



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ESTUDO DAS EXPORTAÇÕES DE MODELOS DIGITAIS PRODUZIDOS NO AUTODESK REVIT PARA SIMULAÇÕES DE EDIFICAÇÕES NO ENERGYPLUS¹

QUEIRÓZ, Gabriel Ramos de (1); SANTOS, Joaquim Cesar Pizzutti dos (2); GRIGOLETTI, Giane de Campos (3)

(1) UFSM, e-mail: gqueiroz3@gmail.com; (2) UFSM, e-mail: joaquimpizzutti@hotmail.com; (3) UFSM, e-mail: ggrigoletti@gmail.com

RESUMO

O programa computacional Autodesk Revit tem seu uso crescente devido às vantagens de sua tecnologia BIM que reúne, em um único modelo virtual, todas as informações que representam uma edificação real; contudo, suas capacidades ainda não são totalmente exploradas, inclusive no âmbito de simulação computacional de edificações. Portanto, este artigo objetiva avaliar as possibilidades para exportação de modelos digitais de edificações produzidos no Revit 2016 para simulações na ferramenta EnergyPlus 8.4.0, uma das mais difundidas para este fim. A metodologia consistiu em exportar, nos formatos de arquivos IDF e gbXML, modelos baseados no caso-base da norma ASHRAE Standard 140 (Case 600), produzidos no Revit com diferentes opções de configurações do programa, para compará-los com o modelo de referência produzido diretamente no EnergyPlus, com o auxílio do *plug-in* Legacy OpenStudio para SketchUp, com base em parâmetros definidos na geometria e propriedades dos materiais empregados para verificar a distorção dos dados quando é realizada a exportação dos modelos. Os resultados apontaram que o modelo de construção proveniente do arquivo gbXML exportado do menu principal do Revit configurou-se como melhor opção para sua utilização no EnergyPlus.

Palavras-chave: Exportações de modelos. Tecnologia BIM. Autodesk Revit. Simulação de edificações. EnergyPlus.

ABSTRACT

Software Autodesk Revit has its increasing use due to the advantages of BIM which brings together all the information that represent a real building in a single virtual model; however, its capabilities are not yet fully explored, including in building simulations. Therefore, this article aims to evaluate the possibility of exporting building models produced in Revit 2016 for simulations in EnergyPlus 8.4.0. The methodology was to produce digital models in Revit with different program settings based on building Case 600 from ASHRAE Standard 140 and export them in IDF and gbXML file formats. After that, such models were compared with the reference model produced directly in EnergyPlus, with Legacy OpenStudio SketchUp Plug-in, based on parameters defined in geometry and material properties to check the distortion of data when exporting models is performed. Results show the construction model from gbXML file exported from main menu of Revit as the best option to use in EnergyPlus.

¹ QUEIRÓZ, Gabriel; SANTOS, Joaquim; GRIGOLETTI, Giane. Estudo das exportações de modelos digitais produzidos no Autodesk Revit para simulações de edificações no Energy Plus. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Keywords: Model export. Building Information Modeling. Autodesk Revit. Building simulation. EnergyPlus.

1 INTRODUÇÃO

O Autodesk Revit é um programa computacional de concepção de projetos de arquitetura e complementares e também um sistema de documentação que suporta todas as fases do processo (JUSTI, 2010). Seu crescimento de popularidade deve-se às vantagens da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM, ou Modelagem de Informações da Construção). Esta tecnologia promove um método avançado de trabalho colaborativo, utilizando um modelo virtual da edificação criado a partir de um banco de dados com informações coordenadas e consistentes (CRESCO; RUSCHEL, 2007; HIPPERT; ARAÚJO, 2010).

Mesmo assim, o BIM ainda não está sendo aplicado em todo seu potencial. Apenas algumas de suas capacidades são exploradas (MENEZES, 2011). A partir disso, o presente artigo explora a utilização adequada de potencialidades desta tecnologia, por meio do sistema Revit, para a simulação de edificações, pois programas computacionais específicos para este fim são importantes ferramentas para análises detalhadas de desempenho termoenergético, devido às facilidades na manipulação das variáveis e no tempo de processamento de alternativas (LAMBERTS et al, 2010; SPANNENBERG, 2006).

A empresa Autodesk irá integrar funcionalidades semelhantes do programa Ecotect Analysis para o Revit, maximizando os esforços de desenvolvimento no BIM e em soluções baseadas em nuvem para análise de desempenho de edificações (AUTODESK, 2016a); enquanto isso não ocorre, o Revit carece de ferramentas para uma análise mais aprofundada. Por este motivo, este trabalho buscou alternativas para a utilização de modelos digitais produzidos no Revit para a simulação de edificações na ferramenta EnergyPlus.

Sendo assim, o Revit foi selecionado por ser difundido entre os profissionais da área e possuir uma interface gráfica atrativa, que facilita o seu uso e pode despertar o interesse pela busca de mais conhecimentos acerca da avaliação do ambiente construído. O EnergyPlus foi escolhido como programa complementar de análise por possibilitar a integração com o Revit e apresentar potencialidades em simulações de edificações, é uma ferramenta consolidada e recomendada por instruções normativas brasileiras.

Foi definido como estudo de caso a edificação Case 600, da norma ASHRAE Standard 140 (ASHRAE, 2012) que aborda o método padrão de testes para a validação de programas computacionais que realizam simulações energéticas de edificações. Tal edificação representa um modelo simplificado, com uma única zona térmica e maior controle de suas variáveis.

2 OBJETIVO

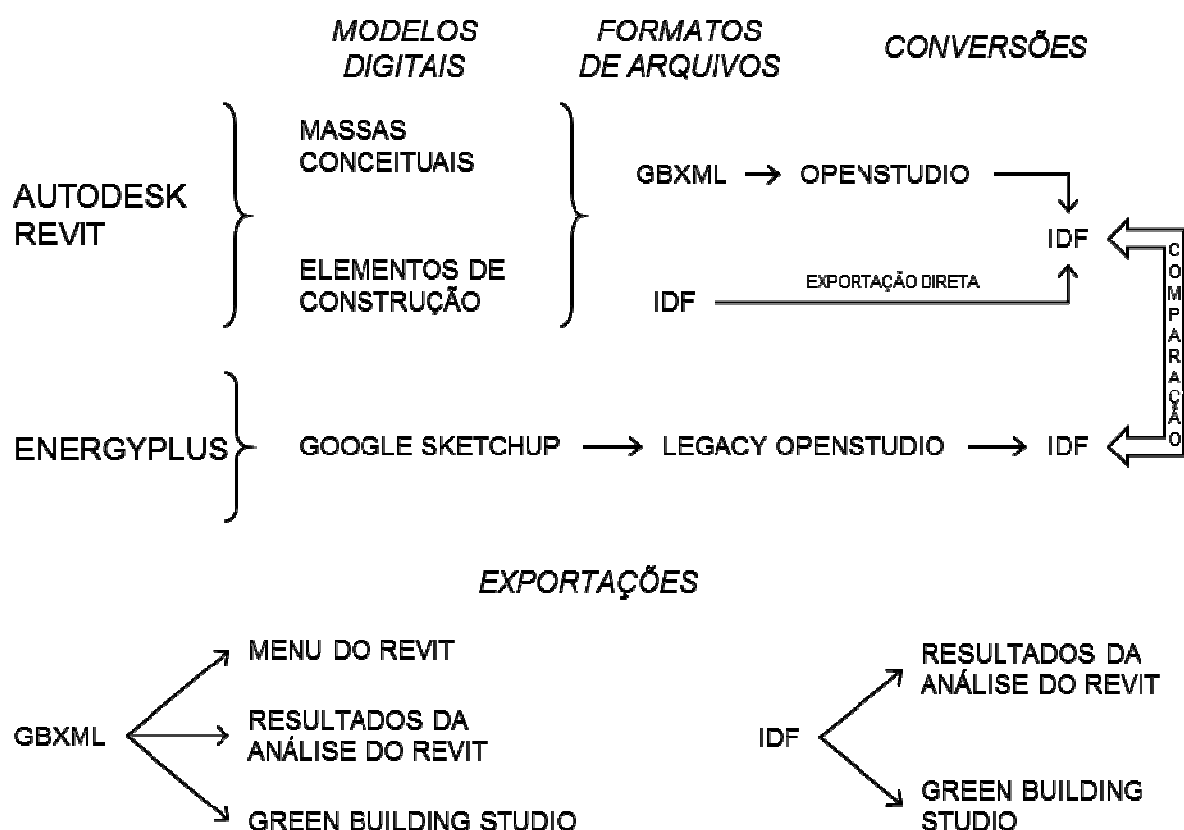
O objetivo deste artigo é avaliar as possibilidades para exportação de modelos digitais de edificações produzidos no programa computacional Autodesk Revit 2016 para simulações na ferramenta EnergyPlus 8.4.0.

3 MÉTODO

O procedimento metodológico da pesquisa (Figura 1) seguiu os preceitos da norma americana ASHRAE Standard 140 (ASHRAE, 2012) e consistiu em:

- estudo de caso, constituído por edificação representativa para a investigação, por meio da produção de modelos digitais com diferentes opções de configurações no Revit e no EnergyPlus;
- exportações e conversões de todos os modelos criados no Revit para o formato de arquivo suportado pelo EnergyPlus, com o auxílio de ferramentas adicionais, sendo que todos os programas computacionais foram utilizados em suas versões mais recentes;
- comparações entre os modelos produzidos no Revit com o padrão de referência do EnergyPlus, por meio de parâmetros definidos para a análise da integração entre os respectivos programas computacionais.

Figura 1 – Resumo da metodologia



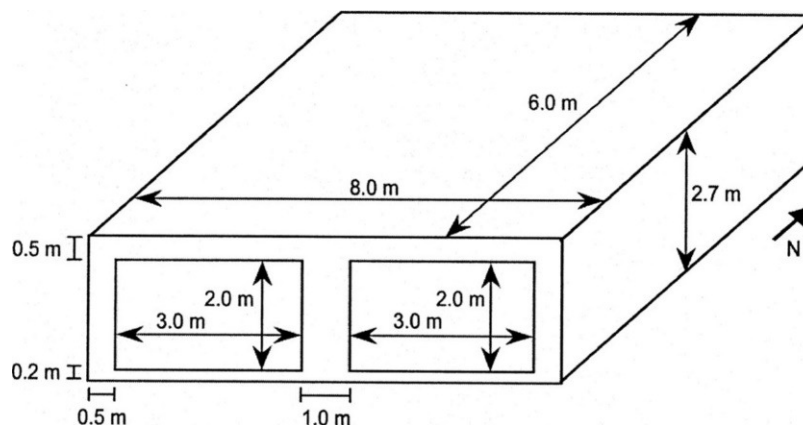
Fonte: Os autores

3.1 Definição do modelo de edificação no EnergyPlus

Inicialmente, a edificação foi modelada no programa SketchUp 2016, com o auxílio do *plug-in* Legacy OpenStudio, versão 1.0.14, para ser gerado o arquivo em formato do EnergyPlus 8.4.0. Esse modelo serviu como base de referência para a comparação dos modelos BIM criados no Revit.

A geometria do Case 600 foi modelada de acordo com as especificações da norma ASHRAE Standard 140 (Figura 2), correspondendo a uma zona térmica retangular com volume de ar interno de 129,6 m³ (ASHRAE, 2012).

Figura 2 – Geometria da edificação



Fonte: ASHRAE (2012, p. 16)

O envelope do modelo é composto por elementos com baixa massa térmica. A Tabela 1 apresenta as características desses fechamentos opacos da edificação, com suas respectivas camadas e propriedades térmicas dos materiais correspondentes.

Tabela 1 – Características dos fechamentos opacos

Material (do interior para o exterior)	Espessura [m]	Condutividade térmica [W/(m·K)]	Densidade [kg/m³]	Calor específico [J/(kg·K)]
Parede externa				
Gesso acartonado	0,012	0,160	950	840
Fibra de vidro	0,066	0,040	12	840
Madeira	0,009	0,140	530	900
Piso				
Madeira	0,025	0,140	650	1200
Isolamento	1,003 ¹	0,040	0,001 ²	100 ²
Cobertura				
Gesso acartonado	0,010	0,160	950	840
Fibra de vidro	0,1118	0,040	12	840
Deck	0,019	0,140	530	900

Fonte: Adaptado de ASHRAE (2012, p. 17)

¹ A ASHRAE Standard 140 aponta que o material de isolamento do piso deve possuir espessura elevada, com 1,003 m, para efetivamente desvincular termicamente o piso do solo.

² A norma indica que a densidade e o calor específico do isolamento do piso devem possuir o menor valor possível que o programa permite; no EnergyPlus, foram adotados os valores apresentados acima.

As janelas (Tabela 2) são dois elementos localizados na fachada sul e com área total de 12 m², não possuem áreas de caixilhos e são compostas por dois painéis de vidro e uma camada interna de ar.

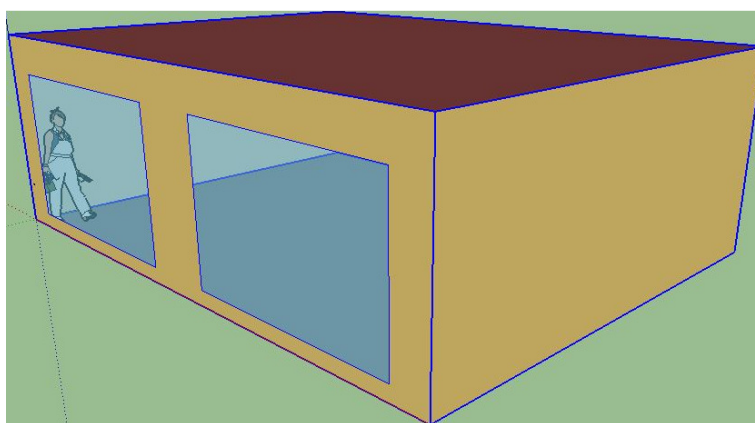
Tabela 2 – Propriedades relevantes das janelas

Propriedade	Valor
Espessura do vidro (e)	3,175 mm
Espessura da camada de ar (e)	13 mm
Condutividade térmica do vidro (λ)	1,06 W/(m·K)
Transmitância térmica da janela (U)	3,00 W/(m ² ·K)

Fonte: Adaptado de ASHRAE (2012, p. 19)

Sendo assim, a geometria do modelo digital do Case 600, criado para o EnergyPlus, é apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Case 600 modelado no SketchUp pelo *plug-in* Legacy OpenStudio



Fonte: Os autores, baseados no SketchUp 2016

3.2 Modelagem das geometrias no Autodesk Revit

Além do modelo do EnergyPlus, a edificação também foi produzida no programa Autodesk Revit 2016 por duas formas: utilizando massas conceituais e elementos de construção. Os modelos BIM foram produzidos de acordo com as orientações utilizadas no modelo do EnergyPlus.

As massas conceituais são volumes genéricos que auxiliam na representação abstrata da edificação, enquanto que os elementos de construção representam as características reais dos componentes da edificação (AUTODESK, 2016b).

3.2.1 Modelo de massa conceitual

No modelo de massa conceitual, a geometria foi composta por formas simples cujas faces não possuem espessuras e materiais.

Para tornar possível exportar o modelo nos diferentes formatos de arquivos propostos, foi necessário executar a simulação energética do Revit para criar um modelo analítico de energia, que reflete a intenção da edificação com

suas respectivas configurações de energia (AUTODESK, 2016b). Com isso foram definidas algumas dessas configurações, destacadas a seguir.

O modelo de energia (Figura 4) foi configurado para que o modo de análise o criasse com base em massas conceituais.

Figura 4 – Configurações do modelo de energia para a massa conceitual

Modelo de energia	
Modo de análise	Utilizar massas conceituais
Resolução do espaço analítico	0,4572
Resolução da superfície analítica	0,3048
Deslocamento de núcleo	0,0000
Dividir zonas de perímetro	<input type="checkbox"/>
Construções conceituais	Editar...
Percentual de destino da vidraça	0%
Altura de destino do parapeito	0,2000
A vidraça está sombreada	<input type="checkbox"/>
Profundidade da sombra	0,6000
Percentual de destino da clarabóia	0%
Largura e profundidade da &clara	0,9144

Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

No parâmetro de construções conceituais foram associados os tipos de componentes aos tipos de superfícies existentes no Case 600, como parede externa, telhado, piso e vidraça (Figura 5), com os valores equivalentes de resistências térmicas apresentados no site de ajuda do Revit (AUTODESK, 2016b); os elementos de massa inexistentes na geometria da edificação (por exemplo, paredes internas), como não puderam ser anulados, foram mantidos com as seleções padrões do Revit.

Figura 5 – Construções conceituais do modelo de massa conceitual

Construções conceituais	
Modelo de massa	Construções
Parede externa da massa	Construção leve – Isolamento típico de clima temperado
Parede interna da massa	Construção leve – Sem isolamento
Parede externa da massa - Subterrâ	Construção pesada – Isolamento típico de clima temperado
Telhado da massa	Isolamento típico – Telhado frio
Piso de massa	Construção leve – Isolamento alto
Laje de massa	Construção pesada – Sem isolamento
Vidraça da massa	Painel duplo claro – Sem revestimento
Clarabóia da massa	Painel duplo claro – Sem revestimento
Sombreado da massa	Sombra básica
Abertura da massa	Ar

OK Cancelar Ajuda

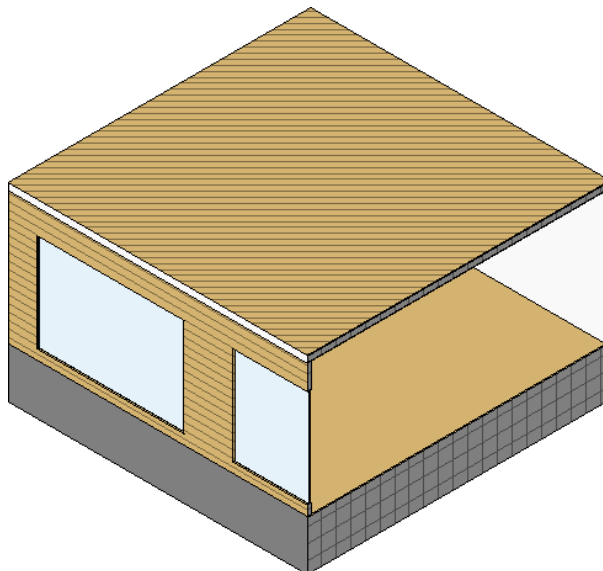
Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

3.2.2 Modelo de construção

A modelagem do Case 600 com elementos de construção foi produzida

com a aplicação de materiais e suas respectivas espessuras (Figura 6), de maneira que as espessuras da envoltória foram definidas para que o volume interno de ar permanecesse como especificado em 129,6 m³.

Figura 6 – Modelo de construção com corte vertical



Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

Os elementos de construção – piso, cobertura, paredes e janelas – foram compostos pelas camadas de materiais atribuídas pela norma (ver Tabela 1). A Figura 7 exemplifica a edição da parede do modelo, com a ordem de camadas de materiais e suas espessuras.

Figura 7 – Exemplo de edição da parede

Editar montagem

Família: Parede básica
Tipo: PAREDE
Espessura total: 0,0870 m
Resistência (R): 1,789 (m²·K)/W
Massa térmica: 1,35 kJ/K

Altura da amostra: 6,0000 m

Camadas

	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutural
1	Limite do núcleo	Camadas acima da virad	0,0000 m		
2	Acabamento 1 [4]	Lambril madeira	0,0090 m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Camada térmica/ar [3]	Fibra vidro	0,0660 m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Estrutura [1]	Placa gesso	0,0120 m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virad	0,0000 m		

LADO INTERNO

Inserir Excluir Acima Abaixo

Virada do revestimento-padrão

Nas inserções: Exterior Nas extremidades: Exterior

Modificar estrutura vertical (somente na visualização do corte)

Modificar Mesclar regiões Extrusão por percurso

Atribuir camadas Dividir região Erisos

Vista: Planta de piso: Modifi

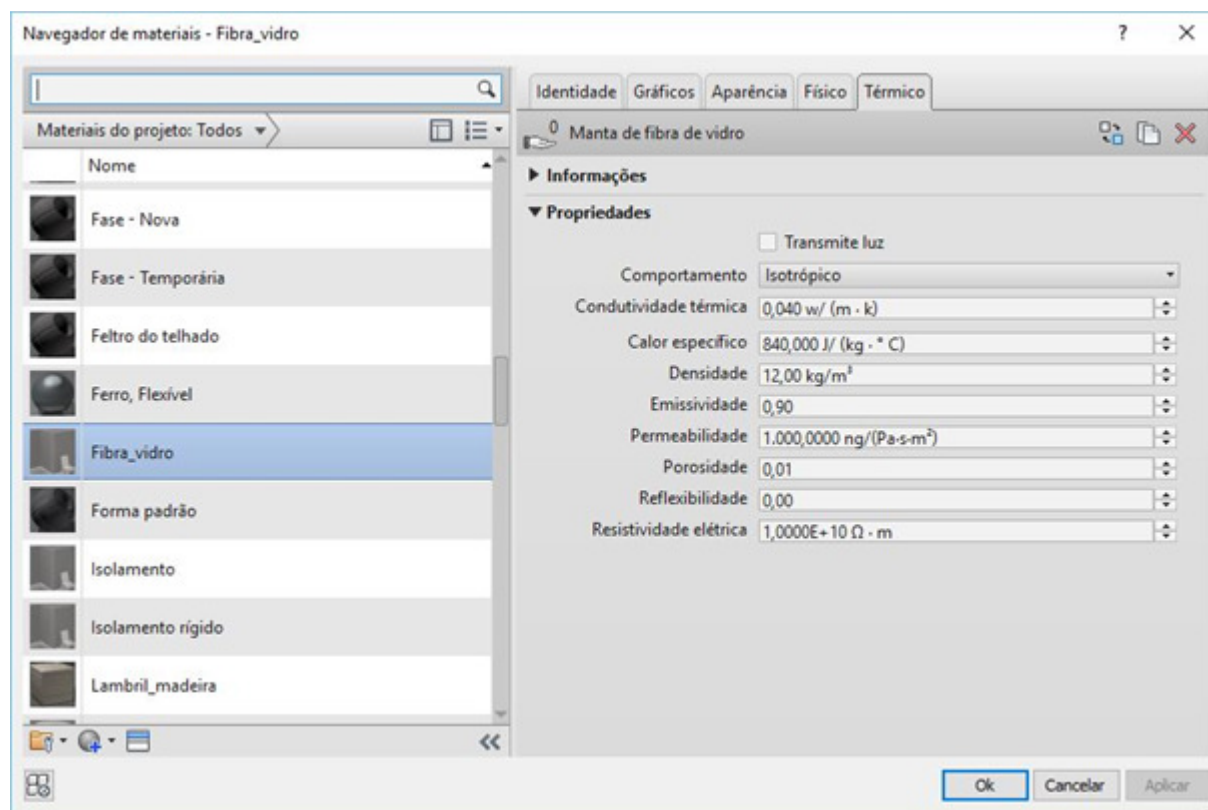
Visualizar >> OK Cancelar Ajuda

Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

Cada material empregado também foi configurado de acordo com a

norma quanto às suas propriedades térmicas. Por exemplo, a Figura 8 exibe as propriedades térmicas da manta de fibra de vidro empregada no interior das paredes do modelo, nas quais foram definidos os valores de condutividade térmica, calor específico e densidade.

Figura 8 – Propriedades térmicas da fibra de vidro



Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

A inserção de elementos de construção no modelo do Revit implica em algumas diferenças nas configurações que refletem no modelo analítico de energia gerado.

As configurações do modelo detalhado (Figura 9) efetuam o ajuste fino utilizando elementos de construção (AUTODESK, 2016b). No ícone Exportar categoria foi selecionada a opção Ambientes para poder determinar a inclusão das propriedades térmicas dos materiais, sendo utilizados os valores especificados na Figura 8.

Figura 9 – Configurações do modelo detalhado com ambientes

Modelo detalhado	
Exportar categoria	Ambientes
Exportar complexidade	Simple
Incluir propriedades térmicas	<input checked="" type="checkbox"/>
Fase do projeto	Construção nova
Tolerância de espaço estreito	0,0000 m
Ambiente de construção	Identificar elementos externos
Tamanho da célula da grade analit	0,9144 m

Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

Nas configurações do modelo de energia (Figura 10), como foi selecionado para utilizar os elementos de construção no modo de análise, não houve a necessidade de definir outros parâmetros.

Figura 10 – Configurações do modelo de energia

Modelo de energia	
Modo de análise	Utilizar elementos de construção
Resolução do espaço analítico	0,4572 m
Resolução da superfície analítica	0,3048 m
Deslocamento de núcleo	3,6000 m
Dividir zonas de perímetro	<input checked="" type="checkbox"/>
Construções conceituais	Editar...
Percentual de destino da vidraça	40%
Altura de destino do parapeito	0,7500 m
A vidraça está sombreada	<input type="checkbox"/>
Profundidade da sombra	0,6000 m
Percentual de destino da clarabóia	0%
Largura e profundidade da &clara	0,9144 m

Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

A criação do modelo analítico de energia a partir de elementos de construção gera espaços e superfícies analíticos que refletem, respectivamente, a zona térmica e os componentes construtivos da edificação.

3.3 Exportação e conversão dos modelos produzidos

Após a produção no Autodesk Revit 2016 dos modelos propostos para o Case 600, os mesmos foram exportados nos formatos de arquivos disponíveis e convertidos para serem abertos no SketchUp e comparados com o modelo de referência produzido para o EnergyPlus 8.4.0.

Para isso, foram definidos dois tipos de arquivos: *Green Building eXtensible Markup Language* (gbXML) e *EnergyPlus Input Data File* (IDF).

3.3.1 Arquivos gbXML

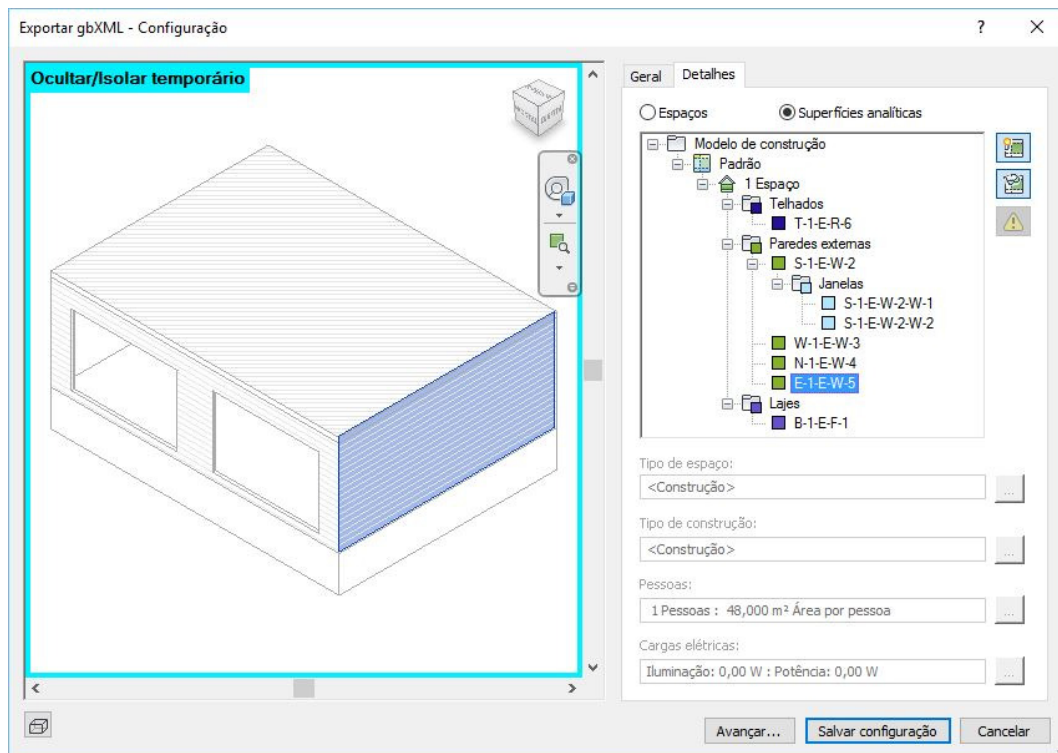
Quando é executada a análise energética no Revit, o modelo analítico de energia é transferido para um arquivo gbXML para ser enviado para o serviço na nuvem da ferramenta Autodesk Green Building Studio (GBS) (AUTODESK, 2016b).

Sendo assim, foram realizadas três maneiras possíveis para exportar os modelos como arquivo gbXML: a partir do *menu* principal do Revit, da barra de ferramentas onde são apresentados os resultados das análises de energia feitas no Revit e do próprio GBS.

Especificamente para exportar com modelos de construção, surge uma nova janela do programa para as configurações de exportação do arquivo gbXML (Figura 11), na qual, foram examinados os espaços ou ambientes inseridos e suas superfícies analíticas para a verificação e correção de erros,

quando necessário.

Figura 11 – Visualização de elementos do modelo de construção nas configurações de exportação para arquivos gbXML



Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

Em seguida, o processo de conversão dos arquivos gbXML para o formato IDF foi simples: iniciou-se pela importação do arquivo gbXML para o programa computacional OpenStudio 1.10.0 e a posterior exportação como formato IDF para o EnergyPlus.

3.3.2 Arquivos IDF

Outra maneira utilizada na pesquisa para gerar os arquivos IDF a partir dos modelos produzidos no Revit foi pela exportação direta nesse formato de arquivo, a partir dos resultados do Revit e do GBS, sem a necessidade de conversões como nos casos anteriores.

3.4 Parâmetros de comparação

Para avaliar a melhor opção de compatibilidade entre os programas computacionais estudados, foram comparados todos os modelos produzidos no Revit com o padrão de referência produzido diretamente para o EnergyPlus. Isto foi feito para analisar a semelhança das informações obtidas, utilizando parâmetros definidos sobre as geometrias e os materiais.

A comparação das geometrias foi realizada pela visualização dos modelos no SketchUp, a partir da abertura dos arquivos IDF com o *plug-in* Legacy OpenStudio. Foram comparados aspectos quanto à fidelidade dos modelos

BIM com o modelo de referência, tais como: as dimensões da zona térmica; a existência e identificação correta dos componentes de construção; e a simplicidade da geometria, conforme recomendada para modelos virtuais utilizados em simulações computacionais.

Quanto aos materiais, os arquivos IDF foram abertos no próprio EnergyPlus para verificar se tais parâmetros estavam corretos conforme o modelo de referência. Foram examinadas as propriedades físicas (camadas dos componentes e respectivas espessuras) e térmicas (condutividade térmica, densidade, calor específico e outras variações) dos materiais nos referentes componentes de construção dos modelos.

4 RESULTADOS

Os diferentes tipos de modelos da edificação colaboraram para identificar mudanças específicas em cada uma das exportações examinadas. Por possuir uma geometria simplificada, o Case 600 permitiu um maior controle na verificação de distorções das informações transferidas entre os modelos.

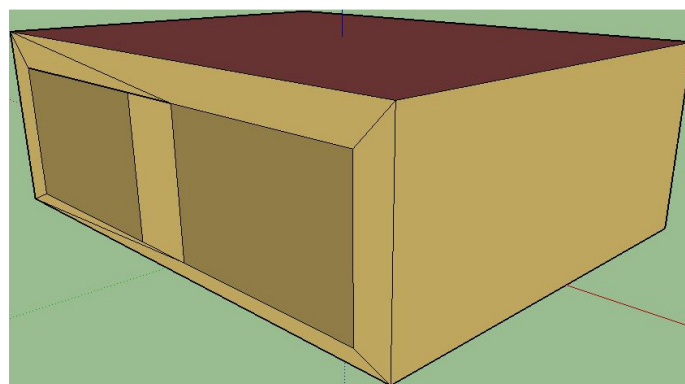
4.1 Arquivos gbXML

Os arquivos gbXML convertidos para formato IDF apresentaram opções viáveis para a utilização de seus modelos no EnergyPlus.

4.1.1 Geometrias

Notou-se que os três arquivos exportados com massas conceituais originaram uma mesma geometria. Na Figura 12 percebe-se que a geometria ficou distorcida, com superfícies facetadas na parede sul, e as janelas foram interpretadas como portas, o que pode causar mais tempo de processamento na execução das simulações e má interpretação das informações. Entretanto, esses erros podem ser facilmente corrigidos por edição direta no SketchUp.

Figura 12 – Geometria do modelo de massa conceitual exportado em gbXML

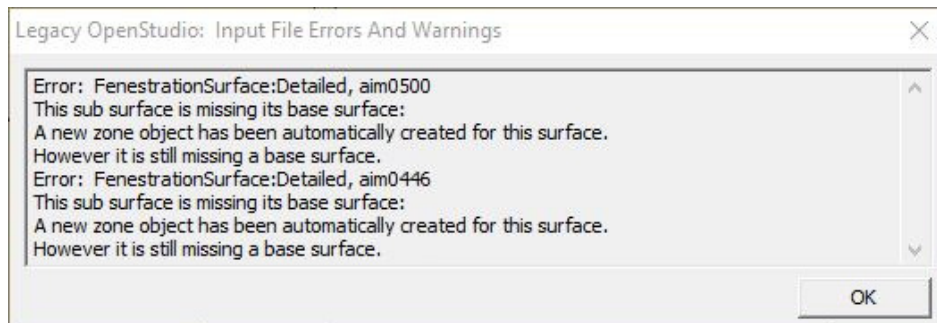


Fonte: Os autores, baseados no SketchUp 2016

Para o modelo de construção, as geometrias exportadas diretamente do GBS e a partir dos resultados do Revit foram exatamente iguais à da Figura 12

acima. Especificamente, houve um erro na identificação das janelas (Figura 13), sendo criadas automaticamente novas zonas para essas superfícies e interpretadas erroneamente como portas.

Figura 13 – Aviso de erro na identificação das janelas no modelo de construção



Fonte: Os autores, baseados no SketchUp 2016

Enquanto que, quando o modelo é exportado a partir do *menu* Revit, foi gerada uma geometria idêntica ao padrão de referência do EnergyPlus (ver Figura 3).

A definição de geometria para o modelo de construção exportado do *menu* principal do Revit aparentou ser a melhor opção, uma vez que foi a mais simplificada e fiel ao modelo de referência, com elementos de edificação corretamente transferidos e interpretados pela conversão em formato IDF.

Vale destacar uma questão sobre o modelo analítico de energia gerado automaticamente no Revit quando é proveniente de geometrias com elementos de construção. Este modelo adota como base para a sua definição o eixo central dos elementos de construção, consequentemente o volume de ar interno é aumentado e as faces externas da edificação são reduzidas. O ideal seria trabalhar com a face externa das paredes, alterando de fato a massa de ar, mas mantendo suas superfícies externas com as dimensões reais, uma vez que a radiação solar interfere muito no desempenho da edificação.

Assim os modelos de massas conceituais que são produzidos com os tamanhos ideais e sem espessuras no Revit ganham vantagem com relação às dimensões exportadas da geometria, apesar de seus erros identificados.

4.1.2 Materiais

Quando os arquivos gbXML foram convertidos para o formato IDF, os objetos sofreram alterações em sua nomenclatura, como as denominações de materiais e elementos de construção definidas pelo usuário no Revit. Essa mudança, que se configura em números para a diferenciação dos objetos, dificulta a identificação dos mesmos quando se opta pela correção do arquivo, tornando o processo mais trabalhoso.

Para o modelo de massas conceituais, como não existe a possibilidade de configurá-lo no Revit como desejado, nos arquivos originados dos resultados do Revit e do GBS, as propriedades térmicas dos materiais foram introduzidas

no arquivo IDF (já interpretadas como resistência térmica) pelas construções conceituais definidas nas configurações do modelo de energia durante sua produção (ver Figura 5).

Como o modelo exportado a partir do *menu* do Revit não sofre influência do GBS por não ter havido a necessidade de execução da análise de energia no programa, as configurações de materiais da edificação não foram transferidas para o arquivo IDF.

Para o modelo de construção, por ser produzido no Revit com um domínio maior de suas definições, no arquivo exportado a partir do *menu* do Revit, a diferença foi que as propriedades térmicas foram identificadas dos próprios materiais configurados e aplicados durante a modelagem no programa (ver Figura 7 e Figura 8).

Com os modelos originados a partir dos resultados do Revit e do GBS, acrescenta-se que foram criados materiais inexistentes para as superfícies resultantes do erro de identificação das janelas da geometria (ver Figura 13).

Portanto quanto às configurações de materiais, o modelo de construção exportado do *menu* principal do Revit foi o que representou a melhor alternativa para ser convertido em formato IDF. O motivo é a transferência somente das informações definidas especificamente na sua produção, sem dados padrões do programa, resultante da geometria fiel ao modelo de referência e do maior controle de configurações desse tipo de modelagem.

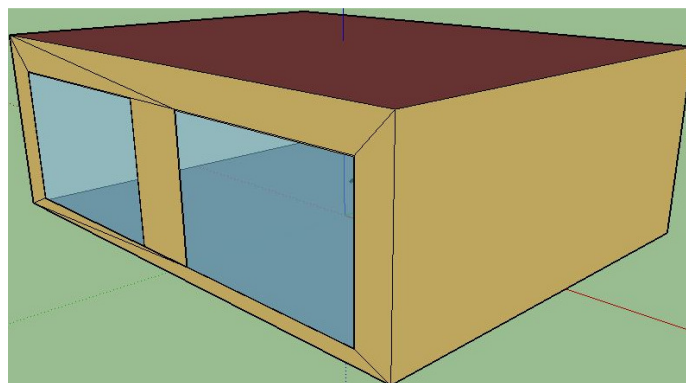
4.2 Arquivos IDF

Os modelos digitais produzidos no Revit possuem a vantagem de serem exportados diretamente no formato IDF para o EnergyPlus, pois trata-se de um processo recomendado e simplificado para ser executado.

4.2.1 Geometrias

As geometrias exportadas do modelo de massas conceituais, tanto do Revit como do GBS, sofreram somente distorções em sua fachada sul, com a superfície dividida em várias faces (Figura 14), semelhante ao ocorrido com o formato gbXML. Contudo, as janelas foram reconhecidas corretamente, o que proporciona uma vantagem para este tipo de exportação.

Figura 14 – Geometria do modelo de massa conceitual exportado em arquivo IDF



Fonte: Os autores, baseados no SketchUp 2016

O modelo de construção obteve a mesma conformação de geometria da Figura 14 acima. Porém, por se tratar de modelagem com as espessuras de seus elementos, as geometrias perderam as dimensões definidas para o Case 600, pois assume os eixos centrais dos componentes da envoltória da edificação. Isto significa que tais modelos tiveram um aumento no volume interno de ar e uma redução da área das superfícies externas.

Sendo assim, como todas as geometrias sofreram distorções na parede que recebe as janelas, os modelos de massas conceituais apresentaram vantagens por terem suas dimensões em conformidade com o modelo de referência do EnergyPlus.

4.2.2 Materiais

No modelo de massas conceituais (exportado do Revit e do GBS), foram transferidos os dados sobre os materiais dos elementos de construção, cujas propriedades térmicas foram definidas pelas construções conceituais escolhidas nas configurações de energia do Revit.

Para ambos os modelos de construção, devido à variação do processo de modelagem no Revit, as propriedades térmicas dos materiais, em vez de serem padronizadas de construções conceituais, foram transportadas dos materiais definidos no programa. Por motivos desconhecidos, foram criados materiais inexistentes na edificação para as superfícies facetadas que formam uma moldura ao redor de cada janela.

Vale ressaltar que, para a família de janelas do Revit, não são exportadas as propriedades térmicas de seus componentes, como exemplo o vidro; nesse caso, são transferidas para o arquivo IDF as propriedades analíticas do tipo de janela (Figura 15), que constituem dados pré-definidos no programa.

Figura 15 – Propriedades analíticas de janelas no Revit

Propriedades analíticas	
Construção analítica	Vidraça dupla - doméstico
Transmissão de luz visual	0,810000
Coefficiente de ganho de calor solar	0,760000
Resistência térmica (R)	0,3196 (m ² ·K)/W
Coefficiente de transferência de calor (U)	3,1292 W/(m ² ·K)

Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

Com isso, o modelo de construção, independentemente de sua exportação, torna-se a melhor opção de transferência das configurações de materiais analisadas, por conter informações que o faz ser bastante similar ao modelo de referência do EnergyPlus.

5 CONCLUSÕES

Dentre as exportações realizadas, analisando-se somente a geometria da edificação, ficou evidente que o modelo de construção exportado em arquivo gbXML a partir do *menu* principal do Revit foi o que sofreu menos distorções, apesar da alteração de seu volume com relação ao modelo de referência do EnergyPlus. Quanto aos materiais, este mesmo modelo transferiu as propriedades térmicas adequadas definidas durante a modelagem no Revit e não inseriu materiais desconhecidos nas configurações da edificação. Com isso também se percebe a melhor relação do programa Revit com o formato de arquivo gbXML pela facilidade de transferência de informações, mesmo sendo possível a exportação direta em arquivo IDF para o EnergyPlus.

Conclui-se que, no caso analisado, o modelo de construção proveniente do arquivo gbXML exportado do *menu* principal do programa computacional Autodesk Revit 2016 configurou-se como melhor opção para utilização tanto de sua geometria como de suas configurações de materiais na ferramenta EnergyPlus 8.4.0. Ressalta-se a necessidade de correção em suas dimensões, facilmente realizada diretamente no SketchUp, e, se desejada, na nomenclatura dos objetos referentes aos materiais da edificação.

REFERÊNCIAS

- ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 140-2011**: standard method of test for the evaluation of building energy analysis computer programs. Atlanta: ANSI, 2012.
- AUTODESK. **Autodesk Ecotect Analysis**: sustainable building design software. Disponível em: <<http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/>>. Acesso em: 20 ago. 2015a.
- _____. **Autodesk Revit 2016**: ajuda. Disponível em: <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/PTB/>>. Acesso em: 9 set. 2015b.
- CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: TIC, 2007. Disponível em: <<http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/tic2007/artigos/A1085.pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2015.
- HIPPERT, M. A. S.; ARAÚJO, T. T. A contribuição do BIM para a representação do ambiente construído. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 1., 2010, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ANPARQ, 2010. Disponível em:

<<http://www.anparq.org.br/dvd-enanparq/simposios/173/173-739-1-SP.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

JUSTI, A. **Revit Architecture 2010**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2010.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente**: simulação computacional do desempenho termo-energético. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010. v. 4.

MENEZES, G. L. B. B. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v. 18, n. 22, p. 152–171, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/3363/3719>>. Acesso em: 4 ago. 2015.

SPANNENBERG, M. G. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social**: estudos de caso em Marau-RS. 2006. 189 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.