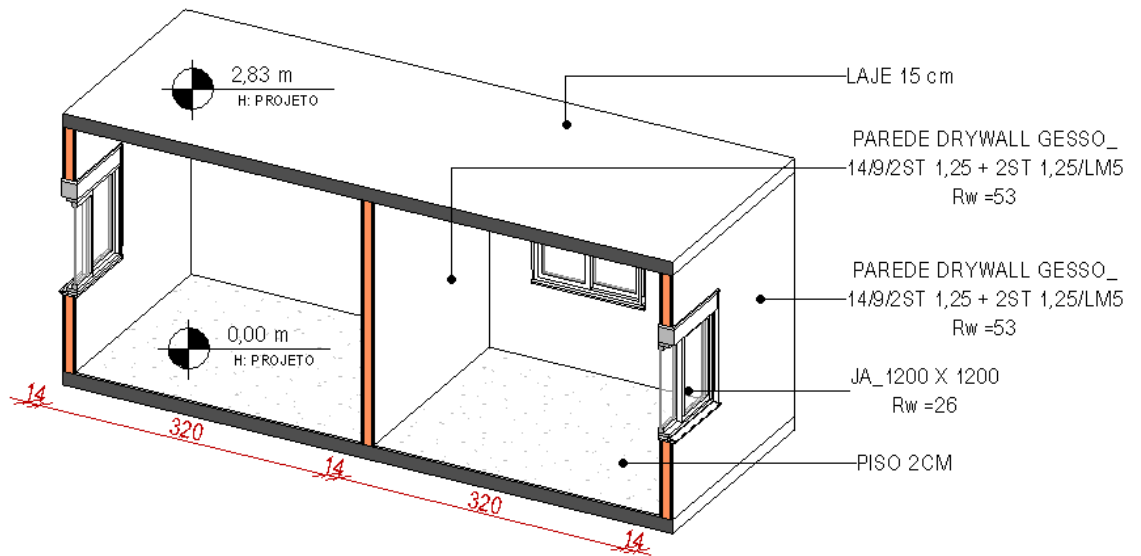


Figura 17: Corte 01 do Protótipo 01 com a identificação dos elementos construtivos. Fonte: Autor.

4.5.3. Protótipo 02 - Revit Architecture 2015

A modelagem do Protótipo 02 segue a configuração de paredes em camadas. Deste modo, as informações referem-se às camadas individualmente. Conforme apresentado a seguir, as duas tipologias com a variação do uso de lã mineral.

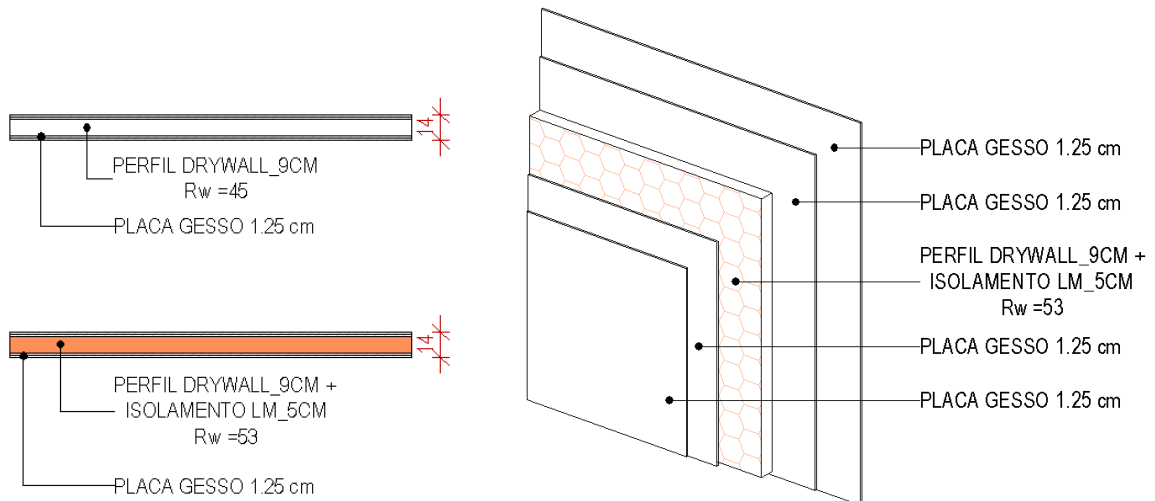


Figura 18: Paredes em Camadas utilizada no Protótipo 02. Fonte: Autor

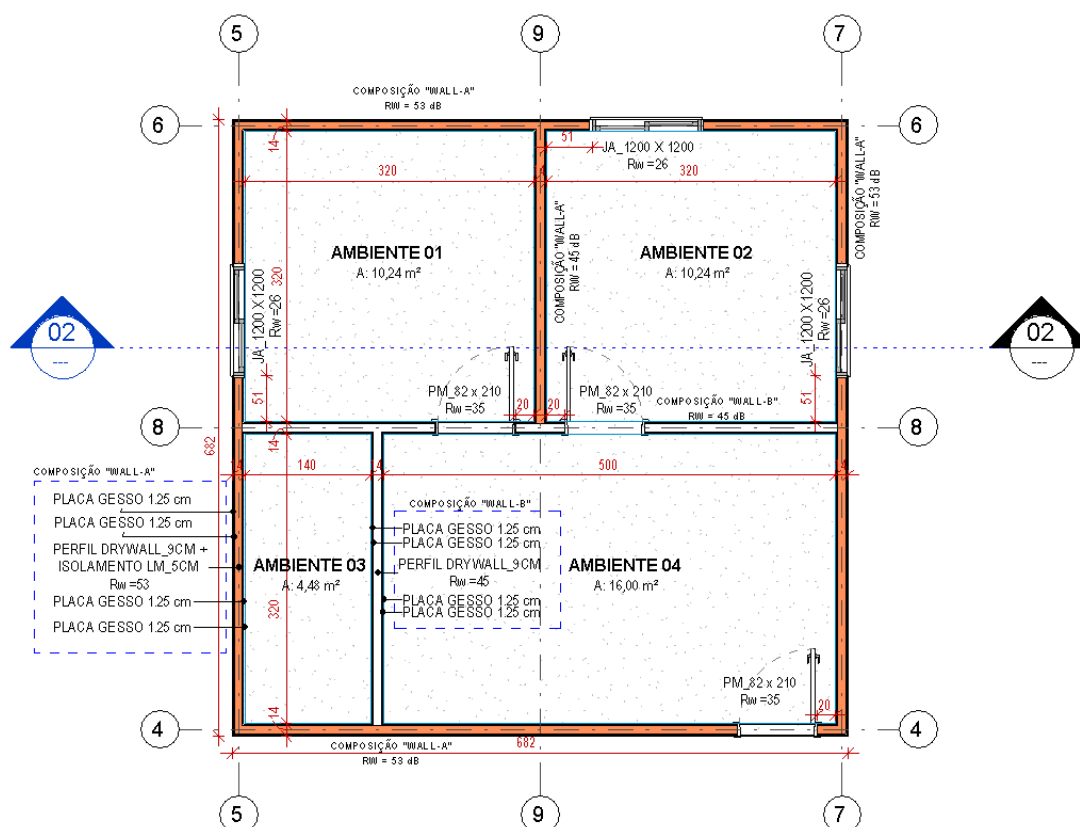


Figura 19: Planta baixa do Protótipo 02 com a identificação dos elementos construtivos. Fonte: Autor.

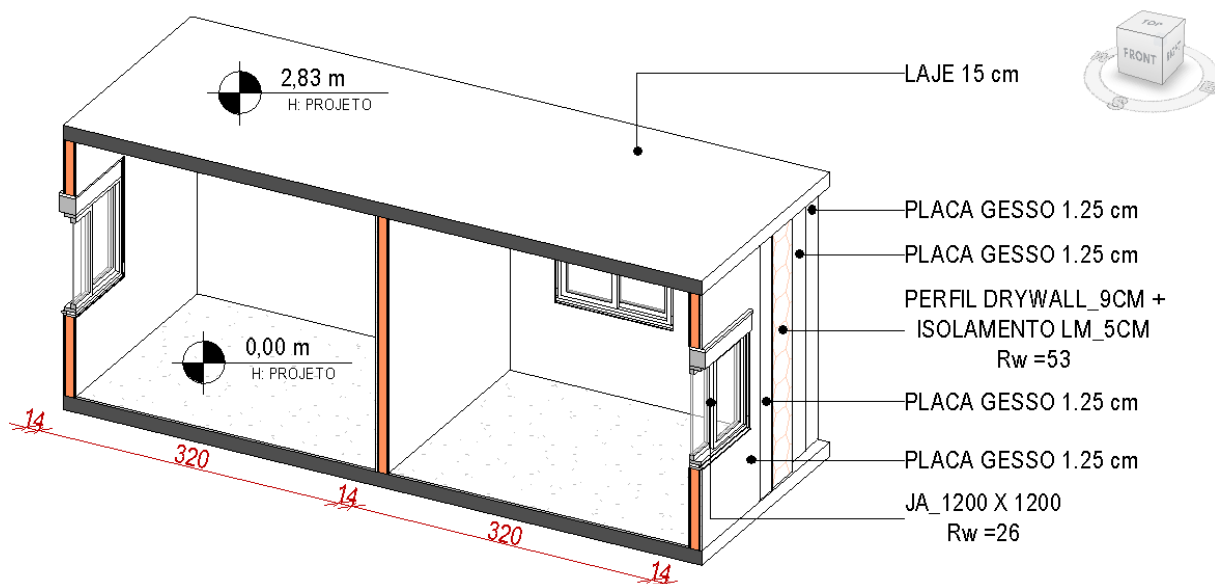


Figura 20: Corte 02 do Protótipo 02 com a identificação dos elementos construtivos. Fonte: Autor.

4.6. Comparações

A partir dos modelos desenvolvidos no Revit Architecture 2015 é feita a exportação para IFC 2x3 e em seguida, importados no CypeCad Mep 2016. Após serão comparadas as características geométrica e as respectivas caracterizações acústicas dos elementos construtivos importados.

Posteriormente, são comparadas as análises de desempenho acústico dos modelos desenvolvidos neste software com as possíveis análises obtidas dos modelos oriundos do Revit. Para tanto, essas comparações são realizadas de modo cruzado, avaliando as combinações possíveis para compreender as possibilidades de resultados e elucidar hipóteses.

4.6.1. Simulação do Protótipo de Referência

No protótipo de referência modelado no CypeCad Mep foram inseridos os valores a serem atendidos, conforme representa a Figura 21. Embora o modelo seja simplificado, buscou-se utilizar situações que estão descritas na NBR 15.575, como por exemplo, parede entre quartos de unidades privativas diferentes.

The screenshot shows a software window titled "Types of rooms for the acoustic analysis". It contains two main tables.

Types of rooms with acoustic properties

Reference	D _{nT,w}	D _{nT,w}	Reverberation	Types of associated predefined rooms
DORMITÓRIO	30 dB	...	...	Bedroom.
COMUM - CIRCULAÇÃO	30 dB	...	...	Circulation zone.
ÁREA TÉCNICA	...	...	...	Lift shaft.

Table of interactions between room types with acoustic properties

Receiving/Source	DORMITÓRIO	COMUM - CIRCULAÇÃO	ÁREA TÉCNICA
DORMITÓRIO	<input checked="" type="checkbox"/> D _{2T,w} 45 dB <input type="checkbox"/> L _{2T,w}	<input checked="" type="checkbox"/> D _{2T,w} 40 dB <input type="checkbox"/> L _{2T,w}	<input checked="" type="checkbox"/> D _{2T,w} 45 dB <input type="checkbox"/> L _{2T,w}
COMUM - CIRCULAÇÃO	<input type="checkbox"/> D _{2T,w} <input type="checkbox"/> L _{2T,w}	<input type="checkbox"/> D _{2T,w} <input type="checkbox"/> L _{2T,w}	<input type="checkbox"/> D _{2T,w} <input type="checkbox"/> L _{2T,w}
ÁREA TÉCNICA	<input type="checkbox"/> D _{2T,w} <input type="checkbox"/> L _{2T,w}	<input type="checkbox"/> D _{2T,w} <input type="checkbox"/> L _{2T,w}	<input type="checkbox"/> D _{2T,w} <input type="checkbox"/> L _{2T,w}

Buttons: Accept, Cancel

Figura 21: Definição dos valores de referência para simulação. Fonte: Autor.

Assim, o resultado obtido da simulação, considerando os elementos construtivos já identificados e fontes de ruídos característicos para cada uso do

ambiente, foi validada, estando os requisitos mínimos atendidos. Na figura 22, imagem do resultado da simulação do ambiente Unidade Privativa A (Quarto).

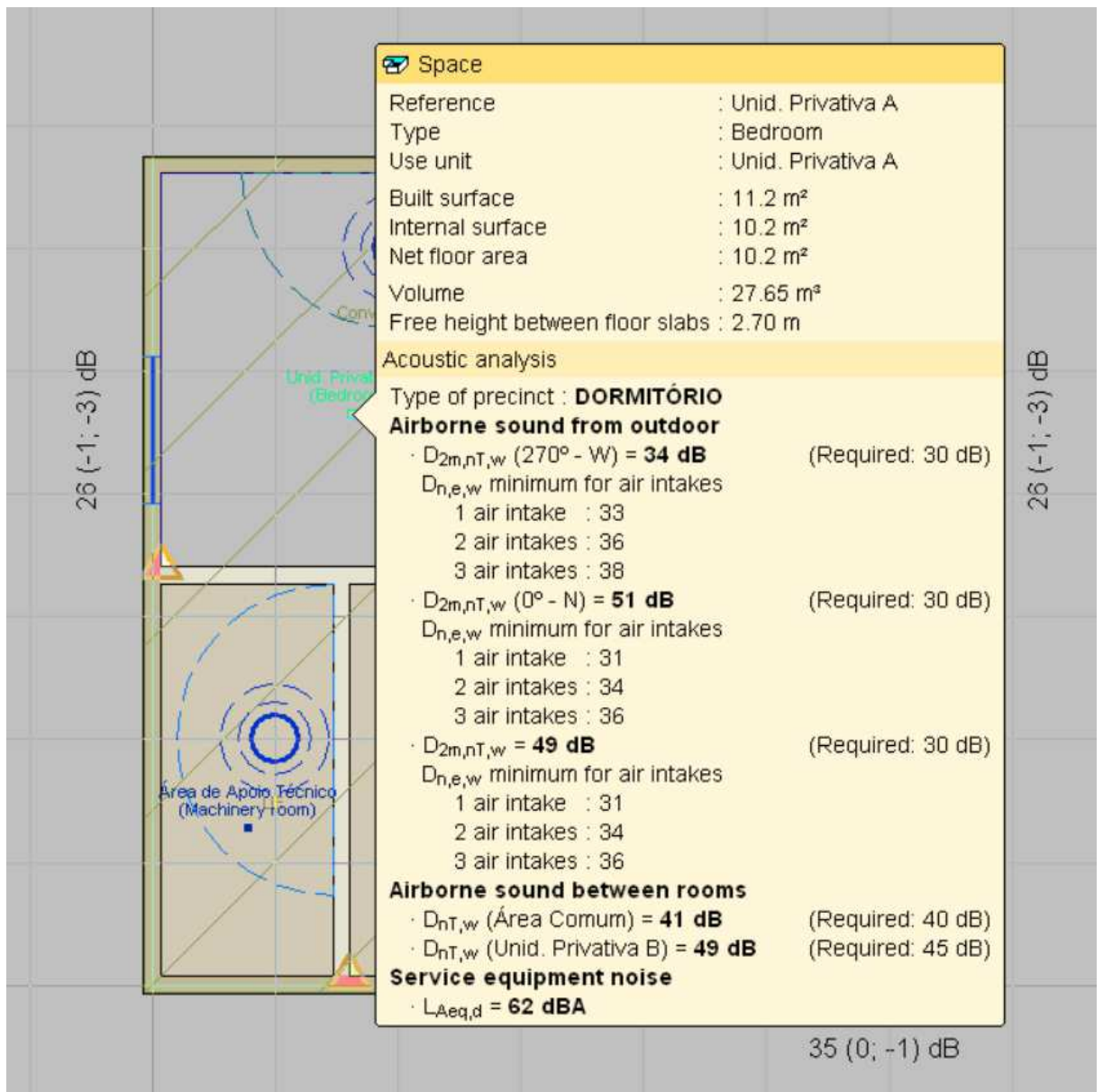


Figura 22: Imagem do resultado da simulação para o ambiente da Unidade Privativa A (quarto). Fonte: Autor.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Comparação entre Protótipos

São analisadas tanto as características geométricas lidas pelos softwares CypeCadMep 2016, como verificado se as informações da caracterização acústica são identificadas, de modo a validar a comunicação entre o software.

5.1.1. Análise Geométrica – Protótipo 01 – Paredes como elemento único

Pode-se afirmar que o modelo IFC quando importado no CypeCad mantém as informações geométricas dos ambientes e a posição e dimensionamento dos elementos construtivos. Todos os elementos foram importados.

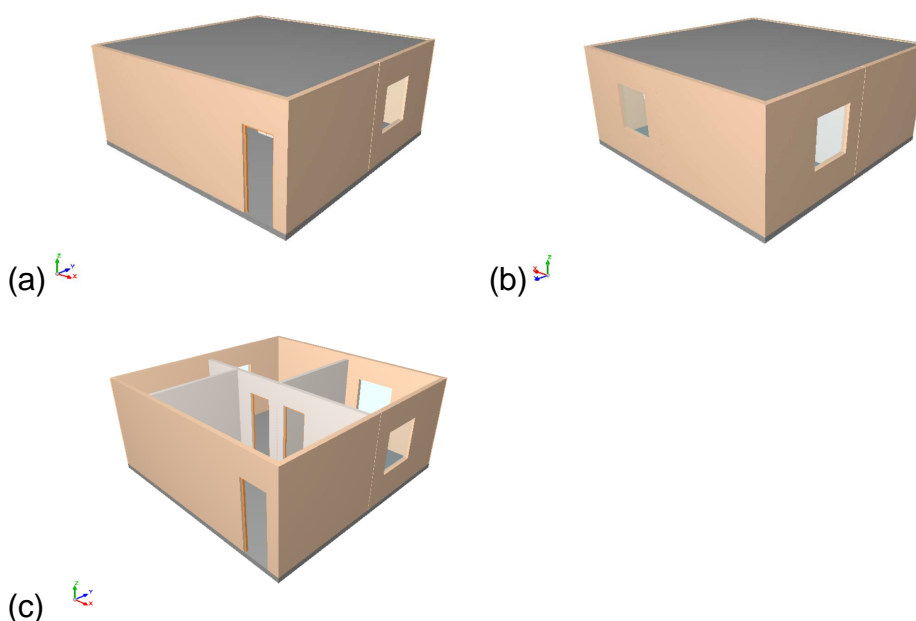


Figura 23: Protótipo 01: No modelo importado identifica-se a presença de todos os elementos construtivos presentes no modelo. Fonte: Autor.

A primeira etapa da importação de um modelo IFC é vincular os elementos construtivos do modelo importado com os elementos da biblioteca do CypeCad Mep 2016, de modo a carregar as informações da caracterização acústica (Figura 24). Ou seja, os elementos não são utilizados, mas sim substituídos, inclusive sua geometria.

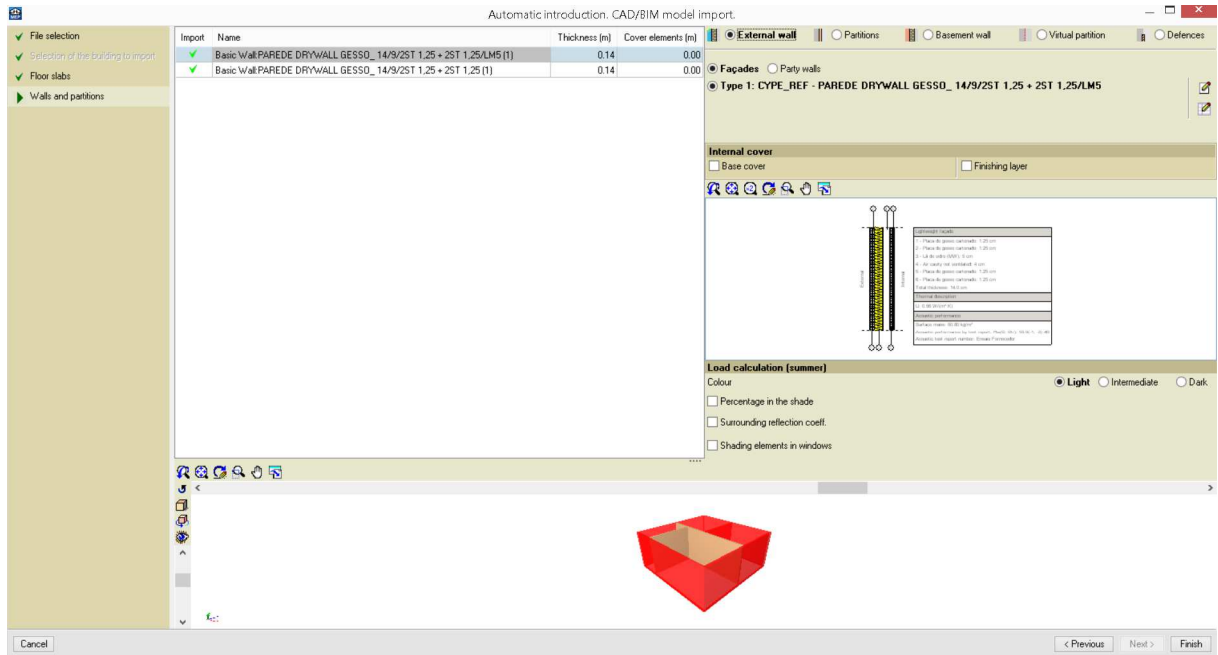


Figura 24: Processo de vinculação do elemento construtivo importado com o elemento construtivo de referência na biblioteca do CypeCad Mep. Fonte: Autor.

Ainda, percebe-se que quando considerados no modelo IFC, oriundo do Revit, o nível osso (estrutura) e o nível acabado (piso), a leitura dos elementos construtivos apresenta variações de locação. Conforme exemplificado nas figuras 25 e 26, as portas estão locadas no nível osso, portanto, apresentam mensagem de erro, sendo necessário desloca-las para o nível superior (acabado).

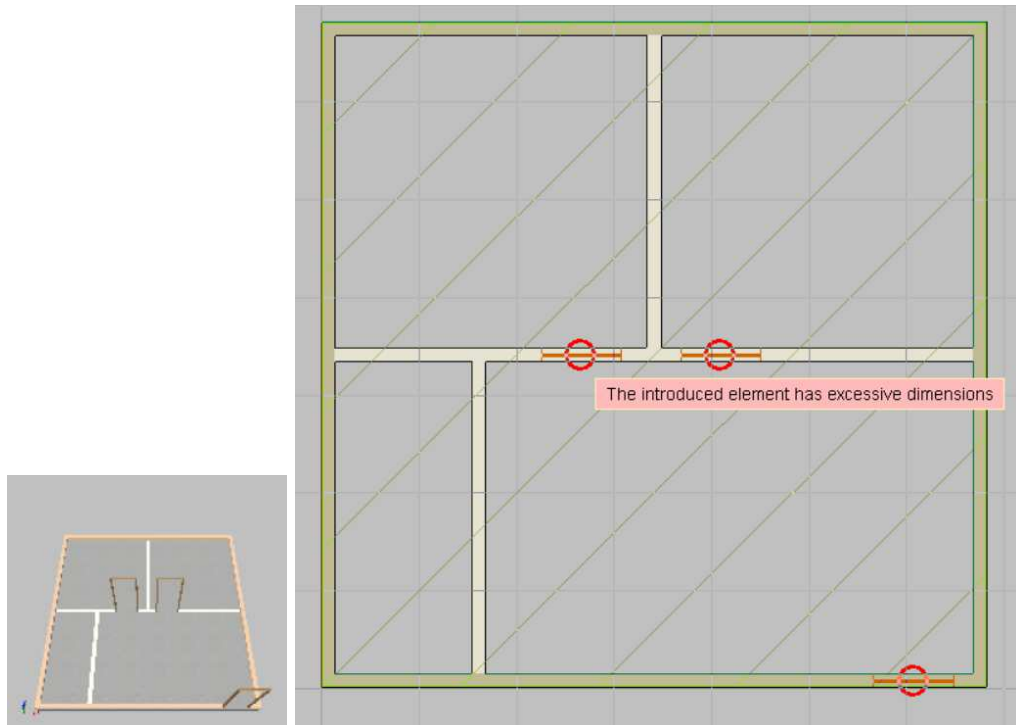


Figura 25: Exemplo das implicações de uso de nível osso e nível acabado: as portas, vinculadas ao nível osso, apresentam mensagem de erro quanto ao tamanho, uma vez que a medida entre estes níveis é compreendida como altura de piso a piso. Fonte: Autor.

Para tanto, foi realizado a importação do Protótipo 01 sem os níveis de piso acabado. Observou-se que, deste modo, o modelo torna-se passível de simulação.

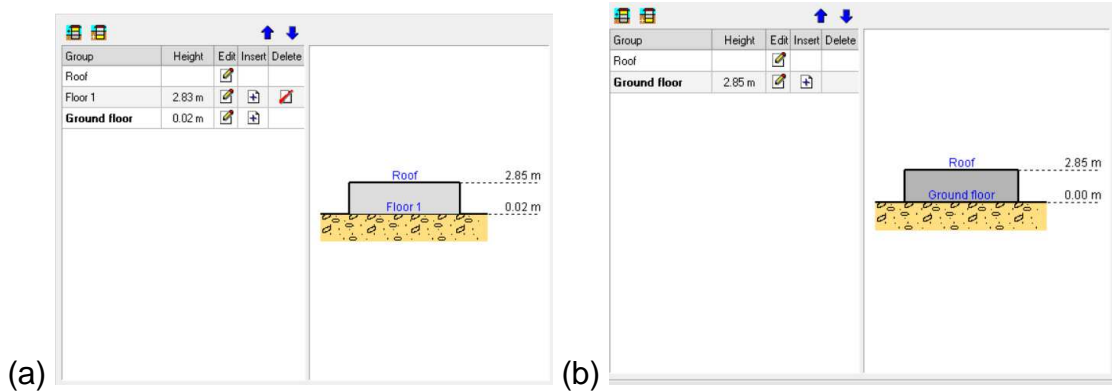


Figura 26: Apresentação da leitura do Cype entre modelos com nível osso e acabado e modelo somente com o nível osso. Hipótese de que mais de um nível de piso no modelo de origem (Revit) pode gerar conflito no cálculo das aberturas.

5.1.2. Análise Geométrica – Protótipo 02 – Paredes em camadas

Pode-se dizer que o modelo IFC do Protótipo 02 quando importado no CypeCad Mep 2016 identifica cada uma das camadas das paredes como elementos construtivos isolados. Embora mantenha a informação geométrica dos ambientes, assim como as posições e dimensionamento das esquadrias, torna-se um retrabalho eliminar as camadas excedentes.

Deste modo, em processos de trabalho cuja metodologia é baseada no uso de paredes em camadas, faz-se necessário que o modelo importado contenha somente o núcleo ou parede osso, onde estão inseridas as esquadrias.

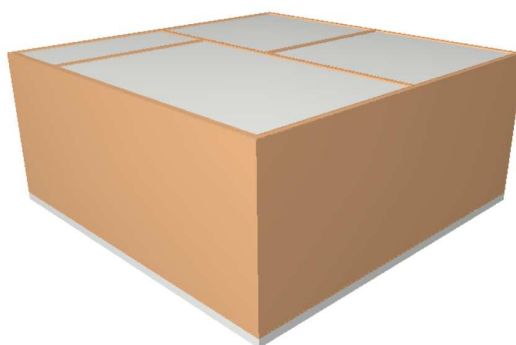


Figura 27: Protótipo 02: Ao ser importado nas camadas externas não são eliminados os vãos das esquadrias, embora estas tenham sido lidas. Fonte: Autor.

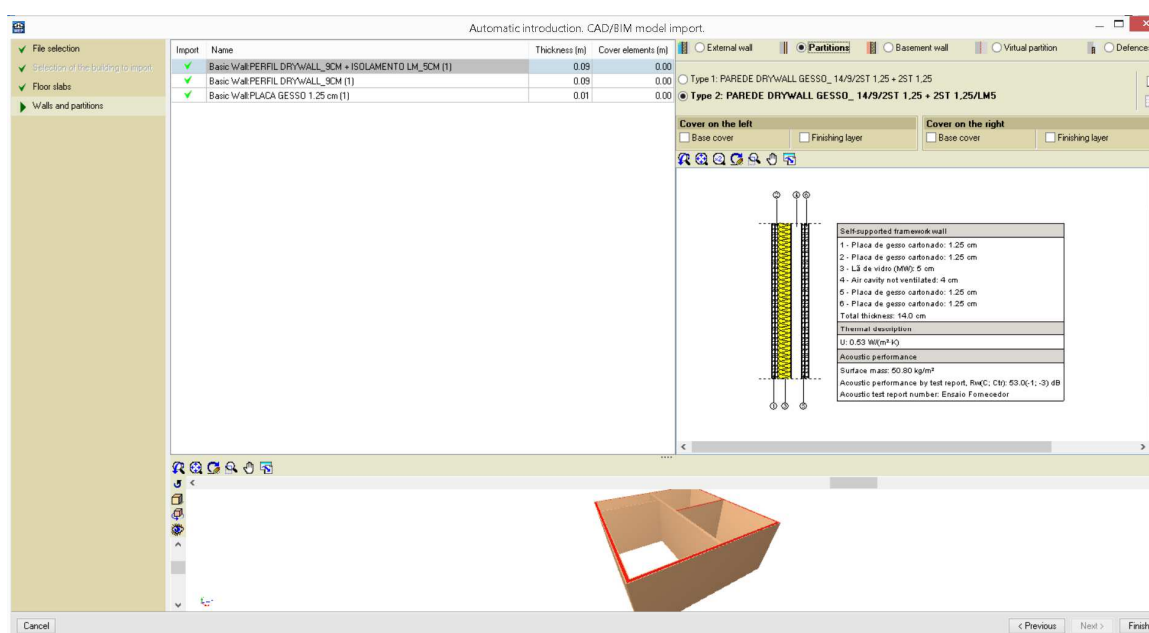


Figura 28: Protótipo 02: Vínculo dos elementos construtivos com os elementos da biblioteca do CypeCad Mep 2016. Fonte: Autor.

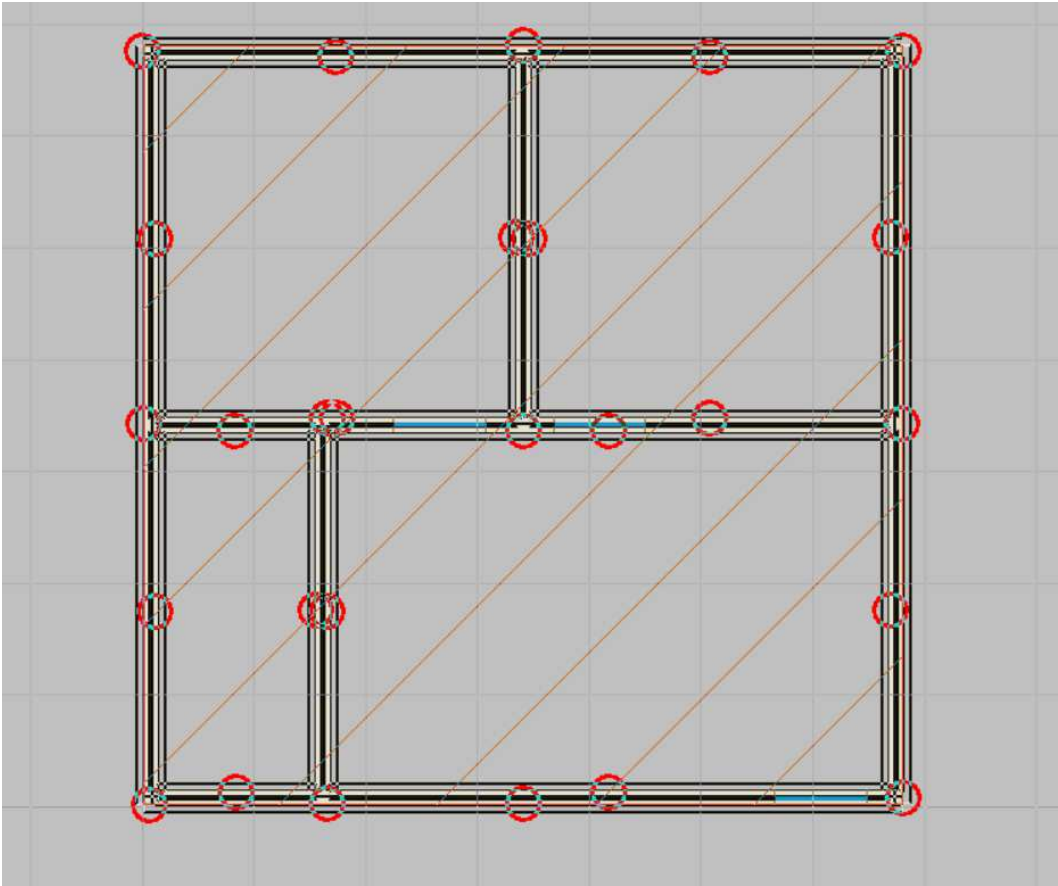


Figura 29: Leitura feita pelo CypeCad Mep traduz cada uma das camadas nas paredes correspondentes da biblioteca CypeCad Mep. Fonte: Autor.

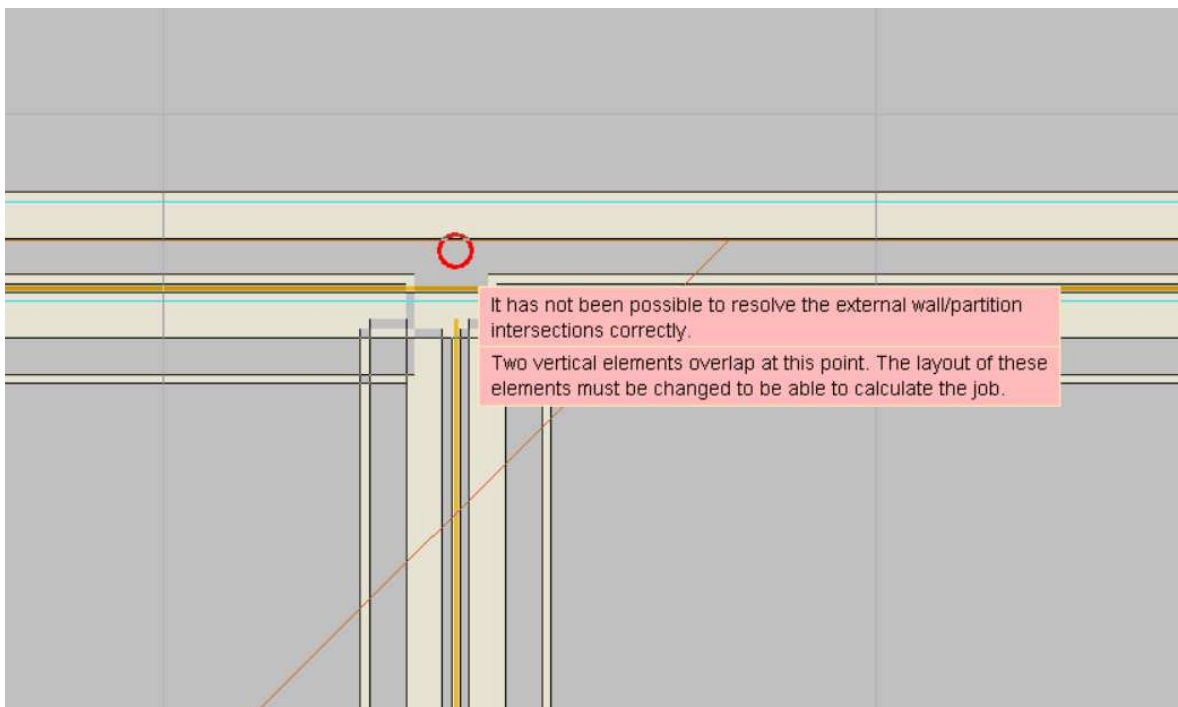


Figura 30: Mensagens de erro encontradas. Fonte: Autor.

5.2. Comparação entre Simulações

Conforme apresentado acima, as informações adicionadas nos modelos do Revit como Parâmetro Compartilhado não foram lidas pelo aplicativo, ficando evidente que não há um espelhamento destas informações no CypeCad Mep 2016. Portanto, faz-se necessário estudar melhor o sistema de gerenciamento do banco de dados (SGBD) para que as informações de caracterização acústica sejam lidas posteriormente pelo software.

Por outro lado, o processo de trabalho para importar o IFC no CypeCadMep, exige uma etapa de substituição dos elementos construtivos do modelo de origem por elementos já configurados na biblioteca do CypeCad Mep 216. Deste modo, sobrescreve-se os elementos construtivos importados por elementos caracterizados no CypeCad. Pode-se inferir, portanto, que as informações de caracterização para o desempenho acústico poderão ser inseridas somente no software de simulação, não sendo necessariamente transmitidas do modelo de projeto no Revit Architecture.

Uma vez que as informações geométricas são lidas, caracteriza-se uma simulação, cuja caracterização acústica é realizada no software de simulação CypeCad Mep 2016.

Comparando ambas simulações, percebe-se que não há diferenças significativas entre os resultados das simulações, o que valida a possibilidade de comunicação entre os softwares, ou seja, a interoperabilidade.

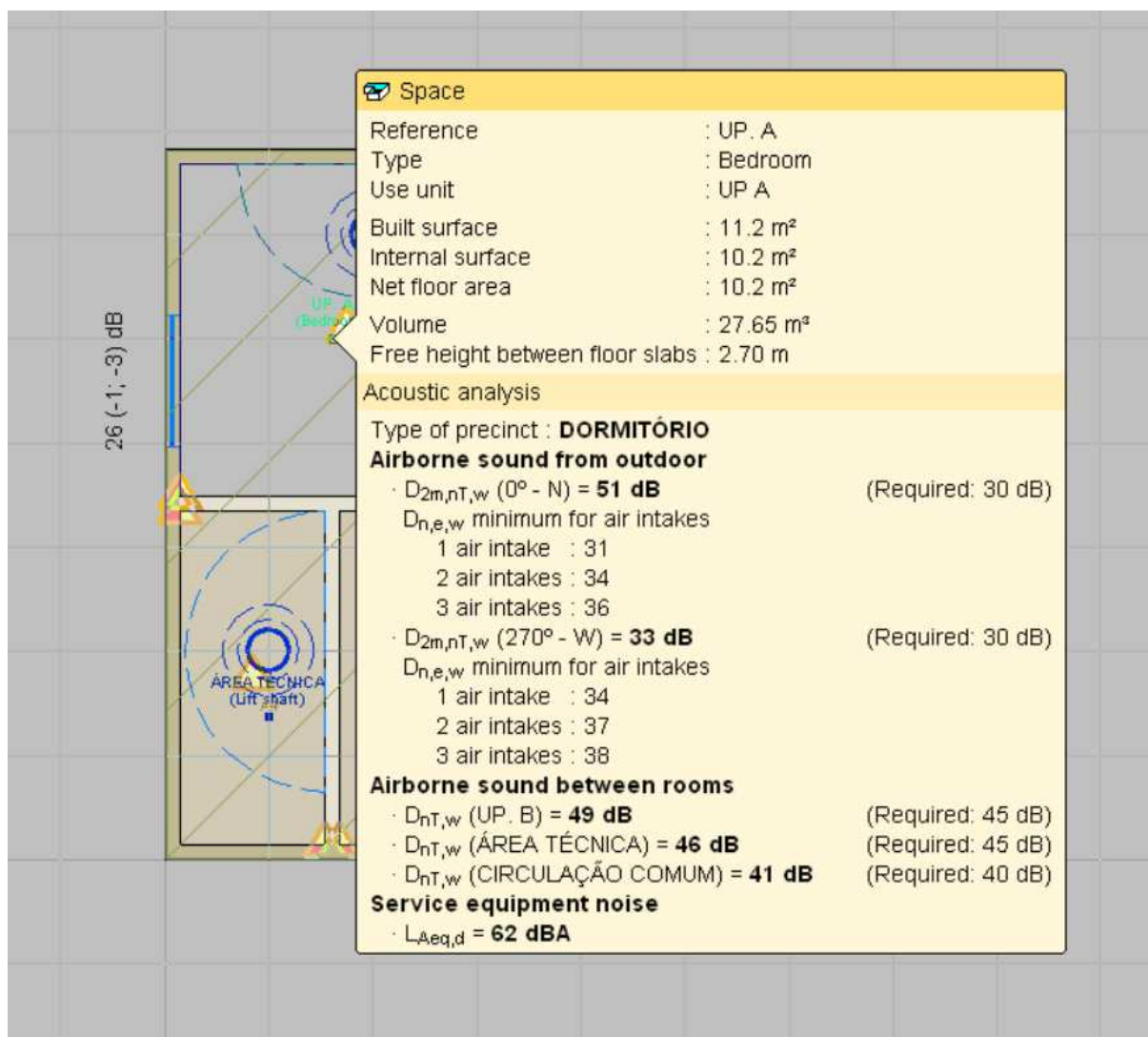


Figura 31: Simulação acústica com base no modelo importado do Revit Architecture 2015. Fonte: Autor.

Compreende-se que a leitura das informações geométricas é primordial para possibilitar uma interoperabilidade entre os softwares. Sabe-se que a interoperabilidade de informações vinculadas às propriedades dos elementos ainda depende de um estudo mais aprofundado do sistema de gerenciamento do banco de dados dos softwares, assim como, uma organização normativa de como organizar estas informações.

Conforme é salientado no desenvolvimento do artigo, o processo de trabalho entre o software de projeto Revit Architecture 2015 e o software de simulação CypeCad Mep 2016 parece ter sido desenvolvido de modo a não depender de informações vinculadas às propriedades dos elementos, no que tange a área de simulação acústica.

Considerando o processo de projeto, a simulação baseada num banco de dados (ou biblioteca), independente do modelo de projeto, é um ponto favorável numa etapa em que estão sendo definidas e estudadas possibilidades de diferentes composições, processos que pertencem às fases iniciais de projeto. Assim, após estas definições, as geometrias e especificações poderão ser informadas no modelo de projeto, de modo a orientar demais projetistas e manter como registro. Neste mesmo princípio, mesmo que se opte por trabalhar com camadas separadas, é possível exportar o modelo Revit considerando-se apenas a camada principal (núcleo – osso).

Entretanto, não é possível afirmar que a conexão entre elementos após a transcrição, como por exemplo as paredes, seja mantida, no caso de modificação da espessura dos elementos nesta transcrição, uma vez que poderá ocorrer erros de vínculos entre os elementos construtivos.

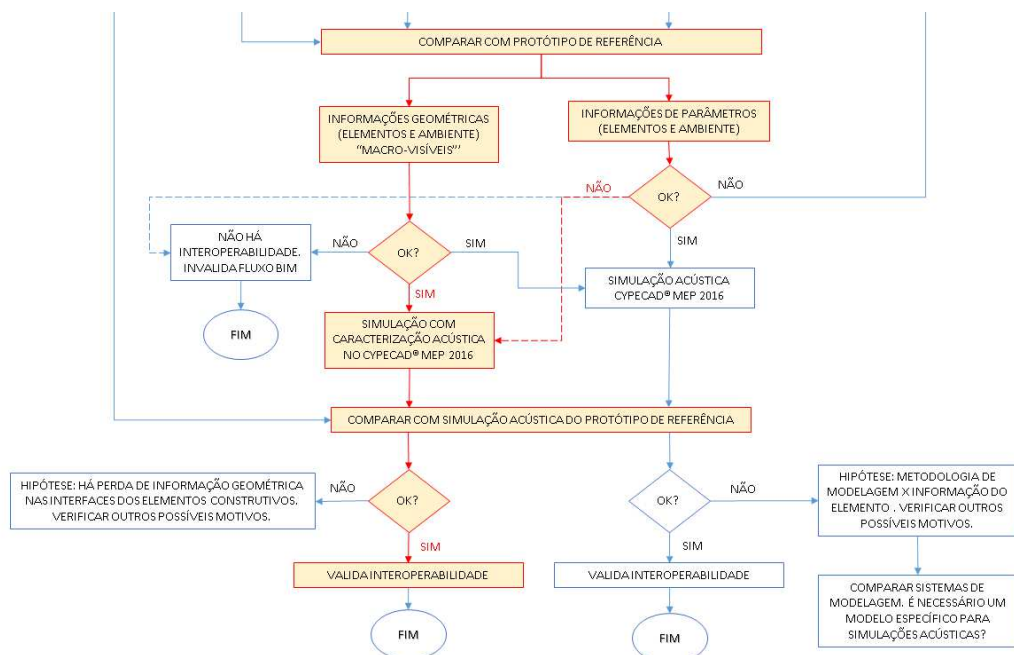


Figura 32: Identificação das possibilidades validadas no desenvolvimento do trabalho. Fonte: Autor.

6. CONCLUSÃO

Em relação ao fluxo de trabalho, durante o desenvolvimento do projeto, pode-se estabelecer duas etapas de verificação do desempenho acústico. A primeira diz respeito à caracterização do desempenho acústico dos elementos construtivo isoladamente. Já na segunda, ocorre a validação do desempenho destes mesmos sistemas já inseridos nos ambientes a serem analisados através de simulação.

Conclui-se com o presente trabalho que os resultados obtidos caracterizam um fluxo de interoperabilidade entre os *softwares* Revit Architecture 2015 e o CypeCad Mep 2016, mesmo que este seja a nível tridimensional. Sugere-se que os elementos construtivos do modelo, a ser exportado para IFC, sejam modelado como um elemento único, independentemente do número de camadas. Assim, é indicado para a simulação acústica o uso de um modelo simplificado.

Ademais, algumas hipóteses ainda necessitam de estudos futuros, como por exemplo, analisar os resultados de simulação considerando diferentes níveis de detalhamento das interfaces construtivas.

SOFTWARE INTEROPERABILITY FOR ACOUSTIC PERFORMANCE ANALYSIS IN BIM PROJECT DEVELOPMENT

Abstract:

The Building Information Modeling (BIM) is based on the information integrated structure. Thus, two main work lines characterize the project process: the collaboration between the different Construction network agents, and the interoperability between the different programs used during the building life cycle. Analyses concerning the interaction between the project software Revit Architecture 2015 and the software for acoustic simulation CypedCad Mep 2016 are carried out to understand how the information continuity takes place along the project development and how to validate such interoperability. Firstly, we present a bibliographic review on the concepts of collaboration, interoperability and IFC (Industry Foundation Classes). Afterwards we verify the degree of information maintained in the transition of the model between the programs, by comparing the models originated from Revit to the same model imported to CypeCad. The analysis is improved with the hypothesis that modeling methodology causes implications to the acoustic simulation system.

Moreover, we compare the results of simulations between the models in order to validate interoperability. Results show that there is IFC model exchange interoperability between the programs mentioned above. Acoustics characterization, however, should occur in the simulation software itself. Our work evokes discussions on the workflow and modelling methodologies. It also highlights the importance of investigation on the functioning of the software data bank management system, which is responsible for organizing the information.

Key words: Building Information Modeling. Computer Simulation. Acoustics. Interoperability. Architectural Project.

NOTAS(S) EXPLICATIVAS (S)

¹ De acordo com Paulo Nunes (2015) “o conceito de Sistemas de Informação (SI) funciona como suporte às ações e decisões humanas e depende do contexto em que estão inseridos. Pode ser definido como um conjunto de elementos, relacionados entre si, atuando num determinado ambiente com o fim de alcançar objetivos comuns e, com capacidade de auto controle. O conjunto de elementos tem que ser analisado como um todo, podendo os SI serem fechados ou abertos”.

² As partes da NBR 15.965 que estão divulgadas são as seguintes:

_____, NBR 15965-1. Terminologia e Estrutura. 2011

_____,NBR 15965-2. Características dos Objetos. 2012

_____,NBR 15965-3. Processos da Construção. 2014

³ A parte da NBR ISSO 12.006 que está divulgada é a seguinte:

_____,NBR ISO 12006-2. Estrutura para Classificação Da Informação. 2010

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. **Interoperabilidade De Aplicativos Bim Usados Em Arquitetura Por Meio Do Formato Ifc**. Gestão & Tecnologia De Projetos [ISSN 19811543]. Vol. 4, Nº 2, Novembro 2009
- AYRES FILHO, Cervantes. **Acesso ao Modelo Integrado Do Edifício**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Do Paraná. Curitiba, 2009.
- CABRAL, Alessandra. **O que é BIM?** 2015. Disponível em: <https://engenhariacivildiaria.com/2015/02/10/o-que-e-bim/>, acessado em: 29.03.2016
- CBIC. **Desempenho De Edificações Habitacionais: Guia Orientativo Para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575/2013**. Câmara Brasileira Da Indústria Da Construção. Fortaleza, 2013
- CHOO, Chun Wei. **A Organização Do Conhecimento**: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões. São Paulo: SENAC, 2003. 426P.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Bim Handbook**: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. 2º ed. New Jersey: John Wiley & Sons. inc., 2011.
- GONZÁLEZ, Benjamín; FIGUEIRA, Ricardo. **Software Bim para a análise de ciclo de vida, compatível com o estudo térmico e acústico do edifício**. Disponível no site: <http://docplayer.com.br/11105148-software-bim-para-a-analise-de-ciclo-de-vida-compativel-com-o-estudo-termico-e-acustico-do-edificio.html>. Acessado em 12.11.2015
- MENEGHINI, Bruna. Disponível em: <http://www.hoch.arq.br/o-que-e-bim/>. Acessado em:11.03.2016
- NUNES, Paulo. **Conceito de Sistemas de Informação**. 2015. Disponível no site: <http://knoow.net/cienceconempr/gestao/sistemas-de-informacao/>. Acessado em 30.03.2016
- POÇAS MARTINS, J. P. **Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção** - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos. Phd Thesis, Universidade Do Porto. 2009. Disponível no site: Http://Paginas.Fe.Up.Pt/~Gequaltec/W/Index.Php?Title=Sistemas_De_Informa%C3%A7%C3%A3o_Para_A_Constru%C3%A7%C3%A3o:Bim, Acessado em 10.03.2016.
- SANTOS, Guilherme Souza. **Como a compatibilização de projetos pode diminuir custos, gastos e retrabalhos na Construção Civil**. Artigo MBA Em Gerenciamento De Obras, Instituto De Pós-Graduação – Ipog. Florianópolis, 2014.

STRAFACI, Adam. **What does BIM mean for civil engineers?** 2008. Disponível no site: http://cenews.com/article/6098/what_does_bim_mean_for_civil_engineers. Acessado em: 10.03.2016