

IMPLEMENTAÇÃO DOS NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO (LOD) INTEGRADOS COM A TABELA SINAPI

Vitória Bossa Paixão¹

Graduanda em Engenharia Civil
IFSP Campus Votuporanga

Raphael Saverio Spozito²

Mestre em Engenharia Civil/ Unesp – Ilha Solteira
Docente do curso de Engenharia Civil
IFSP Campus Votuporanga

RESUMO

Na modelagem BIM (*Building Information Modeling*) é necessário determinar em qual LOD (*Level of Development* - Nível de Desenvolvimento) cada elemento é representado. Tal definição gera um modelo com informações objetivas, claras e precisas. Com a expansão da metodologia BIM, percebeu-se que o processo de orçamentação é prejudicado pela omissão de informações. Esta pesquisa teve como objetivo analisar os níveis LOD para representação de elementos de um projeto, considerando a integração com o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). Para a análise, foi criada uma Tabela de Elementos do Modelo para classificar cada componente do projeto, com a realização de tentativas de modelagem com cada nível LOD no *software* Autodesk Revit® até atingir condições para a implementação do código SINAPI. Foi possível observar que os elementos integrados com dados do SINAPI devem ser modelados no LOD 300, o que já é indicado por algumas diretrizes. No entanto, observou-se que o SINAPI considera critérios de quantificação diferentes em relação ao *software* Autodesk Revit®, dificultando a incorporação do SINAPI nos modelos BIM e, a partir disso, sugerem-se algumas soluções para os critérios de quantificação para materiais que apresentaram dificuldade na integração do LOD com o SINAPI.

Palavra-chave: BIM; LOD; SINAPI.

IMPLEMENTATION OF DEVELOPMENT LEVELS (LOD) INTEGRATED WITH THE SINAPI TABLE

ABSTRACT

In BIM (*Building Information Modeling*) modeling, it is necessary to determine in which LOD (*Level of Development*) each element is represented, such definition generates a model with objective, clear and accurate information. With the expansion of the BIM methodology, it was noticed that the budgeting process is hampered by the omission of information. This research aimed to analyze the LOD levels for representing elements of a project considering the integration with SINAPI (National System for Research on Costs and Indexes of Civil Construction). For analysis, a Table of Model Elements was created to classify each component of the project, with modeling attempts with each LOD level in Autodesk Revit® software until reaching conditions for the implementation of the SINAPI code, it was possible to observe that the integrated elements with SINAPI data must be modeled in LOD 300, which is already indicated by some guidelines. However, it was observed that SINAPI considers different quantification criteria in relation to Autodesk Revit® software, making it difficult to incorporate SINAPI into BIM models and, from this, some solutions are suggested for the quantification criteria for materials that presented difficulty in the integration of LOD with SINAPI.

Keywords: BIM; LOD; SINAPI.

INTRODUÇÃO

De acordo com Mattos (2006, p. 22), “A técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma grande série de itens, requerendo, portanto, muita atenção e habilidade técnica”. Uma metodologia que vem sendo utilizada na orçamentação é o BIM (*Building Information Modeling*), pois fornece recursos para extração de quantitativos e custos do projeto. O BIM é definido “[...] como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção” (ESTMAN et al., 2014, p.13).

A *American Institute of Architects* (AIA, 2013), por sua vez, instituiu a documentação que criava a classificação LOD (*Level of Development*). Este conceito é dividido em cinco níveis (Quadro 1) para definir quais informações devem ser inseridas em cada nível, com o intuito de representar os elementos gráficos do modelo de acordo com seu uso específico.

Quadro 1: Descrição dos níveis de desenvolvimento (LOD).

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
Conceitual	Geometria aproximada	Geometria precisa	Execução-fabricação	As-built
Estudos de massa, volumes, zonas, modelados em 3 dimensões ou representados por outros dados.	Os elementos são modelados de forma genérica e aproximada de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.	Os elementos são modelados de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.	Os elementos são modelados com o objetivo de montagem, de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientações e localização, contendo o detalhamento completo de fabricação e montagem. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.	Os elementos são modelados conforme construídos, com informações precisas e exatas das dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.

Fonte: Autores (2022).

Conforme Hooper (2015, v. 15, p.428), “O LOD é um parâmetro chave para descrever o conteúdo digital em um contexto BIM. É visto como um importante veículo para especificar a troca de informações ao longo do ciclo de vida de uma instalação”. Além disso, Bedrick (2013 apud HOOPER, 2015) salienta que os benefícios do LOD melhoram a comunicação e execução do modelo, garantindo que seu conteúdo seja claramente definido. Por fim, a *American Institute of Architects* (2013) ressalta que não existe um “modelo de LOD”, os modelos vão apresentar elementos em vários LODs.

Porém, Eastman *et al.* (2014) frisa que o BIM trabalha muito bem com o levantamento de custos iniciais de uma obra. No entanto, esse sistema pode apresentar problemas quando os elementos não estão bem definidos e não fornecem informações necessárias para extrair o custo final do componente.

Vale ressaltar que o processo de orçamentação, principalmente de obras públicas, é baseado em tabelas oficiais e que o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) é uma base de dados que traz informações de custo e consumo de materiais baseado em composições unitárias, as quais devem ser identificadas para obtenção do valor total da obra.

A este respeito, Felisberto (2017) afirma que um dos erros na orçamentação é não mostrar quais foram os critérios de quantificação adotados para cada serviço, obtendo um orçamento incompleto. Considerando essa questão, atribuir informações do LOD nos elementos dos modelos BIM para orçamentação pode vir a contribuir com dados fundamentais para o processo de orçamentação.

Sobre o assunto, Augdal *et al.* (2017) revela que no desenvolvimento dos modelos BIM, em todos os casos avaliados em seu estudo, poucos apresentavam planos detalhados de qual nível LOD os elementos do projeto deveriam alcançar em relação ao uso do modelo, constatando a existência de um inconveniente na hora de modelar, como, por exemplo, não saber em qual LOD o componente deve ser representado para que suas informações sejam confiáveis de acordo com seu uso específico.

Andrade, Biotto, Serra (2021) concluem, portanto, que o emprego das planilhas do SINAPI no processo de modelagem BIM para extração de quantitativos e estimativa de custo não tem sido investigado o bastante na literatura, tornando necessária a conferência de boas práticas de modelagem, visto que para Mattana e Librelotto (2018 apud ANDRADE; BIOTTO; SERRA, 2021) a precisão dos quantitativos e custos dependem de atividades que antecedem o processo de orçamentação, como, por

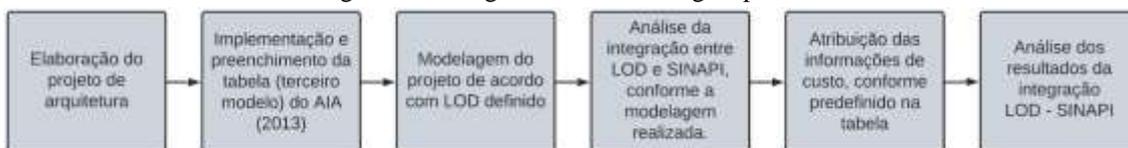
exemplo, definir o nível de detalhamento das informações do modelo. Além disso, Hooper (2015) afirma que ainda existe uma confusão sobre o que significam os níveis LOD.

Considerando a necessidade de discussão do uso do BIM para o processo de orçamentação, indicado por Andrade, Biotto, Serra (2021), e do entendimento do LOD para modelos BIM, indicado por Hooper (2015), esta pesquisa teve como objetivo a análise da integração das informações descritas no LOD com a tabela SINAPI, utilizando o *software* Autodesk Revit®, a fim de obter o custo total de um projeto de arquitetura.

METODOLOGIA

A metodologia do trabalho está representada no fluxograma (Figura 1), mostrando a sequência de todo o processo realizado.

Figura 1: Fluxograma da metodologia aplicada.



Fonte: Autores (2022).

A elaboração do projeto arquitetônico para modelagem no *software* Autodesk Revit® foi baseada na planta baixa da demonstração de uso da Residência Unifamiliar Térrea Padrão Baixo (2017), apresentada no Sumário de Publicações do SINAPI, indicado pela Caixa Econômica Federal (2022).

Para a análise da integração do LOD com os códigos SINAPI, foram definidos quais serviços seriam contemplados no estudo e quais seriam desconsiderados. Sendo assim, foi considerada uma residência em estrutura de concreto e alvenaria de vedação em blocos cerâmicos convencionais (9x19x19cm), com cobertura platibanda (caixote) e laje. Não estão inclusas nesta pesquisa as atividades de: elaboração de projetos complementares e serviços topográficos, mobilização e desmobilização de canteiro, fundações, jardins, muros, arrimos, remoção de material relativo à escavação do terreno e remoção de entulho, ligações definitivas de água, energia elétrica e esgoto sanitário,

instalação de água quente, serviços para adequação do projeto às leis e normas de acessibilidade, administração local, BDI e taxas e emolumentos.

A definição da tabela (Figura 2) utilizada para análise da classificação do LOD com o código SINAPI teve como base o terceiro tipo apresentado no documento “Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents” (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2013), ilustrado na Figura 3.

Figura 2: Cabeçalho da implementação da tabela.

Tabela de Elementos do Modelo														
Identifique (1) o LOD necessário para cada Elemento do Modelo em cada marco do Projeto, (2) o Autor do Elemento do Modelo (MEA) e (3) referências a quaisquer notas aplicáveis encontradas na seção 3.4						Projeto para orçamentação usando o SINAPI								
Insira abreviaturas para cada MEA identificado na tabela abaixo, como "A - Arquiteto" ou "C - Empreiteiro"														
Elemento em análise	Localização (cômodo)	Elementos de Modelo utilizando o código SINAPI				Critério para Quantificação	un.	LOD					Notas	Custo (R\$) Valor não desonerado
		Material	Código	Descrição	100			200	300	350	400			

Fonte: Autores (2022).

Figura 3: Exemplo do terceiro tipo de tabela da AIA – G202-2013.

§ 3.3 Model Element Table		Schematic Design			Design Development			Construction Documents												Notes (Revit AIA)	
Identify (1) the LOD required for each Model Element at each Project milestone, (2) the Model Element Author (MEA), and (3) references to any applicable notes found in Section 3.4.		LOD	MEA	Notes	LOD	MEA	Notes	LOD	MEA	Notes	LOD	MEA	Notes	LOD	MEA	Notes	LOD	MEA	Notes		
B	SHELL	B10 Superstructure	B110	Floor Construction	100	A		200	S		300	S									
			B120	Roof Construction	100	A															
				Framing Elements				200	S		300	S									
				Roof Ceilings				200	A/M		300	S									

Fonte: AIA (2013).

Tendo em vistas as informações acima citadas, a próxima etapa foi a modelagem de acordo com cada nível de desenvolvimento definido na tabela para os elementos do projeto, sendo esses parede, portas, janelas, pisos, lajes, rodapé, entre outros. Os elementos foram modelados por criação de novas famílias, tendo como base as famílias métricas e genéricas do Autodesk Revit®.

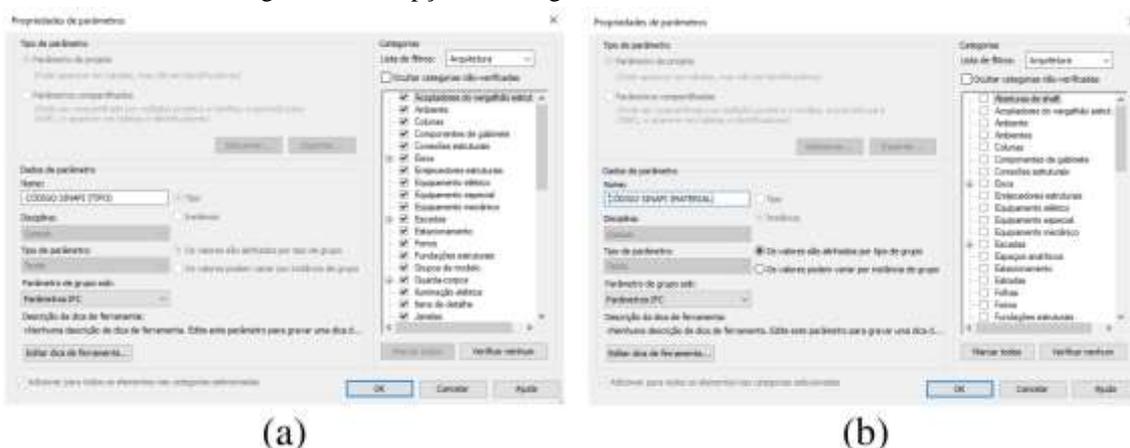
A etapa de análise da integração entre o LOD e o SINAPI ocorreu junto com a modelagem, pois foram realizadas tentativas de modelagem em vários níveis LOD para averiguar a integração LOD x SINAPI. Sendo assim, verificou-se como o *software* Revit® representava a modelagem do elemento nos diversos níveis LOD, comparando com o código SINAPI que descrevia o custo daquele determinado componente, analisando qual nível LOD atendia às especificações de ambos.

Para atribuir as codificações SINAPI foi necessário criar dois tipos de parâmetros no Autodesk Revit® a fim de atender aos códigos selecionados para cada

componente. Os parâmetros criados foram o **Código SINAPI Tipo**, que é um parâmetro de tipo e o **Código SINAPI Material**, que é um parâmetro de instância.

O **Código SINAPI Tipo** (Figura 4a) representa os elementos cujo custo é descrito somente com uma composição do SINAPI, por isso ele foi classificado como parâmetro de tipo, pois este permite a alteração em todos os elementos de uma mesma família. Já o **Código SINAPI Material** (Figura 4b) refere-se aos elementos que têm o seu custo representado por mais de uma composição, ou seja, para fazer o orçamento de um componente foi necessário fazer o levantamento de vários códigos para corresponder ao custo daquele elemento em análise, como, por exemplo, uma parede, considerando alvenaria e revestimentos.

Figura 4: Concepção do código SINAPI TIPO e MATERIAL.



Fonte: Autores (2022).

Na última etapa efetuou-se uma análise e discussão dos resultados desta pesquisa, avaliando também os benefícios de implementar o LOD na modelagem de um projeto de orçamentação e como o Autodesk Revit® apresenta os quantitativos finais de custo desse projeto arquitetônico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No processo de preenchimento das colunas “Elemento em análise” e “Código” da Tabela de Elementos do Modelo” (Figura 2), compreendeu-se que é necessário conhecer e seguir a sequência construtiva realizada no canteiro de obras, igualmente aos resultados apontados por Andrade, Biotto, Serra (2021), pois quanto mais fiel o

levantamento de acordo com o processo construtivo, melhor serão os dados resultantes da orçamentação.

Sendo assim, o primeiro elemento analisado foram as paredes, porém, foi verificado que para selecionar a codificação da parede notou-se que o SINAPI divide cada material que compõe a parede em um tipo de serviço. Desse modo, para representar o custo de uma parede é necessário indicar os custos de bloco, chapisco interno e externo, emboço externo e interno, selador, massa corrida, tinta interna e externa e revestimento cerâmico.

Na atribuição dos códigos, percebeu-se que era preciso verificar se a área líquida é menor ou maior que 6 metros quadrados e se possui ou não presença de vãos, então, a fim de minimizar a quantidade de análises, foi utilizada composição representativa do SINAPI, pois ela fornece uma “média” de todas as composições unitárias. Por exemplo: quando se vai atribuir um código para bloco cerâmico (Figura 5), um único código descreve o custo deste, porque seu critério de quantificação se torna a área líquida e não mais os fatores citados anteriormente. Esse procedimento facilitou o processo de levantamento de quantitativos das paredes e atribuição, no entanto, não foram analisados erros de quantificação para a simplificação adotada, visto que o projeto utilizado apresentava as mesmas características da planta baixa da demonstração de uso da Residência Unifamiliar Térrea Padrão Baixo (2017), indicado pela Caixa Econômica Federal (2022).

Figura 5: Composição representativa do bloco cerâmico conforme os dados do SINAPI.

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01 PARE.REF1.043/01	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CERÂMICA DE 8X19X19CM (ESPESSURA 9CM), PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL UNIFAMILIAR (CASA) E EDIFICAÇÃO PÚBLICA PADRÃO AF_11/2014	M2
Código SIPC		
89168		
Vigência: 11/2014		Última atualização: 05/2015

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unidade	Coefficiente
C	87495	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 8X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	0,2334
C	87503	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 8X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	0,2020
C	87511	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 8X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	0,2470
C	87519	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 8X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	0,3168

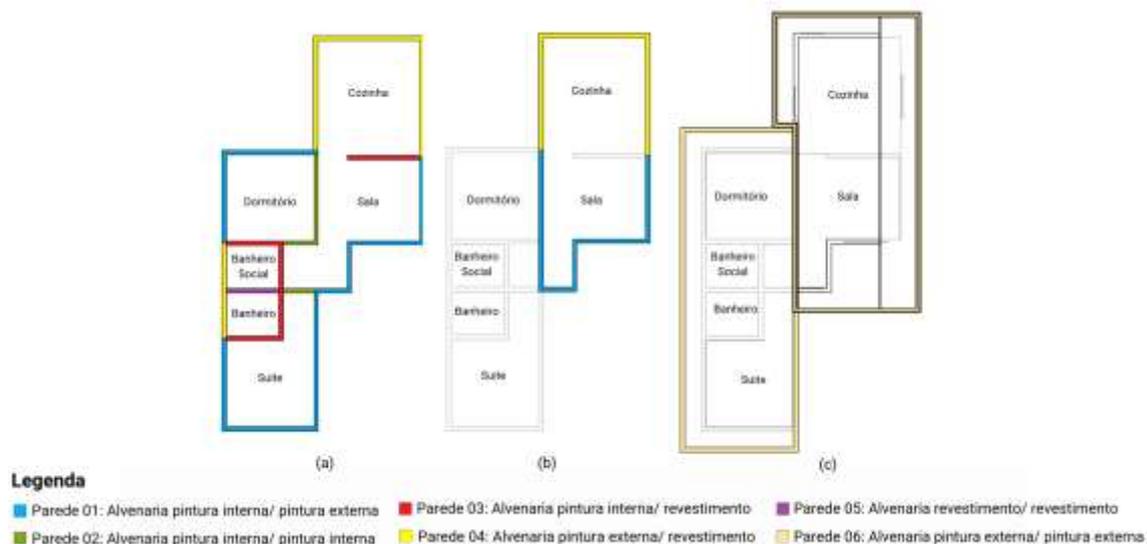
Fonte: SINAPI – Cadernos Técnicos de Composições Representativas (Lote 1, 2017, p. 30).

À vista disso, para a alvenaria, os serviços que estão utilizando composição representativa são: bloco cerâmico convencional, emboço interno e revestimento cerâmico para parede. Já para o piso, são a camada de regularização e o revestimento cerâmico para piso.

Conseqüentemente, com toda estruturação de materiais para formar uma parede, observou-se que somente um tipo de parede não atenderia o projeto, logo, analisou-se a localização de cada parede no projeto para saber qual função ela exerceria e onde ela estaria locada. Portanto, foi preciso considerar algumas características para facilitar a elaboração dos tipos de alvenaria, sendo elas: todas as paredes terão sua estrutura do núcleo composta por bloco cerâmico convencional (9x19x19 cm); nas áreas molhadas (banheiros e cozinha), a área total das paredes verticais será constituída por acabamento de revestimento cerâmico; na pintura das paredes internas, foram considerados os seguintes serviços: massa corrida e tinta interna e, na pintura do lado externo, admitiu-se selador e tinta externa.

Em seguida, com toda a avaliação feita, foram obtidos seis tipos de paredes com a finalidade de atender às necessidades do projeto e às combinações de codificação do SINAPI para formar cada tipo de alvenaria (Figura 6). Assim, as paredes foram modeladas com até 3 metros de altura (Figura 6a), de 3 a 4 metros de altura (Figura 6b), e com platibandas com 1 metro de altura (Figura 6c).

Figura 6: Representação da localização dos seis tipos de alvenaria.



Fonte: Autores (2022).

Então, na tentativa de encontrar qual LOD atenderia as codificações SINAPI aderidas para cada material que compõe a parede, notou-se que o LOD 100 não satisfaria às necessidades, porque se trata de uma representação por volume, com dados aproximados, ou seja, ele é modelado como um símbolo e são adicionadas poucas informações não geométricas.

O LOD 200 poderia satisfazer à indicação dos materiais da parede, porém, sua representação é genérica e aproximada quanto às informações gráficas e não gráficas. Desse modo, como as informações que estavam sendo inseridas no elemento eram dadas de acordo com o SINAPI, que apresenta valores reais e não fictícios, compreendeu-se que a parede não seria classificada em um LOD 200.

Isto posto, o próximo teste foi com o LOD 300 e esse foi o que atendeu às referidas necessidades, pois ele permite modelar e implementar informações não gráficas no elemento de forma precisa e exata. Como os materiais que compõem a parede estão integrados com as codificações SINAPI, que são valores específicos do mercado de trabalho para oferecer um orçamento preciso, ficou evidente que as paredes precisam ser modeladas no LOD 300.

O Caderno de apresentação de projetos BIM (2018, v. 1, p. 34) também apresenta o mesmo nível LOD para a classificação SINAPI na tabela “Demais itens do projeto Arquitetônico e complementares”, confirmando a análise anterior. Portanto, para a representação dos elementos com codificação SINAPI é necessário o uso de LOD 300, devendo esse ser o nível “inicial” para modelagem.

Sendo assim, as paredes foram modeladas no Autodesk Revit®, considerando a família do sistema como parede básica e editando sua estrutura interna conforme as demandas de cada tipo criado. Vale destacar que a Figura 7 mostra um exemplo do resultado da edição da estrutura interna da alvenaria pintura interna / pintura externa. Esse procedimento foi feito para todos os outros tipos, de acordo com os parâmetros levados em consideração e com o resumo da composição de cada tipo de alvenaria, apresentado no

Quadro 2.

Figura 7: Descrição da estrutura interna da alvenaria pintura interna/ pintura externa.

Fonte: Autores (2022).

Quadro 2: Descrição dos materiais presentes em cada tipo de alvenaria.

Função	Parede 1	Parede 2	Parede 3	Parede 4	Parede 5	Parede 6
Camada membrana	Pintura externa	Pintura interna	Pintura interna	Pintura externa	-	Pintura externa
Camada membrana	Selador	Massa corrida	Massa corrida	Selador	Revest. Cer. 20x20 cm	Selador
Substrato [2]	Emboço externo	Emboço interno	Emboço interno	Emboço externo	Emboço interno	Emboço externo
Substrato [2]	Chapisco externo	Chapisco interno	Chapisco interno	Chapisco externo	Chapisco interno	Chapisco externo
Estrutura [1]	Bloco de 8 furos	Bloco de 8 furos	Bloco de 8 furos	Bloco de 8 furos	Bloco de 8 furos	Bloco de 8 furos
Substrato [2]	Chapisco interno	Chapisco interno	Chapisco interno	Chapisco interno	Chapisco interno	Chapisco externo
Substrato [2]	Emboço interno	Emboço interno	Emboço interno	Emboço interno	Emboço interno	Emboço externo
Acabamento 1 [4]	Massa corrida	Massa corrida	Revest. Cer. 20x20 cm	Revest. Cer. 20x20 cm	Revest. Cer. 20x20 cm	Selador
Camada membrana	Pintura interna	Pintura interna	-	-	-	Pintura externa

Legenda

- Parede 01: Alvenaria pintura interna/ pintura externa
- Parede 02: Alvenaria pintura interna/ pintura interna
- Parede 03: Alvenaria pintura interna/ revestimento
- Parede 04: Alvenaria pintura externa/ revestimento
- Parede 05: Alvenaria revestimento/ revestimento
- Parede 06: Alvenaria pintura externa / pintura externa

Fonte: Autores (2022).

Dessa forma, percebe-se que todos os outros elementos também serão classificados no LOD 300, sendo desnecessário elevar o LOD destes elementos para atender à vinculação do LOD com o código SINAPI. Mas, é importante lembrar que o fato de todos os elementos terem sido classificados no LOD 300 não significa que o

projeto será especificado como LOD 300, pois o LOD sempre fará referência ao elemento e não ao modelo.

Após modelar todo o projeto de acordo com o LOD definido e atribuir as codificações para cada elemento, foram obtidas as tabelas de custos finais para cada elemento, possibilitando compreender o critério de quantificação dos componentes. Como exemplo, temos a tabela de custo das portas de abrir (Figura 8) e dos materiais do telhado (Figura 9).

Figura 8: Imagem da tabela de custo das portas de correr extraída do Revit.

<_Custo das portas de abrir>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Contagem	CÓDIGO SINAPI (TIPO)	Tipo	Largura	Altura	Custo	Unidades	Custo total / unidade
6	90843	Porta de 80 cm, LOD300/0.80 m	0.80 m	2.10 m	1049.61	6	6297.66

Fonte: Autores (2022).

Figura 9: Imagem da tabela de custo dos materiais do telhado extraída do Revit.

<_Custo dos materiais do telhado>				
A	B	C	D	E
Material	CÓDIGO SINAPI (MATERIAL)	Material Nome	Material Custo	Material Área
	92543	Trama de Terças	24.15	84.08 m ²
	94210	Teiha de Fibrocimento	48.70	84.08 m ²
	100382	Pontaleles	24.28	84.08 m ²
	Total geral			252.25 m ²
				8166.97 m ²

Fonte: Autores (2022).

Um ponto importante a ser destacado é que nem todos os elementos ou materiais que compõem o elemento têm seu critério definido por área líquida. Como exemplo, temos as portas de abrir e o rodapé, cujo critério de quantificação é, respectivamente, por unidade e por comprimento. Vale reforçar que as portas tiveram que ser separadas por tipos, porque possuíam fatores de custo diferentes. Percebe-se também que há divergência no critério de quantificação dos materiais do telhado, pois, no SINAPI, o método é definido por área de projeção do telhado e, no *software* Revit®, o mesmo é definido por área inclinada. Nesta pesquisa, vale ressaltar que foi adotado o sistema do Revit®.

Em contrapartida, Felisberto (2017) revela que a integração entre o processo de orçamentação via BIM, com o SINAPI, torna-se simples e precisa, pois as ferramentas consideram o mesmo critério de quantificação, como, por exemplo, a área líquida. No entanto, não foi esse o resultado coletado, observando que existem dificuldades nessa associação. Para facilitar a orçamentação, não foi realizada a análise de presença ou não

de vãos no chapisco e emboço interno, pois não existe ainda composição representativa ou um código que represente esses materiais sem necessitar dessa avaliação. Com isso, admitiu-se para ambos o código que contempla presença de vãos, visto que a maioria das paredes possuem vãos.

Deve-se destacar que a solução encontrada por esta pesquisa para atender às necessidades de modelagem das paredes presta uma contribuição para a área do conhecimento da engenharia civil. Na tentativa de atender às mesmas necessidades, Andrade, Biotto, Serra (2021) criaram 11 tipos de alvenaria e modelaram as paredes com a ferramenta “empilhamento de paredes”. Essa técnica utilizada permite ao usuário colocar alturas diferentes para cada parte da parede e, no final, Andrade, Biotto, Serra (2021) obtiveram cinco diferentes estruturas de parede.

Porém, estes estudiosos encontraram dificuldades para quantificar o custo dessas paredes, pois, quando eles utilizam essa ferramenta, ela não permite extrair a área e nem quantificar a presença de vãos, pois utilizaram as composições que analisam presença de vãos. Dessa forma, tiveram que criar parâmetros para identificar esses dados e conseguir adicionar o custo de cada parede. Esta pesquisa, por sua vez, modelou as paredes como paredes básicas genéricas e, mesmo com algumas dificuldades encontradas, tornou possível fazer o levantamento do custo de forma mais prática.

Com a criação e aplicação da “Tabela de Elementos do Modelo”, ficou constatado que ela facilita a visualização dos parâmetros e classificação do LOD para cada componente do projeto, bem como a percepção de quais informações cada elemento precisa ter, em conformidade com o resultado encontrado por Augdal *et al.* (2017). Em comparação com o orçamento exemplo da Residência Unifamiliar Térrea Padrão Baixo (2017), apresentado no Sumário de Publicações do SINAPI, indicado pela Caixa Econômica Federal (2022), os resultados apresentados no exemplo que serviu como base para esta pesquisa foram diferentes.

No projeto exemplo, é exposto o custo por metragem quadrada ou por unidade, por outro lado, nos resultados dessa pesquisa, foi obtido o orçamento total por elemento. Com isso, o custo final do projeto desta pesquisa ficou em um total de R\$105.539,73, resultando em R\$1.758,99 por metro quadrado. Já o projeto base do estado de São Paulo, custa R\$ 2.020,07 por metro quadrado. Portanto, a metodologia adotada apresenta uma diferença, aproximadamente, 13% menor que o custo por metro quadrado da residência exemplo do SINAPI. Como justificativa à metodologia adotada

neste estudo, percebe-se que ela é viável, no entanto, devem ser analisados alguns critérios de quantificação mais detalhados.

CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar os critérios de utilização do LOD, com codificação SINAPI, para modelagem de uma edificação, utilizando a ferramenta Autodesk Revit®. Durante a análise, verificou-se a necessidade da adoção de composições representativas de pisos e paredes, devido à quantificação do *software* utilizado diferir dos critérios do SINAPI. Além disso, o uso do LOD 300 faz-se necessário quando se trata da atribuição de informações com o SINAPI.

A utilização das composições representativas, por sua vez, permitiu uma facilidade na modelagem e atribuição de códigos de custo. Tal processo pode ser melhor estudado, considerando a identificação de custos por metragem quadrada dos elementos de paredes com a adoção de novos códigos da tabela SINAPI, não necessitando de análises pontuais em virtude da área da parede e a presença de vãos. Afinal, conclui-se que o uso das composições representativas é benéfico para a integração do SINAPI com o modelo BIM para a elaboração do orçamento.

Por conseguinte, com relação ao critério para quantificação do custo (unidades de medida), percebe-se que nem todos os elementos utilizam a área líquida para a orçamentação. Por isso, é importante estabelecer o LOD de cada elemento do projeto, pois o orçamentista terá que definir as especificações de cada componente do modelo, assegurando credibilidade ao orçamento. Conclui-se que, quando o modelo é integrado a informações de custos do SINAPI, o nível de desenvolvimento básico para que ele represente o elemento de maneira confiável é o LOD 300.

Por fim, a metodologia utilizada foi viável comparada ao projeto de orçamento base do SINAPI, ou seja, a Residência Unifamiliar Térrea Padrão Baixo (2017), indicado pela Caixa Econômica Federal (2022), pois as diferenças apresentadas ocorreram devido à imprecisão da adoção de códigos que não descreviam fielmente o elemento. O custo dos materiais do telhado pelo SINAPI, por exemplo, é quantificado pela área de projeção, já o Revit® fornece a área inclinada do telhado, resultando em custo aproximado.

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (Estados Unidos). **Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents**: AIA Document E203™–2013, Building Information Modeling and Digital Data Exhibit; AIA Document G201™–2013, Project Digital Data Protocol Form; AIA Document G202™–2013, Project Building Information Modeling Protocol Form. Washington, DC, 2013. p. 46-61. Disponível em: https://zdassets.aiacontracts.org/ctrzdweb02/zdpdfs/digital-practice_guide.pdf. Acesso em: 5 out. 2022.

ANDRADE, Felipe Miguel Rocha; BIOTTO, Clarissa Notariano; SERRA, Sheyla Mara Baptista. Modelagem BIM para orçamentação com uso do SINAPI. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [s. l.], v. 16, ed. 2, p. 93-111, 2021. DOI <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i2.170318>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/170318>. Acesso em: 5 out. 2022.

AUGDAL, Siri *et al.* Use of LoD decision plan in BIM-projects. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 196, p. 407-414, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.217>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817330898?via%3Dihub>. Acesso em: 5 out. 2022.

BOTON, Conrad; HALIN, Gilles; KUBICKI, Sylvain. The challenge of level of development in 4D/BIM simulation across AEC project lifecycle. A case study. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 123, p. 59-67, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.058>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815031598?via%3Dihub>. Acesso em: 5 out. 2022.

CADERNO de apresentação de projetos BIM. Santa Catarina: Governo de Santa Catarina, 2018. v. 1.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (Brasília, DF). **Cadernos Técnicos de Composições Representativas**. [S. l.], 2017. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-afetadas-lote1-habitacao-fundacoes-estruturas/SINAPI_CT_LOTE1_COMPOSICOES_REPRESENTATIVAS_v009.pdf. Acesso em: 24 jan. 2022.

_____. **SINAPI Metodologias e Conceitos**: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. 8. ed. [S. l.], 2020. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-manual-de-metodologias-e-conceitos/Livro1_SINAPI_Metodologias_e_Conceitos_8_Edicao.pdf. Acesso em: 24 jan. 2022.

_____. **Sumário de Publicações**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-afetadas-sumario-composicoes->

aferidas/SUMARIO_DE_PUBLICACOES_E_DOCUMENTACAO_DO_SINAPI.pdf.
Acesso em: 24 jan. 2022.

EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. ISBN 978-85-8260-118-1.

FELISBERTO, Alexandre David. **Contribuições para elaboração de orçamento de referência de obra pública observando a nova árvore de fatores do SINAPI com BIM 5d - LOD 300**. Florianópolis: [s. n.], 2017. 231 p.

FUNDAMENTOS BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília: CBIC, 2016.

HOOVER, Martin. Automated model progression scheduling using level of development. **Construction Innovation**, [s. l.], v. 15, ed. 4, p. 428-448, 2015. DOI <https://doi.org/10.1108/CI-09-2014-0048>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/CI-09-2014-0048/full/html>. Acesso em: 5 out. 2022.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamento de obras**: dicas para orçamentista, estudo de caso, exemplos. São Paulo: Editora Pini, 2006. ISBN 85-7266-176-X.