XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Análise de interoperabilidade geométrica BIM-BEM no Revit 2023

Análisis de interoperabilidad geométrica BIM-BEM en Revit 2023

BIM-BEM geometric interoperability analysis in Revit 2023

Eficiência Energética / Eficiencia energética / Energy Efficiency

Rodrigues, Cesar Marzullo Aguiar Centeno Rodrigues
Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil,
atk.cesar@gmail.com

Silva, Antônio César Silveira Baptista da

Doutor em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil

antoniocesar.sbs@gmail.com

USP ufsc IAU USP FAUUSP

Resumo

A interoperabilidade entre ferramentas BIM-BEM ainda não foi completamente alcançada. Inconsistências nas transformações geométricas e variadas técnicas de modelagem são barreiras comuns nas trocas de dados entre os sistemas. O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros de criação e precisão das estruturas geométricas de análise de energia no programa Revit 2023. O estudo foi desenvolvido em duas etapas: (i) realização de testes exploratórios para identificação do método de criação das estruturas analíticas no Revit; (ii) avaliação do comportamento das estruturas analíticas para formação do arquivo gbXML. Os testes realizados permitiram compreender como são realizadas as simplificações geométricas para a criação do modelo energético, bem como demonstrar como os dois modos de exportação interferem nesse processo. Ao final, 82,35% dos casos tiveram sua geometria corretamente exportada pelo modo "*Rooms or Spaces*" contra 58,82% no modo "*Building Elements*". Três dos casos testados não foram solucionados por nenhum dos modos de exportação.

Palavras-chave: Interoperabilidade. BIM. BEM. Revit. gbXML.

Resumen

La interoperabilidad entre herramientas BIM-BEM aún no se ha logrado por completo. Las inconsistencias en las transformaciones geométricas son barreras comunes en el intercambio de datos entre sistemas. El objetivo de este trabajo fue evaluar los parámetros de creación y precisión de estructuras geométricas para análisis energético en Revit 2023. El estudio se desarrolló en dos etapas: (i) realización de pruebas para identificar el método de creación de estructuras analíticas en Revit; (ii) evaluación de las estructuras analíticas para la formación del archivo gbXML. Las pruebas permitieron comprender cómo se realizan las simplificaciones geométricas para crear el modelo energético. Al final, 82,35% de los casos fueran correctamente exportados em el modo "Rooms or Spaces" frente al 58,82% utilizando el modo "Building Elements". Tres de los casos analizados no fueron resueltos.

Palabras clave: Interoperabilidad. BIM. BEM. Revit. gbXML.

Abstract

Interoperability between BIM-BEM tools has not yet been completely achieved. Inconsistencies in geometric transformations and varied modeling techniques are common barriers in data exchanges between systems. This work aimed to evaluate the creation parameters and accuracy of geometric structures for energy analysis in Revit 2023. The study was developed in two stages: (i) carrying out exploratory tests to identify the method for creating analytical structures in Revit; (ii) evaluation of the behavior of the analytical structures for forming the gbXML file. The tests carried out allowed us to understand how geometric simplifications are carried out to create the energy model, as well as demonstrating how the two export modes interfere in this process. In the end, 82.35% of the cases had their geometry correctly exported using the "Rooms or Spaces" mode, compared to 58.82% using the "Building Elements" mode. Three of the cases tested were not resolved by any of the export modes.

Keywords: Interoperability. BIM. BEM. Revit. gbXML.

Introdução

A interoperabilidade pode ser entendida como a capacidade de dois sistemas entenderem um ao outro e usarem a funcionalidade um do outro, permitindo que um sistema realize a operação para outro sistema, com acesso aos seus dados de forma recíproca (VERNADAT *et al*., 2008). No caso específico da interoperabilidade BIM-BEM, o modelo de análise energética utiliza a base de dados criada no modelo BIM (incluindo as informações de projeto arquitetônico e cargas mecânicas, materiais, usos, sistema HVAC, entre outros) como ponto de partida para sua modelagem, agilizando todo o processo (GAO *et al*., 2019).

O openBIM é uma iniciativa que atua justamente nesse contexto, procurando ampliar os benefícios do BIM ao facilitar a interoperabilidade dos arquivos através da criação e adoção de padrões internacionais abertos para a indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). O openBIM procura eliminar os problemas relacionados aos dados proprietários dos softwares, utilizando uma linguagem compartilhável e permitindo fluxos de trabalho através de formatos digitais como IFC, BCF, COBie, CitGML, gbXML, entre outros (BUILDINGSMART, 2023). Os dois tipos de arquivos BIM de padrão aberto mais utilizados nas simulações energéticas são o *Industry Foundation Classes* - IFC e o *Green Building XML* – gbXML (ELAGIRY *et al*., 2020).

Estudos como o de Porsani *et al.* (2021) e Machete *et al.* (2024) destacam as dificuldades e limitações relacionadas a falta de interoperabilidade entre os modelos BIM e os programas de simulação energética. Com uma abordagem mais resolutiva, estudo com de Bracht *et al.* (2021) e Yang *et al.* (2022) propõem ferramentas e dispositivos com o objetivo de mitigar os problemas geométricos encontrados na criação dos arquivos gbXML. Apesar dos esforços de pesquisa, a interoperabilidade total entre as ferramentas BIM e BEM ainda não foi completamente alcançada. Perdas de dados e informações, inconsistências nas transformações geométricas e diversas técnicas de modelagem de elementos construtivos ainda são barreiras comuns nos processos de troca de dados. (GAO *et al*., 2019).

A incorporação da ferramenta "*Systems Analysis*" no Autodesk Revit permitiu a criação de relatórios energéticos diretamente no programa (RODRIGUES, 2023). No entanto, considerando que a extração dos dados de geometria é um dos principais gargalos no processo de conversão de dados entre o modelo BIM e o programa de simulação energética, é imprescindível que a construção geométrica do modelo energético seja precisa para que os resultados da simulação possam ser considerados efetivos.

Objetivo

O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros de criação e precisão das estruturas geométricas de análise de energia dentro do programa Revit 2023.

Método

Este estudo foi desenvolvido em duas etapas: (i) realização de testes exploratórios para identificação do método de criação das estruturas analíticas no Revit; (ii) avaliação do comportamento das estruturas analíticas para formação do arquivo gbXML utilizando os casos extraídos do *Research Project* 1810 (XU, 2021).

Testes Exploratórios

Os testes foram realizados no *software* Revit 2023 (versão em inglês), utilizando a ferramenta de criação de modelo de energia. Foram testados dois modos de criação do modelo energético: utilizando as características construtivas dos elementos da construção (*Use Building Elements)* e utilizando informações baseadas em ambientes ou espaços (*Use Rooms or Spaces*), analisando as diferenças entre eles (AUTODESK REVIT, 2023).

Para a realização da análise de energia o Revit utiliza arquivos do tipo gbXML. Por se tratar de um programa BIM, as estruturas construtivas possuem espessura, gerando um complexo modelo tridimensional. Para transformar essa estrutura em um arquivo gbXML, onde o modelo é composto por faces, é importante saber como é feita essa simplificação da estrutura. As Tabelas 1 e 2 demonstram os parâmetros de criação identificados.

Tabela 1*:* Parâmetros de criação das estruturas energéticas utilizando o modo "*Building Elements*".

Estruturas Construtivas	Parâmetros de criação da estrutura energética
Pisos	São gerados levando em conta o limite superior do piso.
Paredes	São gerados levando em conta o eixo das paredes.
Telhados	São gerados levando em conta o limite superior do telhado.
Elementos isolados (brises, beirais, sacadas, entre outros)	São gerados levando em conta o limite superior da estrutura, sempre sendo aplicada a "*Analytical Surface Resolution*" quando adjacentes a outra estrutura.
Volume	O volume analítico é calculado a partir das superficies analíticas geradas. No entanto, nele é aplicado um fator de redução, definido pelo "*Analytical Space Resolution*".

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2023).

No modo "*Building Elements"* os espaços e superfícies analíticas são criados a partir das estruturas construtivas do modelo (piso, parede, telhado, entre outros), conforme demonstrado na Tabela 1. Já no modo "*Rooms or Spaces*" os espaços analíticos e as superfícies são criados com base na envoltória dos ambientes ou espaços (dependendo da opção que foi escolhida pelo projetista nas configurações de energia). Portanto, nesse modo, nos locais onde não são atribuídos ambientes ou espaços o Revit não cria uma zona térmica, considerando todas as estruturas como elementos de sombreamento. Os parâmetros de criação das estruturas nesse método podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2*:* Parâmetros de criação das estruturas energéticas utilizando o modo "*Rooms or Spaces*".

Estruturas Construtivas	Parâmetros de criação da estrutura energética
Pisos	São gerados levando em conta o limite superior do piso.
Paredes	São gerados levando em conta o eixo das paredes.
Telhados	São gerados levando em conta o limite superior do telhado.
Elementos isolados (brises, beirais, sacadas, entre outros)	São gerados levando em conta o limite superior da estrutura e, quando adjacentes a outra estrutura, necessitando chegar ao eixo da mesma para não haver vazios.
Volume	O volume analítico é calculado a partir dos limites internos dos ambientes ou espaços, dependendo da opção utilizada.

Fonte: *Adaptado de* Rodrigues (2023).

Testes ASHRAE RP-1810

Em 2019, a gbXML.org, uma entidade sem fins lucrativos dedicada ao desenvolvimento e promoção do gbXML *schema*, realizou o projeto de pesquisa 1810, intitulado "*Development of Reference Building Information Model (BIM) Test Cases for Improving Usage of Software Interoperability Schemas*" (GBXML.ORG, 2023). Esta pesquisa foi financiada pela ASHRAE com o propósito de melhorar a interoperabilidade entre os programas BIM e de análise energética, buscando alcançar um fluxo de trabalho BIM-BEM ideal (XU, 2021).

A equipe do projeto procurou desenvolver um processo de validação que minimizasse os problemas encontrados na comunicação entre os softwares de construção e de avaliação energética. No projeto foram desenvolvidos 19 casos teste baseados nos erros geométricos relatados pelos entrevistados durante a pesquisa. Cada caso documenta um possível problema na leitura do arquivo gbXML e demonstra o resultado ideal esperado. Os 19 casos teste elaborados pelo projeto foram utilizados como referência para as simulações geométricas desta pesquisa, sendo eles: 01 - paredes externas de múltiplas camadas; 02 -

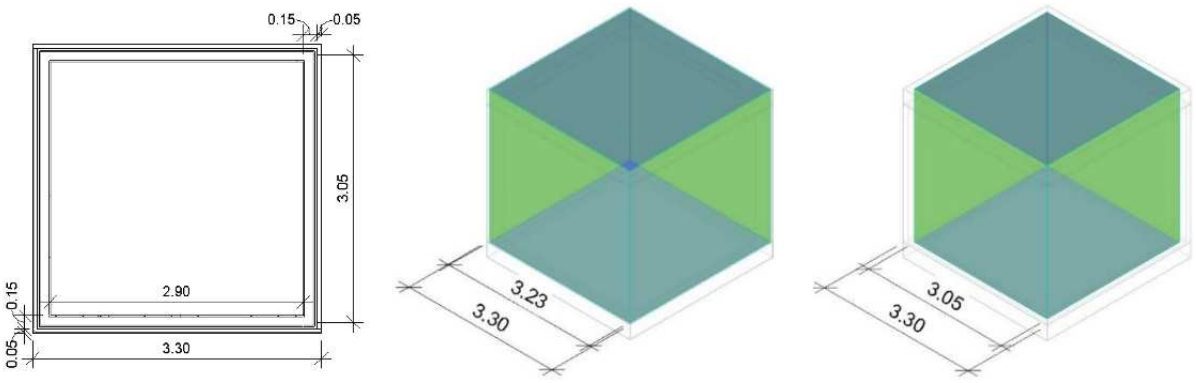
separação virtual de espaços; 03 - meia parede; 04 - forro de alturas diferentes; 05 - piso elevado e forro rebaixado; 06 - informações do envelope; 07 - ambiente dentro de outro ambiente; 08 - piso e forro adjacentes; 09 - janela interna; 10 - átrio; 11 - mansarda; 12 - ambiente côncavo; 13 - sacada; 14 - beiral; 15 - pele de vidro; 16 - *shaft*; 17 - parede curva; 18 - estrutura da janela; 19 - sistema HVAC e agenda (XU, 2021). Todavia, diferentemente da análise feita por Xu (2021), neste trabalho foram levados em conta apenas os aspectos de construção geométrica dos modelos, desconsiderando as informações carregadas pelas estruturas, como as propriedades térmicas dos materiais e a exatidão dimensional das estruturas. Dessa forma, os casos 06 e 19 não foram testados para essa análise. Foram escolhidos alguns casos (01, 05, 14, 15 e 17) para ilustrar os testes realizados nas próximas seções.

Caso 01 – Paredes externas de múltiplas camadas

Para a simulação energética, a técnica de modelagem de múltiplas camadas pode representar um problema, pois o programa BIM tem dificuldade de entender qual é a camada que ele deve considerar como o limite da construção. No Revit, para solucionar esse problema é necessário que apenas uma camada do envelope seja considerada como "*Room Bounding*" (delimitador de ambiente) nas propriedades da parede. Dessa maneira, o programa irá desconsiderar a existência das demais camadas e permitirá a correta construção geométrica do modelo, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Modelo analítico gerado no Revit com múltiplas camadas: a) planta baixa do modelo; b) camada externa como delimitador de ambiente; c) camada interna como delimitador de ambiente.

a) **b)** **c)**



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2023).

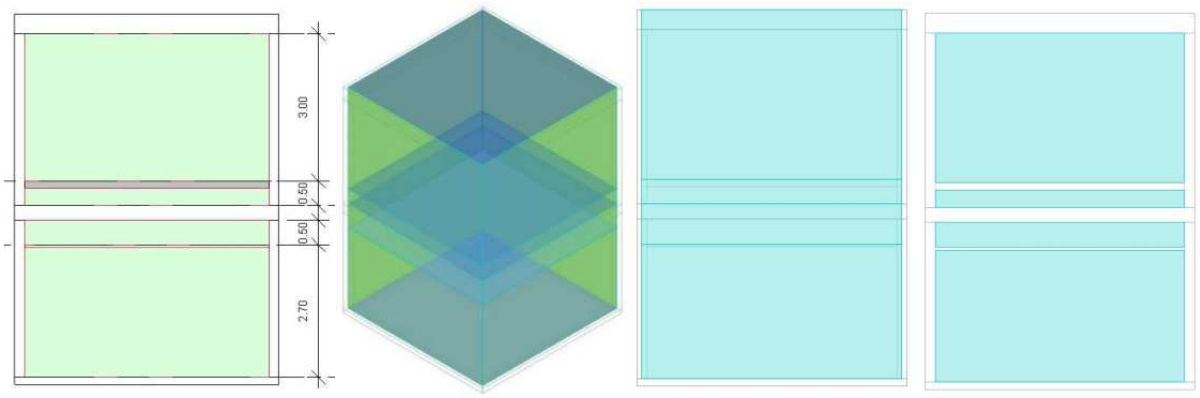
No entanto, as propriedades dos materiais das paredes desabilitadas também serão ignoradas, sendo necessária sua posterior inclusão diretamente no simulador de análise energética.

Caso 05 – Piso elevado e forro rebaixado

A utilização de piso elevado em conjunto com forro rebaixado é uma solução arquitetônica bastante utilizada em edifícios comerciais e de escritórios. Para a simulação energética é importante que esses vazios existentes entre o forro rebaixado e o entrepiso, bem como entre o entrepiso e o piso elevado, sejam corretamente exportados e identificados como espaços não-condicionados. Para a realização do teste no Revit foram criados quatro espaços (um em cada ambiente, um para o forro e outro para o piso elevado, como pode ser observado na Figura 2a. Ambos os métodos foram capazes de traduzir a geometria modelada de forma correta, com todos os espaços e superfícies analíticas conectados (Figuras 2b, 2c e 2d). A diferença se deu nos volumes dos espaços analíticos gerados.

Figura 2: Modelos analíticos exportados no Revit com piso elevado e forro rebaixado: a) corte do modelo; b) superfícies analíticas geradas no método "Building Elements"; c) método "Building Elements", espaços analíticos em corte (verde claro), alinhados com as faces externas das estruturas; d) método "Rooms or Spaces", espaços analíticos em corte (verde claro), alinhados com as faces internas dos ambientes.

a) **b)** **c)** **d)**



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2023).

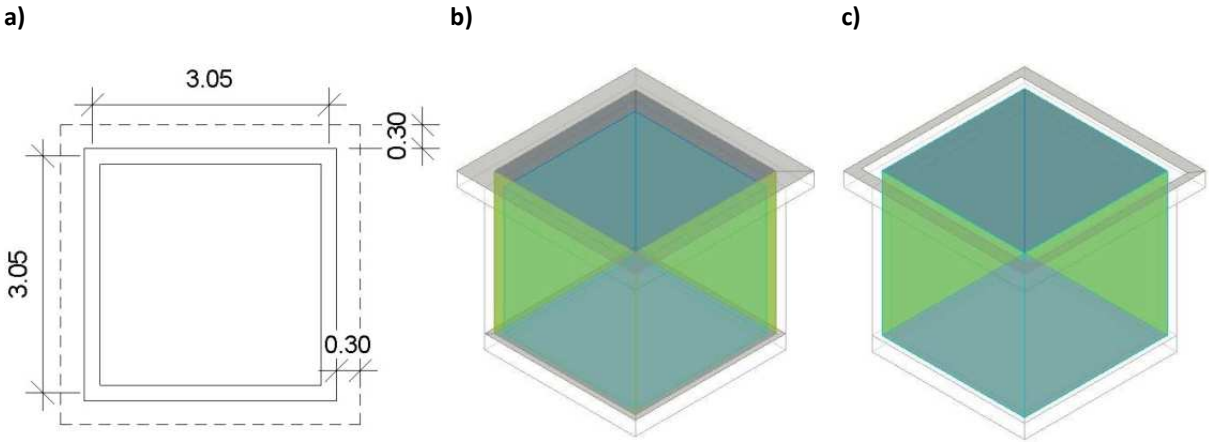
Caso 14 – Beiral

A presença de beirais no telhado pode apresentar diferentes funções, como controle de ventilação, proteção das paredes externas contra chuvas, bem como o sombreamento das

paredes para controle solar. Sua construção geométrica se assemelha às sacadas, com a diferença que os beirais se originam do prolongamento do telhado e não de pisos.

A Figura 3a demonstra a planta baixa com a projeção do telhado do modelo testado. O método "*Rooms or Spaces*" conseguiu exportar corretamente a geometria do beiral, criando geometrias de sombreamento conectadas às paredes externas (Figura 3b). Devido ao impacto do parâmetro de resolução de superfícies analíticas e à forma de exportar a geometria pelo programa, o método "*Building Elements*" gerou um beiral afastado em alguns centímetros das paredes externas da edificação que não pode ser corrigido, conforme se observa na Figura 3c.

Figura 3: Modelos analíticos exportados no Revit com beiral: a) planta baixa do modelo; b) método "*Rooms or Spaces*"; c) método "*Building Elements*".

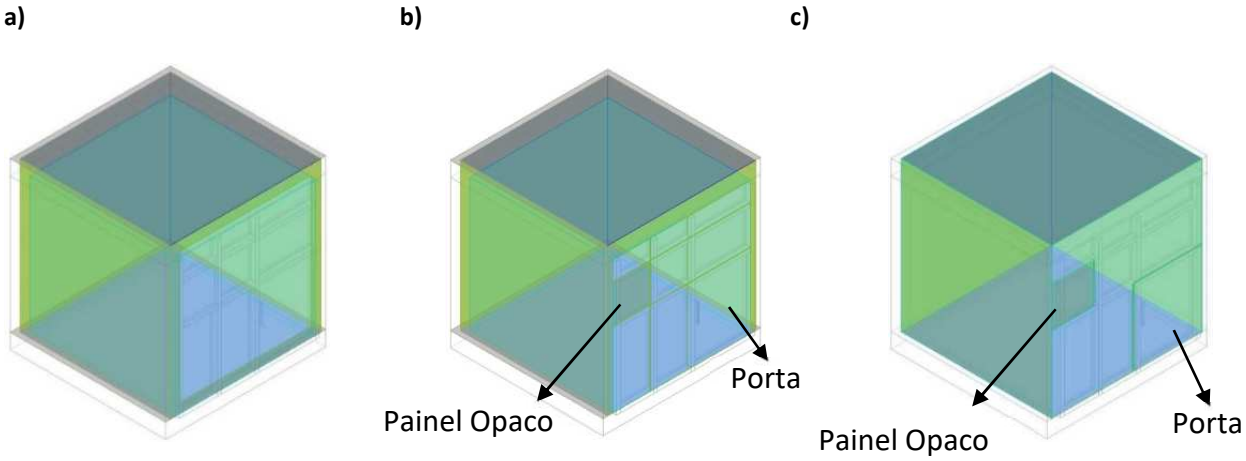


Fonte: Adaptado de Rodrigues (2023).

Caso 15 – Pele de vidro

As peles de vidro ou fachadas cortina são sistemas de fachada onde são aplicados painéis de vidro como fechamento externo, usualmente fixados em uma estrutura metálica. Nos testes realizados no Revit, o método "*Rooms or Spaces*" identificou corretamente a pele de vidro, mantendo uma área aproximadamente 2,5% menor do que a modelada. No entanto, não foi possível diferenciar painéis opacos ou a existência de aberturas na parede cortina (Figura 4a). Para um melhor detalhamento da pele de vidro no modo "*Rooms or Spaces*", é possível alterar o parâmetro de complexidade de exportação para "*Complex*" ou "*Complex with Shading*", dentro das configurações avançadas de energia (Figura 4b). No método "*Building Elements*", mesmo com a complexidade simples de exportação, a geometria é exportada de forma separada (Figura 4c).

Figura 4: Modelos analíticos exportados no Revit com pele de vidro: a) método "*Rooms or Spaces*", complexidade de exportação "*Simple with Shadings*"; b) método "*Rooms or Spaces*", complexidade de exportação "*Complex with Shadings*"; c) método "*Building Elements*".

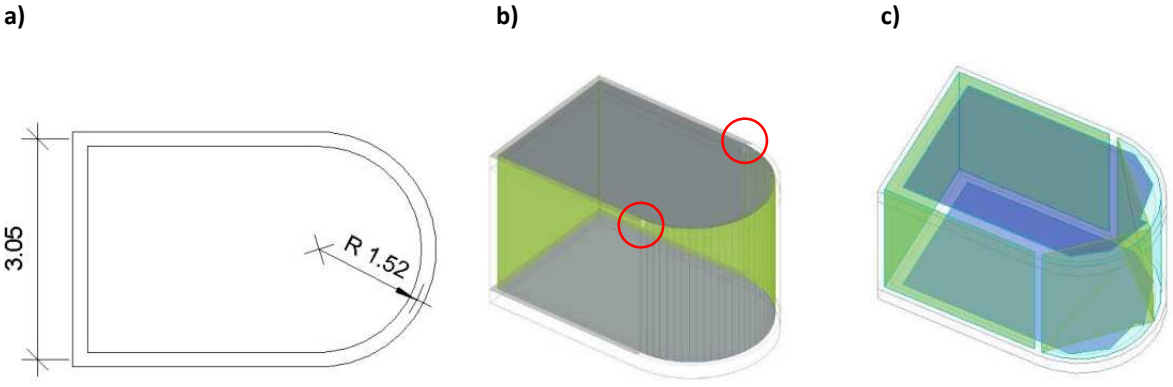


Fonte: Adaptado de Rodrigues (2023).

Caso 17 – Parede curva

As formas curvas são elementos bastante utilizados no design de edificações, podendo ser utilizadas em paredes, forros, coberturas, entre outros. Entretanto, essas geometrias são um problema para os arquivos gbXML, que representam suas superfícies a partir de vértices que são simplificados em segmentos de reta pelo seu algoritmo. Na Figura 5a pode-se observar a planta baixa do modelo testado, com uma parede externa curva de 1,52 m de raio.

Figura 5: Modelos analíticos exportados no Revit com parede curva: a) planta baixa do modelo; b) método "*Rooms or Spaces*"; c) método "*Building Elements*".



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2023).

O método "*Rooms or Spaces*" foi o que obteve o melhor desempenho, apesar de apresentar duas pequenas aberturas na geometria das superfícies, a parede curva foi subdividida em diversas superfícies retangulares (Figura 5b), enquanto o modo "*Building Elements"* gerou uma geometria totalmente desconectada (Figura 5c).

Resultados

A Tabela 3 apresenta a compilação dos resultados de todas a simulações geométricas realizadas para os dois métodos de exportação existentes no Revit.

Tabela 3 – Síntese dos resultados obtidos após a realização das simulações geométricas.

Casos XU (2021)	*"Rooms or Spaces"* - RS	*"Building Elements"* - BE	Observações
01 - Paredes externas de múltiplas camadas	AR	AR	RS e BE - Necessita a desabilitação da propriedade de delimitação de ambientes.
02 – Separação virtual de espaços.	AP	AR	BE – Necessita ser realizada através de paredes de ar (sem separadores de espaço).
03 – Meia parede	AR	AP	RS – A parede criada tem a característica de superfície de sombreamento.
04 – Forro de alturas diferentes	NA	NA	-
05 – Piso elevado e forro rebaixado	AP	AP	-
07 – Ambiente dentro de outro ambiente	AP	AP	-
08 – Piso e forro adjacentes	AR	AR	RS e BE - Necessita a desabilitação da propriedade de delimitação de ambientes.
09 – Janela Interna	AP	AP	-
10 - Átrio	AP	AP	-
11 - Mansarda	NA	NA	-
12 – Ambiente côncavo	AP	NA	-
13 – Sacada	AP	NA	-
14 – Beiral	AP	NA	-
15 – Pele de vidro	AP	AP	RS e BE – O parâmetro de complexidade da exportação influencia na exportação.
16 – Shaft	AP	NA	-
17 – Parede curva	NA	NA	-
18 – Moldura da janela	AP	AP	RS e BE – Houve diferença de 2% na área superficial da janela.

Legenda: AP (atendido plenamente); AR (atendido com ressalvas); NA (não atendido)

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2023).

A avaliação se concentrou na precisão geométrica das estruturas modeladas, que são descritas como superfícies e espaços analíticos. Foram estabelecidos três critérios de avaliação: Atendido Totalmente - AP, quando não são necessárias alterações no arquivo gbXML exportado; Atendido com Ressalvas - AR, quando as estruturas foram geradas corretamente, mas requerem uma modelagem específica para atingir o resultado pretendido; e Não Atendido - NA, quando o resultado geométrico esperado não foi alcançado. A partir dos resultados obtidos na Tabela 3 foi elaborado um gráfico comparativo dos dois métodos de exportação existentes no Revit, demonstrado na Figura 7.

Figura 6 - Gráfico comparativo entre os métodos de exportação do Revit.



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2023).

Nenhum dos métodos conseguiu satisfazer completamente todas as geometrias avaliadas. Enquanto o modo "*Room or Spaces*" atendeu completamente 64,70% dos modelos analisados, o "*Building Elements*" teve uma eficácia de apenas 41,17%. Contudo, levando em conta também os casos que receberam ressalvas, o método "*Rooms or Spaces*" demonstrou ser o mais eficiente na resolução de geometrias, alcançando 82,35% de eficiência contra 58,82% do método "*Building Elements*".

Conclusões

Os testes realizados na primeira etapa do trabalho permitiram compreender como são realizadas as simplificações geométricas pelo programa Revit para a criação do modelo energético. Também foi possível demonstrar como os dois modos de exportação (“*Building*

Elements" e "*Rooms or Spaces"*) interferem nesse processo de construção geométrico, bem como identificar algumas configurações / formas de modelagem capazes de solucionar alguns dos problemas encontrados.

Na segunda etapa foi possível demonstrar qual o método de exportação mais apropriado para as diferentes complexidades geométricas. Ao final, 82,35% dos casos tiveram sua geometria corretamente exportada (apenas os casos 04, 11 e 17 não foram solucionados por nenhum dos dois métodos de exportação). Ficou evidenciado que o método de exportação "*Rooms or Spaces"* é o mais eficiente para as complexidades testadas.

Por fim, ficou evidenciado que o entendimento dos processos de criação da geometria dentro do programa, bem como o conhecimento do funcionamento das configurações de energia do Revit são essenciais para a geração de um arquivo energético confiável, viabilizando assim o uso da ferramenta "*Systems Analysis"* ou de qualquer outro programa que utilize um arquivo gbXML exportado pelo Revit. Por se tratar de um teste considerando modelos simplificados, ressalta-se a importância da verificação geométrica dos arquivos gbXML antes da realização de qualquer simulação energética.

Dentre as limitações da pesquisa destacam-se a versão do Revit utilizada (2023), bem como a necessidade de testagem dos atributos geométricos de forma associada, em modelos de maior complexidade. Como sugestão para novos trabalhos recomenda-se a ampliação dos testes geométricos utilizando uma versão mais atual do Revit. Também sugere-a verificação do real impacto das inconsistências geométricas nas simulações de desempenho energético.

Referências

AUTODESK REVIT. **Autodesk Revit 2023**. Disponível em: https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/ENU. Acesso em: 5 jan. 2023.

BUILDINGSMART. **buildingSMART International – OpenBIM**. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/>. Acesso em: 25 out. 2023.

BRACHT, M. K. MELO, A. P. LAMBERTS, R. *A metamodel for building information modeling-building energy modeling integration in early design stage. Automation in Construction*. n° 121. 2021.

ELAGIRY, M.; CHARBEL, N.; BOURREAU, P.; DI ANGELIS, E.; Costa, A. *IFC to Building Energy Performance Simulation: A Systematic Review of the Main Adopted Tools and Approaches.* ***In***

Proceedings of the BauSIM 2020-8th Conference of IBPSA Germany and Austria, Graz, Austria. September, 2020.

GAO, H.; KOCH, C.; WU, Y. *Building information modelling based building energy modelling: A review*. **Applied Energy**, v. 238, p.320-343, mar. 2019.

GBXML.ORG. Green Building XML. Disponível em: <https://www.gbxml.org/index.html>. Acesso em: 25 mai. 2024.

MACHETE, R.; FALCAO, A. P.; GOMES, M. G.; BENTO, R. BIM to BEM: limitações e vantagens do modelo de dados gbXML: Estudo preliminar de aplicação no Palácio Monserrate. 5 Congresso Português de Building Information Modeling, 2024. Braga, Portugal. **Anais.**

PORSANI, G. B.; LERSUNDI, K. V.; GUTIÉRREZ, A. S.; BANDERA, C. F. *Interoperability between Building Information Modelling (BIM) and Building Energy Model (BEM).* **Appl. Sci**. v. 11, p. 2167, 2021.

RODRIGUES, C. M. A. C. **Utilização da ferramenta *Systems Analysis* do *software* Revit na etiquetagem de edificações de acordo com a INI-C.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

VERNADAT, F.; CHEN, D.; DOUMEINGTS, G., *Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future*. **Computers in Industry**. v. 59: 647 - 659, 2008.

XU, W. ***Final Report of 1810-RP: Development of Reference Building Information Model (BIM) Test Cases for Improving Usage of Software Interoperability Schemas***. Wexford, Pennsylvania, 2021.)

YANG, Y.; PAN, Y.; ZENG, F.; LIN, Z.; LI, C. *A gbXML Reconstruction Workflow and Tool Development to Improve the Geometric Interoperability between BIM and BEM.* ***Buildings***. v 12, 221. 2022.