Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e 4º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção

[1]IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO ARQUITETÔNICO E SUA INFLUÊNCIA NO CUSTO DURANTE O DESENVOLVIMENTO PROJETUAL

Identification of architectural project parameters and their influence on cost during project development

BARCELOS, Letícia Pereira
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | leticiabarcelos@arquitetura.ufc.br

LIMA, Mariana Monteiro Xavier de
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | mariana@daud.ufc.br

CARDOSO, Daniel Ribeiro
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | danielcardoso@ufc.br

ROMCY, Neliza Maria e Silva
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | nelizaromcy@daud.ufc.br

RESUMO

Este trabalho parte do pressuposto que em projetos desenvolvidos através da modelagem da informação, ao visar o custo como variável para tomada de decisão projetual, deve-se considerar a influência dos diferentes níveis de desenvolvimento do modelo para a estimativa de custo. Foi realizada uma RSL com o objetivo de identificar outros trabalhos que mapearam parâmetros de projeto que mais afetam o custo da edificação e como podem ser considerados ao longo do desenvolvimento do modelo BIM para apoiar a tomada de decisão. Os trabalhos levantados foram categorizados de acordo com tema, resultados, contribuições e limitações. Identificou-se quais são esses parâmetros de projeto apontados em cada texto selecionado e em que etapa do desenvolvimento do projeto eles se encaixam, de acordo com o LOD requerido. Esses resultados serão usados para desenvolver um mecanismo de visualização do impacto das decisões no custo ao longo do desenvolvimento do projeto arquitetônico.

Palavras-chave: BIM; Estimativa de custos; LOD; Tomada de decisão; Revisão sistemática da literatura

ABSTRACT

This work starts from the premise that projects developed through information modeling, when targeting cost as a variable for design decision-making, must consider the influence of different levels of model development on cost estimation. An RSL was performed to identify other works that mapped design parameters that most affect the cost of the building and how they can be considered throughout the development of the BIM model to support decision making. The selected works were categorized according to theme, results, contributions and limitations. It was identified which are these project parameters pointed out in each selected text and in which stage of the project development they fit, according to the required LOD. These results will be used to develop a mechanism for visualizing the impact of decisions on cost throughout the architectural project's development.

Keywords: BIM; Cost estimation; LOD; Design decision support; Systematic literature review

[1] BARCELOS, L.P. et al. Identificação de parâmetros de projeto e sua influência no custo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

1 INTRODUÇÃO

O modelo de informação da construção, ou Building Information Model, é um modelo digital tridimensional, baseado em objetos e ricos em dados (EASTMAN, 2011). À medida que o projeto é desenvolvido, mudanças no modelo acarretam maior perda de informação. Sua modelagem detalhada desnecessariamente, ou de maneira errada, pode confundir a tomada de decisão em vez de auxiliá-la, portanto, faz-se necessário que o profissional saiba que informação cada fase do projeto precisa apresentar, acrescendo ao modelo apenas as que realmente são necessárias para apoiar a tomada de decisão (SABOL, 2008).

Tendo isso em vista, é importante entender o conceito de Nível de Desenvolvimento (*Level of Development* - LOD). Segundo o *American Institute of Architects* (AIA, 2013), LOD foi um conceito criado para melhorar a qualidade da comunicação entre usuários de modelos BIM sobre as características dos elementos nos modelos, fornecendo definições e ilustrações de elementos de diferentes sistemas de construção em diferentes estágios de seu desenvolvimento. Desse modo, o AIA definiu uma padronização para o LOD, variando em 5 níveis a depender do nível de informação agregada.

Nesse sentido, entende-se que o fluxo de informações durante as fases de um projeto arquitetônico pode sofrer muitas perdas. Comparando-o a um fluxo de água, eventuais vazamentos podem gerar escape da água e diminuir a entrega final. Fazendo o paralelo, as informações são perdidas quando não são devidamente aproveitadas para embasar decisões corretas. Assim, a delimitação de quais informações devem ser inseridas no projeto é imprescindível para que haja coerência nos dados (BARROS, 2018). Sob essa perspectiva, a fim de evitar retrabalho, o ideal é que o profissional possa tomar decisões projetuais mais rápidas, que estejam alinhadas à respectiva etapa do projeto desenvolvido e demandem apenas a quantidade específica de informações daquele nível.

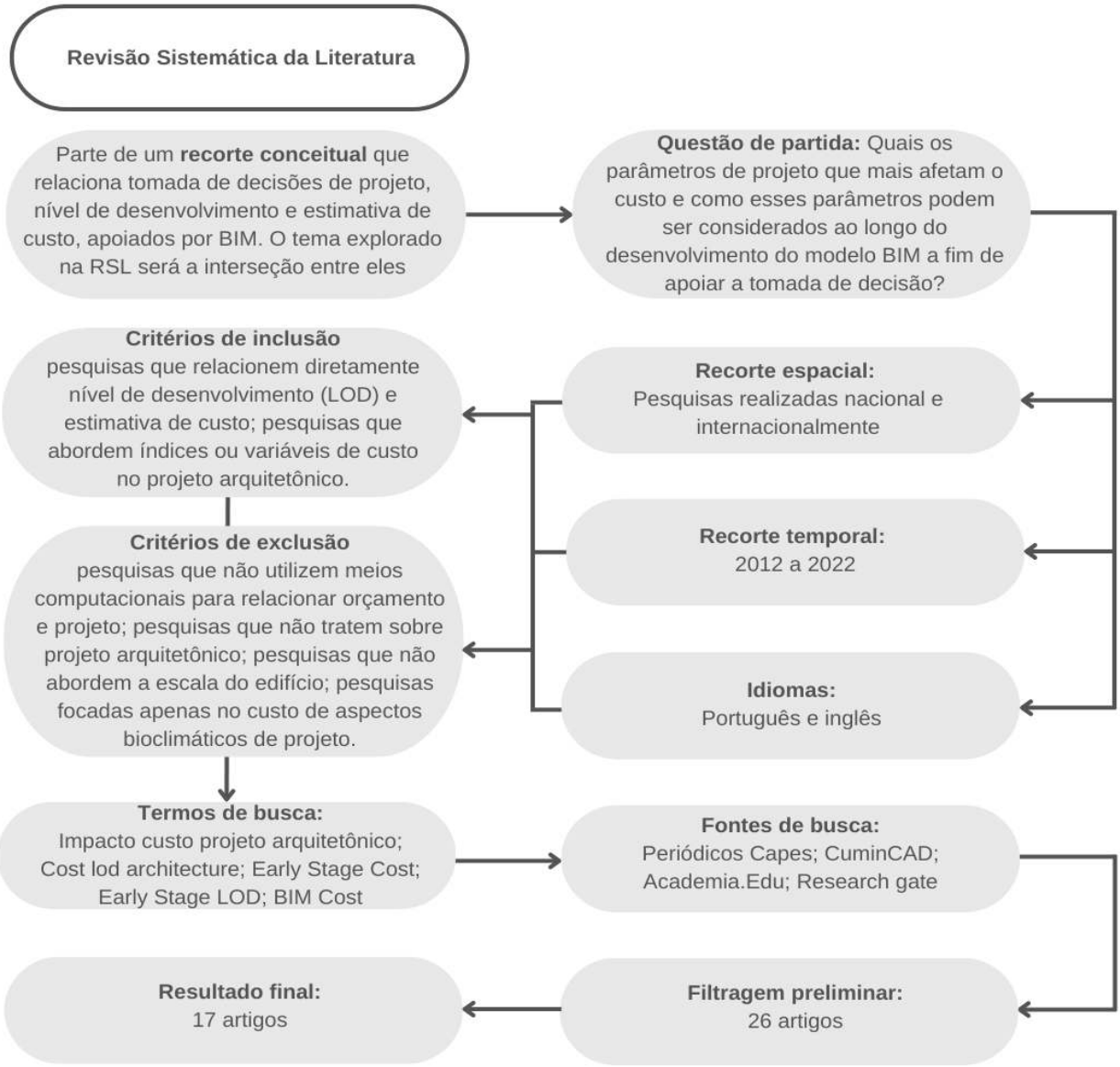
Sabe-se que as decisões projetuais são multidimensionais e devem equilibrar diversos requisitos (LIMA, 2016). Este artigo tem como recorte os requisitos de custo, uma vez que o recurso financeiro disponível para um projeto costuma ser um fator restritivo. Para Eastman (2011, p.18) “em qualquer estágio do projeto, a tecnologia BIM pode extrair uma lista precisa de quantidades e espaços que podem ser usados para estimativa de custos. Nos estágios iniciais de um projeto, as estimativas de custo são baseadas principalmente no custo unitário por metro quadrado. Como o projeto avança, quantidades mais detalhadas estão disponíveis e podem ser usadas para estimativas de custo mais precisas e detalhadas.” Mascaró (1998) já advertia que, quando um arquiteto depara com limitações orçamentárias, seu primeiro ímpeto costuma ser economizar em todos os itens possíveis. Nesse processo, pode-se perder a qualidade do projeto, sem agregar de fato à economia obtida. Isso ocorre porque o profissional pode ter dificuldades em reconhecer a influência das suas decisões no custo total do projeto. Portanto, entende-se que, se o projetista puder identificar os impactos dos parâmetros de projeto que mais afetam o custo, será possível alcançar maior eficiência e precisão no processo de tomada de decisão em arquitetura.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo levantar, por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL), o estado da arte e identificar outros trabalhos que mapearam previamente os parâmetros de projeto que mais afetam o custo, e como eles podem ser considerados ao longo do desenvolvimento do modelo BIM para apoiar a tomada de decisão. A fim de alcançar o objetivo geral, foram definidos objetivos parciais a serem atingidos: 1. identificar os recortes temáticos nos quais os textos selecionados se encaixam; 2. categorizar os textos selecionados de acordo com seus produtos finais e contribuições; 3. identificar as limitações dos artefatos propostos nos artigos selecionados e 4. identificar quais parâmetros de projeto mais afetam o custo apontados em cada texto e em que momento projetual eles se encaixam. Estes resultados servirão de insumos para o desenvolvimento seguinte desta pesquisa, que visa desenvolver um mecanismo de visualização do impacto das decisões no custo ao longo do desenvolvimento do projeto.

2 METODOLOGIA

Como metodologia, adotou-se a RSL, tendo como referência a estrutura de protocolo proposto por Dresch et. al (2015). Essa revisão teve como questão de partida: Quais os parâmetros de projeto que mais afetam o custo e como esses parâmetros podem ser considerados ao longo do desenvolvimento do modelo BIM a fim de apoiar a tomada de decisão? Assim, considerou-se um recorte conceitual que conectasse tomada de decisões de projeto, LOD e estimativa de custo, apoiados pelo uso de BIM. O recorte temático foi feito buscando resultados nas interseções entre esses temas. A aplicação do protocolo resultou no levantamento de 17 trabalhos (Figura 1), cujas análises realizadas foram guiadas pelos objetivos específicos deste estudo.

Figura 1: Diagrama de enquadramento metodológico

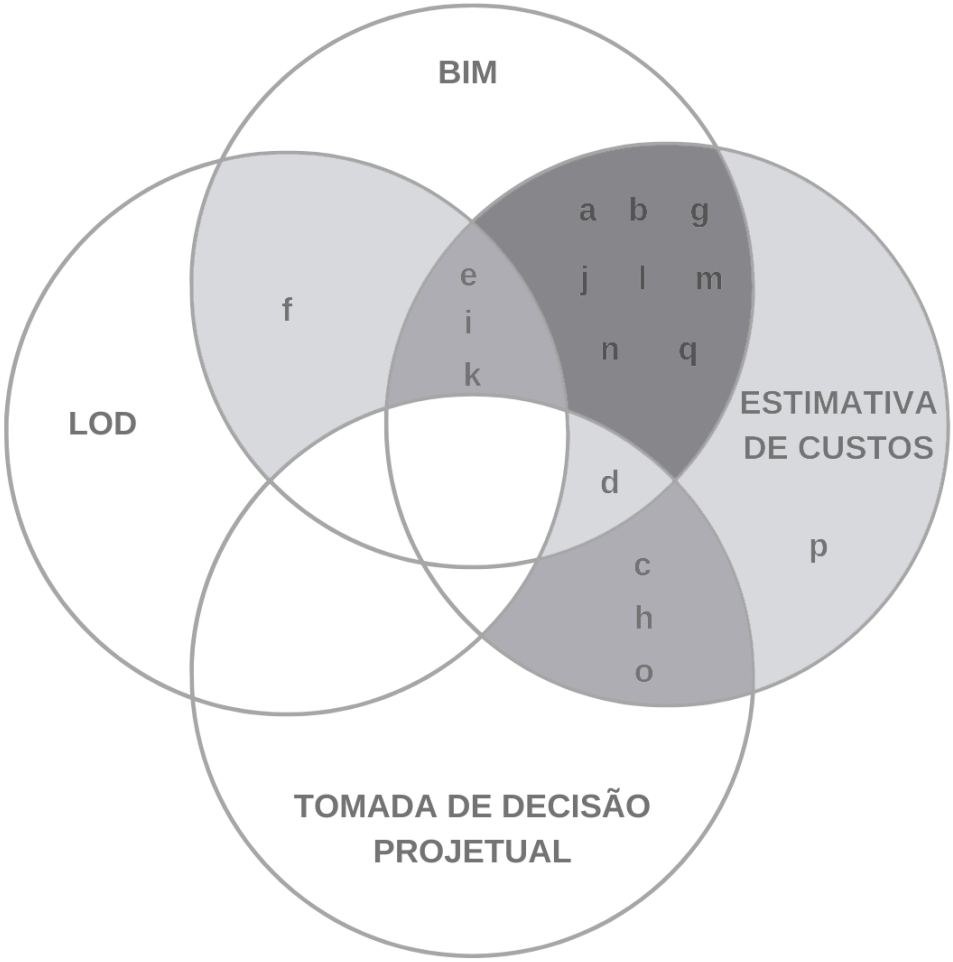


Fonte: os autores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro resultado desta RSL foi a identificação de quais eixos temáticos os textos selecionados se encaixam, dispostos em um diagrama (Figura 2). Essa categorização foi feita tendo como base os conteúdos dos textos em si, mas deu-se foco para os títulos e as palavras-chaves, a fim de reconhecer qual o cerne desses artigos. Estes textos foram identificados com as letras de "a" a "q", e utilizou-se tons de cinza para indicar a densidade de artigos.

Figura 2: Localização dos textos nos eixos temáticos



Fonte: os autores.

É possível perceber que a maioria dos trabalhos se encaixam na interseção entre BIM e estimativa de custos. Supõe-se que esse contexto ocorre por já existirem diversas ferramentas e *softwares* consolidados, que objetivam viabilizar o uso do modelo BIM para fins de estimativa de custo.

Ademais, notou-se também que nenhum dos artigos selecionados estava localizado nas interseções, e sub interseções, entre “LOD” e “tomada de decisão projetual”. Ou seja, os trabalhos encontrados não chegam a descrever como os diferentes níveis de desenvolvimento do modelo podem impactar na tomada de decisão projetual. Por fim, identificou-se que nenhum artigo se localizava entre os quatro temas estudados, apesar da relevância para as pesquisas em Arquitetura. Acredita-se que essa lacuna seja devido à maior especificidade, e possivelmente complexidade, atribuída a um trabalho que abrangesse os quatro temas.

O segundo resultado deste trabalho foi a categorização dos textos selecionados de acordo com seus produtos finais, suas contribuições, e no caso daqueles que apresentaram proposições de artefatos, suas limitações (Quadro 1). Os textos foram organizados seguindo a ordem cronológica, para facilitar a percepção das contribuições mais antigas para as mais atuais.

Quadro 1: Resultados da RSL

TEXTO	PROPOSTA DO ESTUDO	PRINCIPAIS RESULTADOS	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DOS ARTEFATOS
a) CHEUNG, F. K. (2012)	Ferramenta	Ferramenta ajuda a incorporar a visualização do custo em estágios iniciais de projeto usando o Sketchup.	Além de incorporar o custo em estágios iniciais de projeto em Sketchup, também pode ter alguma conexão com BIM (mas não foi testado)	A ferramenta foi desenvolvida exclusivamente para estágios iniciais de projeto. Sugere-se como pesquisas futuras testar esse protótipo em conexão com BIM.
b) FORGUES, D. (2012)	Estudo de caso + Design Science Research (DSR)	Comprova que a adoção da estimativa de custos baseada em BIM permite um processo de entrega de projetos mais rápido, econômico, com maior qualidade, controle e previsibilidade para o proprietário	Realizou, na prática, um teste do uso de ferramentas de estimativa de custo em BIM em uma empresa. Foram mapeados os objetivos de cada fase, os resultados e as dificuldades para diferentes softwares.	-
c) GERBER, D. (2012)	Ferramenta	Apresenta uma solução parcial para o problema de ponderação dos fatores construtivos sobre custo, cujo processo é quase impossível sem computação. Percebeu-se que o lucro hipotético do edifício usado como exemplo aumenta enquanto a altura do piso e o volume são alterados de acordo.	Apresenta um protótipo feito para ilustrar a visualização das decisões de projeto em estágios iniciais e seus impactos cumulativos nas metas e restrições financeiras	Necessita de implementações mais robustas em várias plataformas, incluindo Gehry Technologies Digital Project, Revit e Green Building
d) ELBELTAGI, E. (2014)	Ferramenta	Apresenta e testa um modelo de estimativa e monitoramento de custos atrelado ao BIM.	Fornece a possibilidade de visualizar o custo real gasto em diferentes elementos de construção e compará-lo com o orçado em diferentes intervalos de tempo. Ademais, adicionou um código de cores ajudando a identificar as áreas que precisam de ações corretivas imediatas.	Necessita de muita memória do computador e poder de processamento para percorrer e controlar de forma interativa projetos. Não é possível ver simultaneamente as variações de custo para uma atividade junto com a variação de custo total.
e) WOOD, J. (2014)	Ferramenta + Estudo de caso	A ferramenta permitiu aos usuários uma referência para avaliar o desempenho econômico de uma estrutura projeto. Também deu uma indicação de onde o custo do projeto provavelmente chegará e quanto o design precisa ser refinado para chegar lá.	Desenvolveu um framework para extrair informações de material do BIM e, em seguida, fornecer um algoritmo para combinar os objetos BIM de maneira difusa com dados de custo. Usando o conceito LOD, a informação econômica pode ser determinada na dimensão temporal.	O framework não foi testado em um projeto em tempo real para analisar qual benefício de economia de tempo oferece mais do que os procedimentos tradicionais.
f) JUNGSIK, C. (2015)	Proposição de um sistema QTO (quantity take-off/ extração de quantitativo) usando Open BIM	Os métodos aplicados foram úteis para aumentar a precisão em QTO e também para verificar a qualidade no modelo IFC	Melhora a confiabilidade da estimativa de custo na fase inicial do projeto por meio da diminuição dos fatores de risco e redução do tempo necessário	O escopo dos métodos QTO aplicados foi limitado pela estrutura do edifício. Sugeriu-se pesquisas futuras baseando as estimativas de custo especificamente em IFC.

Quadro 1: Resultados da RSL (continuação)

TEXTO	PROPOSTA DO ESTUDO	PRINCIPAIS RESULTADOS	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DOS ARTEFATOS
g) TAIHAIRAN, R.B.R.T (2015)	RSL + Questionários	Foi indicado que informações insuficientes relacionadas ao projeto, má comunicação entre equipe de projeto e complexidade do projeto e construção são os três fatores que mais influenciaram negativamente a precisão de estimativas de custo	Verifica que a aplicação do BIM para reduzir a imprecisão nas estimativas de custos, a colaboração e compartilhamento de informações entre a equipe do projeto são considerados os fatores mais relevantes para o sucesso em estimativas de custo projetuais.	-
h) MORAES, A. (2016)	RSL	Identifica índices e variáveis de projeto da fase de projeto do produto, e sua influência no custo do projeto. Esses índices e variáveis foram comparados; padronizou-se as diferentes nomenclaturas de diferentes autores para o mesmo indicador; e agrupou-se em três classificações: índices de planos horizontais, índices verticais e níveis de qualidade das soluções adotadas.	Identifica 15 índices e variáveis geométricos	-
i) RAMAJI, I. (2018)	Framework	Framework de estimativa de custo baseado em LOD que usa padrões de modelagem de informações abertas para lidar com ineficiências em diferentes LODs da estimativa de custo	Facilita as trocas automatizadas de informações com uso do BIM para estimativa de custos desde os estágios iniciais dos projetos. Três categorias são definidas para a estimativa de custos: 1) mapeamento manual de dados, 2) estimativa de custo baseada em BIM e 3) modelos vinculados.	Sugere o uso de modelos vinculados, porém percebeu-se que na indústria sua implementação total é difícil. Não houve testes para verificar possíveis deficiências no esquema IFC para transportar as informações para a estimativa de custos. Nem houve estudo de caso.
j) GHAZARYAN, M. (2019)	Estudo de caso	Identificou várias barreiras para a incorporação da tecnologia BIM para estimativa de custos	Confirma que para a implementação do BIM no processo de projeto deve haver padronização desde as fases iniciais, garantindo o LOD ideal de elementos e codificação de cada etapa.	-

Quadro 1: Resultados da RSL (continuação)

TEXTO	PROPOSTA DO ESTUDO	PRINCIPAIS RESULTADOS	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DOS ARTEFATOS
k) HONG, Y. (2019)	Método de avaliação e estudo de caso	O estudo de caso sugere que o LOD 300 resulta em mais economia de custos quando for implantar BIM em uma empresa	O método proposto deve auxiliar os tomadores de decisão a encontrar o LOD mais econômico ao investir recursos para a implementação do BIM em empresas	Não estimou se a seleção de LOD ideal seria afetada pelas fases do projeto. Sugere que estudos futuros também devem considerar a demanda dos clientes ao cogitar a implementação do BIM.
l) KATKE, S. (2020)	Estudo de caso	Percebeu-se que os quantitativos eram fáceis de obter a partir do modelo. Tornou o processo de tomada de decisão mais preciso e mais rápido.	Projeta um modelo 3D usando o software BIM e integra-o com dados de cronograma e dados de estimativa de custos	-
m) COSTA, G. (2021)	Estudo de caso	Comprovou-se na prática que a tecnologia BIM contribui significativamente para a gestão de projetos, possibilitando grande economia nos custos de construção e no custo da casa em estudo.	Descreve e analisa o trabalho de uma empresa, usuária do BIM e gestora de projetos, na redução dos custos da obra supracitada.	-
n) FELISBERTO, A.D. (2021)	DSR	Aplicou a metodologia ao modelo BIM de uma casa multifamiliar, edifício residencial e um CRAS	Obtenção de dados detalhados de orçamentos utilizando até LOD 300, facilitando os trabalhos de orçamento e modelagem na fase de preparação do projeto básico usando parâmetros de texto	-
o) MONTEIRO, F.P. (2021)	Estudo de caso	Confirmou que os desvios de custo dependem mais de aspectos particulares de cada projeto do que características gerais, apesar da relação estatisticamente significativa positiva entre número de pisos subterrâneos e os desvios de custo.	Desenvolveu modelos de estimativa de custo no estágio inicial de projeto, incluindo variáveis endógenas e exógenas a partir da análise de 23 edifícios e comparou o peso de parâmetros de custo entre edifícios residenciais e comerciais	-
p) MIRANDA, S.L.C. (2022)	RSL	Técnicas analíticas preditivas são apropriadas para a prática projetual devido ao seu alto nível de precisão.	Pode ser uma referência para os tomadores de decisão de alto nível implementarem análises preditivas na estimativa de custos	-

Quadro 1: Resultados da RSL (continuação)

TEXTO	PROPOSTA DO ESTUDO	PRINCIPAIS RESULTADOS	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DOS ARTEFATOS
q) YANG S.W. (2022)	Modelo	A validação do modelo confirmou maior precisão do que o modelo convencional baseado em área útil, chegando a superar a faixa de precisão pretendida. Comprovou também que outros parâmetros além da área útil precisam ser considerados para a estimativa do custo na fase inicial de um projeto.	Foi desenvolvido um modelo de estimativa de custo que pode ser utilizado na fase inicial de um projeto, baseado na etapa de planejamento do projeto em BIM.	O modelo de estimativa de custo proposto não reflete características como o local do projeto e projetos de reconstrução. Exige que o usuário do modelo além de conhecimento em BIM, tenha habilidades em programação. O modelo foi desenvolvido usando como base edifícios públicos, portanto pode haver variações em construções privadas. Todos os edifícios usados como base para o modelo final se localizam na Coreia.

Fonte: os autores.

A partir desse quadro foi possível perceber que dos 17 textos, 8 apresentam a proposição de um artefato (ferramenta/ framework). Identifica-se então uma tendência dos estudos a realizar sínteses de artefatos e suas posteriores avaliações, mais do que análises teóricas sobre os temas em questão. Essa tendência pode significar que a relação BIM, custo e projeto arquitetônico já se encontra consolidada no campo conceitual, mas não no campo prático. Assim, cabe questionar o porquê de tantos artefatos estarem sendo desenvolvidos, mas sem sucesso em sua difusão no campo da prática de projeto. Para responder, é preciso recorrer ao terceiro resultado deste trabalho: a identificação das limitações dos artefatos propostos. De acordo com o que foi analisado em cada texto, percebeu-se que a ausência de testes em projetos reais e as limitações de escala das ferramentas em questão são os principais problemas que impactam na difusão de suas aplicações.

O último resultado obtido por este trabalho foi a compilação dos parâmetros que mais afetam o custo dos projetos arquitetônicos de acordo com os trabalhos levantados. Complementarmente, estes parâmetros foram associados ao LOD que contém as informações necessárias para a extração de seus valores (Quadro 2).
Utilizando como referência o Fórum BIM (2020), as informações detalhadas no documento para descrever cada LOD foram associadas com os parâmetros projetuais listados. De acordo com o Quadro2 é possível perceber que diversas informações relevantes para o custo podem ser extraídas ainda em estágios iniciais de projeto. Além disso, muitos itens se repetem em diversos autores, mesmo que não estejam listados sob o mesmo nome, confirmando a relevância desses parâmetros.

Quadro 2: Parâmetros de projeto que mais influenciam o custo, associados ao LOD necessário

AUTORES	LOD 100				LOD 200		LOD 300	LOD 350
CHEUNG, F. K. (2012)	Área térreo	Área interna	Perímetro paredes externas	Altura do andar	Qtd. e tipo de escadas e rampas	Qtd. de paredes internas e divisórias	Qtd. e tipo de elementos	Acabamentos
FORGUES, D. (2012)	LOD 300				LOD 500			
	Tipo de elemento		Tipo de material		Custo unitário por elemento		Custo unitário por material	
GERBER, D. (2012)	LOD 100							
	Área	Forma	Nº de andares		Altura do andar		Comprimento da base de um lado do volume	
ELBELTAGI, E. (2014)	LOD 100		LOD 350				LOD 500	
	Área	Volume de espaços	Qtd. de componentes		Qtd. de materiais		Custo unitário do material	
WOOD, J. (2014)	LOD 100			LOD 350			LOD 500	
	Área	Volume	Orientação	Qtd. de elementos			Custo unitário por elemento	
JUNGSIK, C. (2015)	LOD 100					LOD 350		
	Área	Volume	Zonas	Forma	Orientação	Qtd. e tipo de elementos	Materiais	
TAIHAIRA R.B.R.T (2015)	LOD 100				LOD 350			
	Tamanho		Forma		Especificações			
RAMAJI, I. (2018)	LOD 100		LOD 350				LOD 500	
	Área	Nº de andares	Qtd. de elementos		Materiais		Custo unitário por elemento	
HONG, Y. (2019)	LOD 100						LOD 350	
	Tamanho		Forma		Orientação		Qtd. de elementos	
KATKE, S. (2020)	LOD 100	LOD 200			LOD 300		LOD 350	
	Altura do andar	Definições de estrutura	Espessura da parede	Definições de esquadria	Definições de sistema hidráulico	Definições de sistema elétrico	Qtd. de elementos	Materiais

Quadro 2: Parâmetros de projeto que mais influenciam o custo, associados ao LOD necessário (continuação)

AUTORES								
MORAES, A. (2016)	LOD 100			LOD 200		LOD 300		
	I.A.[2] áreas de uso comum e relação às áreas privativas	I.A.² área de uso comum no pavimento-tipo	I.C.[3] da forma geométrica do pavimento-tipo	I.A.² da área de uso comum nos pavimentos de garagem		Densidade de paredes	Número de segmentos de parede	Número de junções duplas
	LOD 500							
	I.E.[4] plano horizontal	I. CO[5] plano vertical	Área nominal	I.Q.[6] da configura ção interna	I.Q.[6] da configuração externa	I.Q.[6] da configuração espacial	Índice de qualidade geométrica	Índice de qualidade nominal
COSTA, G. (2021)	LOD 100	LOD 200	LOD 300				LOD 350	
	Área	Tipo de telhado	Volume de concreto na estrutura		Definições de sistema hidráulico	Definições de sistema elétrico	Revestimentos	
FELISBERTO, A.D. (2021)	LOD 100		LOD 200					LOD 350
	Área	Perímetro	Tipo e qtd. de fundação	Tipo e qtd. superestru tura	Tipo e qtd. de paredes	Tipo e qtd. de telhado	Tipo e qtd. esquadria	Tipo e qtd. acabamen tos internos
	LOD 350							LOD 500
	Tipo e qtd. de acabamentos externos		Tipo e qtd. acabamen to de piso		Tipo e qtd. de acabamentos de teto		Pavimentação	Custo unitário por elemento
MONTEIRO, F.P. (2021)	LOD 100				LOD 200			LOD 300
	Área	Altura	Nº de andares	Nº de andares com pilotis	Nº de unidades	Tipo de estrutura	Tipo de “envelope”	Nº de elevadores
MIRANDA, S.L.C. (2022)	LOD 100		LOD 200					LOD 300
	Área bruta de piso	Nº de andares	Nº de unidades	Nº de unidades por andar	Tipo de fundação	Tipo de telhado	Tipo de estrutura	Nº de elevadores
YANG, S.W. (2022)	LOD 100					LOD 200		
	Área bruta de piso	Área de construção	Área de sítio	Nº pisos subterrâneo	Nº máx. de andares	Área paisagismo	Nº máx. vagas estacionamento	

Fonte: autores, 2023.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou 17 textos sob os aspectos de tema, resultados, contribuições e limitações visando identificar parâmetros de projeto que mais afetam o custo e como eles podem ser considerados ao longo do

[2] índice de aproveitamento
[3] índice de compacidade
[4] índice de espaciosidade
[5] índice de configuração
[6] índice de qualificação

desenvolvimento do modelo de informação a fim de apoiar a tomada de decisão. Verificou-se diversas soluções distintas para estabelecer conexões entre BIM, LOD, estimativa de custo e projeto arquitetônico, sendo identificadas pelo menos 8 ferramentas diferentes para facilitar essa relação. Os resultados apresentados no Quadro 2 contribuem para sistematizar a extração de informações do modelo e facilitar a visualização de quais parâmetros de projeto o arquiteto deve se ater para melhorar a tomada de decisão. Assim, percebe-se que decisões projetuais de grande representatividade levam em conta, segundo a maioria dos autores, elementos como planta e volumetria, possibilitando que soluções projetuais econômicas sejam decididas já em etapas como partido e estudo preliminar.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado pela FUNCAP.

REFERÊNCIAS

AIA. Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents. California, 2013. Disponível em: https://zdassets.aiacontracts.org/ctrzdweb02/zdpdfs/digital-practice_guide.pdf. Acesso em 18 abr. 2023

BARROS, R.A.M.L. **Processo de Projeto e Fluxo de Informações em BIM**: Estudos de Caso em Florianópolis/SC / Roberta Augusto Menezes Lopes de Barros; orientador, Lisiane Ilha Librelotto, 2018. 219 f.

CHEUNG, F. K. T., RIHAN, J., TAH, J., DUCE, D., & KURUL, E. Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models. **Automation in Construction**, 27, p. 67–77, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2012.05.008. Acesso em 11 mar. 2023

COSTA, G. M. da .; LEITE, F. R. de S. ; VIRGÍNIO, I. P. .; SILVA JÚNIOR, E. L. da . Project compatibility with the aid of BIM: analysis of cost reduction in a social housing project. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e16411124625, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i1.24625. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24625 . Acesso em: 11 mar. 2023.

DRESCH, A. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**/ Aline Dresch, Daniel Pacheco Lacerda, José Antônio Valle Antunes Júnior. Porto Alegre: Bookman, 2015. xxii, 181 p.: il.; 25 cm.

EASTMAN, C. et al. **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. ISBN: 978-0-470-18528-5.

ELBELTAGI, E. et al. BIM-Based Cost Estimation/ Monitoring For Building Construction. **International Journal of Engineering Research and Applications**, ISSN : 2248-9622, Vol. 4, n. 7 (Versão 4), 2014, pp.56-66. Disponível em: https://www.academia.edu/68105015/BIM_Based_Cost_Estimation_Monitoring_For_Building_Construction. Acesso em: 30 mar. 2023.

FORGUES, D. et al. Rethinking the Cost Estimating Process through 5D BIM: A Case Study. **Construction Research Congress**, 2012. p. 778-786. Disponível em: https://www.academia.edu/12772168/Rethinking_the_Cost_Estimating_Process_through_5D_BIM_A_Case_Study. Acesso em: 30 mar. 2023.

FORUM, BIM. **Level of Development (LOD) Specification** – Part I and Commentary. 2020. Disponível em: https://bimforum.org/resource/level-of-development-specification/. Acesso em: 01 jun. 2023

FELISBERTO, A. D..; MARCHIORI, F. F.; LOVE, P.; SIGNOR, R. BIM cost estimation guidelines for Brazilian public sector infrastructure. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 12, p. e021004, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.20396/parc.v12i00.8659766.

GERBER, D. et al. Associative Parametric Design And Financial optimisation - Cash Back 1.0: Parametric design for visualizing and optimising return on investment for early stage design decision-making. **Proceedings of the 17th Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)**. Disponível em: http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2012_109.content.pdf. Acesso em: 6 fev. 2023.

GHAZARYAN, M. BIM and Cost Estimation Issues (5D): Case of Armenia. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 698, n. 2, p. 022076, 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/698/2/022076. Acesso em: 30 mar. 2023.

HEGAZY T., SAID, M., KASSAB, M. Incorporating rework into construction schedule analysis. **Automation in Construction**. v. 20, p. 1051–1059, 2011.

HONG, Y; HAMMAD, A. W. A.; AKBARNEZHAD, A. Forecasting the net costs to organizations of Building Information Modelling (BIM) implementation at different levels of development (LOD). **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, Special issue: 'Virtual, Augmented and Mixed: New Realities in Construction', Vol. 24, pg. 588-603, 2019. DOI: 10.36680/j.itcon.2019.033. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/337736313_Forecasting_the_net_costs_to_organisations_of_Building_Information_Modelling_BIM_implementation_at_different_levels_of_development_LOD Acesso em: 11 mar. 2023.

JUNGSIK, C., HANSAEM, K., INHAN, K. Open BIM-based quantity take-off system for schematic estimation of building frame in early design stage. **Journal of Computational Design and Engineering**, Volume 2, Issue 1, January 2015, Pages 16–25, DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcde.2014.11.002 Acesso em: 29 mar. 2023.

KATKE, S. Time and Cost Control of Construction Project using 5D BIM process. **International Research Journal of Engineering and Technology**, ISSN 2395-0056, Vol. 7, n.8, 2020, p. 3247-3257. Disponível em: https://www.academia.edu/72317768/Time_and_Cost_Control_of_Construction_Project_using_5D_BIM_process. Acesso em: 30 mar. 2023.

LIMA, M.M.X de. **Metamodelo para integração de multidesempenhos em projeto de arquitetura**. 2016. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2016

MASCARÓ, J.L. **O custo das decisões arquitetônicas: como explorar boas ideias com o orçamento limitado**. 2ª edição revista e ampliada. Porto Alegre: Sagra Luzzatto.

MIRANDA, S.L.C; CASTILLO, E.D.R; GONZALEZ, V.; ADAFIN, J. Predictive Analytics for Early-Stage Construction Costs Estimation. **Buildings** 2022, 12, 1043. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12071043. Acesso em: 29 mar. 2023.

MONTEIRO, F.P.; SOUSA, V.; MEIRELES, I.; OLIVEIRA, C.C. Cost Modeling from the Contractor Perspective: Application to Residential and Office Buildings. **Buildings**, 2021, n. 11, 529. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings11110529. Acesso em: 30 mar. 2023.

MORAES, A. F. de S.; PICCHI, F.; GRANJA, A. D. Variáveis e índices geométricos de projeto arquitetônico relacionados ao custo de empreendimentos residenciais. **XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

RAMAJI, I. J., RICHARDSON, N., MOSTAVI, E., & KERMANSHACHI, S. Investigation of Leveraging BIM Information Exchange Standards for Conducting LOD-Based Cost Estimating. **Construction Research Congress**, 2018. DOI: https://doi.org/10.1061/9780784481264.047. Acesso em: 28 mar. 2023.

SABOL, L. Challenges in cost estimating with Building Information Modeling**. Design + Construction Strategies.** 2008. Disponível em: http://www.dcstrategies.net/files/2_sabol_cost_estimating.pdf. Acesso em: 11 mar. 2023.

TAIHAIRAN, R.B.R.T; ISMAIL, Z. BIM: Integrating Cost Estimates at Initial/Design Stage. **International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology**, ISSN: 2180-3242, Vol. 6, n. 1, 2015, p. 62-74. Disponível em: https://www.academia.edu/80100447/BIM_Integrating_Cost_Estimates_at_Initial_Design_Stage. Acesso em: 30 mar. 2023.

WOOD, J., PANUWATWANICH, K., & DOH, J.-H. (2014). Using LOD in Structural Cost Estimation during Building Design Stage: Pilot Study. **Procedia Engineering**, 85, 543–552. DOI:https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2014.10.582 Acesso em: 29 mar. 2023.

YANG, S.W. et al. Parametric Method and Building Information Modeling-Based Cost Estimation Model for Construction Cost Prediction in Architectural Planning. **Applied Sciences**, vol. 12, no. 19, 2022, p. 9553. DOI: https://doi.org/10.3390/app12199553 Acesso em: 30 mar. 2023.