

OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS PARA ORÇAMENTO DE OBRAS POR MEIO DE SOFTWARE BIM: UMA PROPOSTA DE MATRIZ DE PARÂMETROS

OPTIMIZATION OF QUANTITATIVE EXTRACTION FOR BUDGET OF WORKS USING BIM: A PARAMETER MATRIX PROPOSAL

OPTIMIZACIÓN DE EXTRACCIÓN CUANTITATIVA PARA PRESUPUESTO DE OBRAS MEDIANTE SOFTWARE BIM: UNA PROPUESTA DE MATRIZ DE PARÁMETROS

Ranielle Lopes dos Santos¹, Cláudio Roberto Campelo Filho¹, Bianca Maria Vasconcelos Valério¹

RESUMO:

A alta competitividade do mercado da construção civil faz com que as empresas precisem estar em constante evolução e inovação, aprimorando seus processos gerenciais. Em meio a esses processos, destaca-se a gestão dos custos de uma obra, que essencialmente necessita de dados confiáveis. Nesse sentido, a pesquisa teve como objetivo propor um modelo de extração de quantitativos para orçamentos analíticos de obras, por meio da estruturação de uma matriz de parâmetros a ser utilizada como base para formulação de *template* (modelo base para a construção de projetos) *Building Information Modeling* (BIM), com ênfase na otimização de extração de quantitativos dos projetos de infraestrutura, superestrutura e arquitetura. Para tanto, foi realizado um estudo de caso, por meio de dados do setor de gestão de obras de uma empresa da área da construção civil, com enfoque nos principais sistemas construtivos utilizados no período de dois anos. Em seguida, foi elaborada uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP) base, tendo como referência o banco de dados do setor, bem como consultando a NBR 12721:2005. Com isso, foi realizada a análise dos critérios para definição dos parâmetros e das opções de filtros, resultando na estruturação da matriz e, conseqüentemente, melhorando a confiabilidade dos dados e otimizando o processo de extração.

PALAVRAS-CHAVES: Custo; Projeto; Engenharia; BIM.

¹ Universidade de Pernambuco (UPE)

Fonte de Financiamento:
Sem financiamento

Conflito de Interesse:
Declara não haver.

Submetido em:
06/11/2022
Aceito em:
22/05/2023

How to cite this article:

SANTOS, R. ET. AL. Otimização da extração de quantitativos para orçamento de obras por meio de software BIM: uma proposta de matriz de parâmetros. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v18, n1, 2023. <https://doi.org/10.11606/gtp.v18i1.204175>



ABSTRACT:

The high competitiveness of the civil construction market means that companies need to be constantly evolving and innovating, improving their management processes. Among these processes, the cost management of a work stands out, which essentially needs motivated data to make it viable. In this regard, the research aimed to propose a quantitative management model for analytical budgets of works, through the structuring of a matrix of parameters used as a basis for formulating a Building Information Modeling (BIM) template (base model for project construction), with emphasis on optimizing the quantity of infrastructure, superstructure and architecture projects. For that, a case study was carried out using data from the management sector of a company in the civil construction area, with an approach in the main construction systems used in the period of two years. Then, the Work Breakdown Structure (WBS) base was elaborated, analyzing the companies' database as well as consulting NBR 12721:2005. With this, the analysis of the criteria for defining the parameters and the ways of filtering the information were carried out, resulting in the matrix structuring and, consequently, improving data reliability and optimizing the generation process.

KEYWORDS: *Cost; Project; Engineering; BIM.*

RESUMEN:

La alta competitividad del mercado de la construcción civil hace que las empresas necesiten estar en constante evolución e innovación, mejorando sus procesos de gestión. Entre estos procesos destaca la gestión de costes de una obra, que requiere esencialmente datos fiables. En este sentido, la investigación tuvo como objetivo proponer un modelo de extracción cuantitativa para análisis de presupuestos de obra, mediante la estructuración de una matriz de parámetros que servirá de base para la formulación de una plantilla (modelo base para la construcción de proyectos) Building Information Modeling (BIM), con énfasis en optimizar la extracción de cantidades de proyectos de infraestructura, superestructura y arquitectura. Para ello, se realizó un estudio de caso, utilizando datos del sector de dirección de obra de una empresa del área de construcción civil, enfocándose en los principales sistemas constructivos utilizados en el periodo de dos años. A continuación, se elaboró una Estructura de Desglose del Proyecto (EAP) básica, tomando como referencia la base de datos del sector, además de consultar la NBR 12721:2005. Con esto, se realizó el análisis de los criterios para la definición de los parámetros y opciones de filtro, dando como resultado la estructuración de la matriz y, en consecuencia, mejorar la confiabilidad de los datos y optimizar el proceso de extracción.

PALABRAS CLAVE: *Costo; Proyecto; Ingeniería; BIM.*

INTRODUÇÃO

A crescente urbanização gera, como resultado, a expansão dos empreendimentos, impactando na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Para tanto, a fim de acompanhar essas transformações, fez-se necessário a implementação de uma série de técnicas gerenciais nos mais diversos níveis de negócio, como a aplicação do *Building Information Modeling* (BIM). De acordo com a *National Building Information Modeling Standard* (NIBS, 2022), o BIM pode ser entendido também como um processo colaborativo de obtenção das informações necessárias às atividades desenvolvidas durante todo o ciclo de vida da edificação.

Em sua função colaborativa, o BIM promove interdisciplinaridade de projetos e aplicações nas demais vertentes da gestão de obras (orçamento, planejamento, acompanhamento de obras etc.), e, com isso, diferentemente de um modelo bidimensional (2D), o processo do BIM proporciona a realização paralela de atividades, resultando em economia, qualidade e confiabilidade dos dados (NASCIMBENI, 2020). Ao utilizar o BIM como método de construção de informações para geração de um modelo, a assertividade dos dados aumenta consideravelmente em relação aos métodos tradicionais.

Uma das vertentes da gestão de obras que torna a execução de uma obra viável é o seu custo, e, por meio do BIM, é possível realizar a estimativa dos quantitativos que compõem o orçamento (FAZELI *et al.*, 2021). A extração de dados utilizando um *software* BIM é realizada através de parametrizações que transformam a concepção tradicional em informação aplicada a várias finalidades específicas, conforme o nível de maturidade BIM alcançado pela empresa. Para ser construído um modelo colaborativo e integrado, é necessário um passo a passo evolutivo que vai desde o pré-BIM até o pós-BIM (NIBS, 2022).

Uma das características do BIM é gerar uma base comum de dados. Para tanto, a fase de modelagem de um projeto necessita possuir compatibilidade entre objetos e informações, que ocorre por meio da seleção de parâmetros que, por sua vez, ao estarem padronizados, tornam essa integração e essa otimização viáveis, gerando uma rede colaborativa ao longo do ciclo de vida do projeto (SIDDIQUI *et al.*, 2021). Essa mesma integração possibilita a realização de análises que geram informações automatizadas, permitindo o seu uso para a vertente do custo de uma obra (ZHANG; EL-GOHARY, 2020).

Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo propor um modelo de extração de quantitativos para orçamentos analíticos de obras, por meio da estruturação de uma matriz de parâmetros a ser utilizada como base para formulação de *template* (modelo base para a construção de projetos) BIM. O enfoque desse *template* é a otimização da extração de quantitativos dos projetos de infraestrutura, superestrutura e arquitetura.

USO DO *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) NO ORÇAMENTO DE OBRA

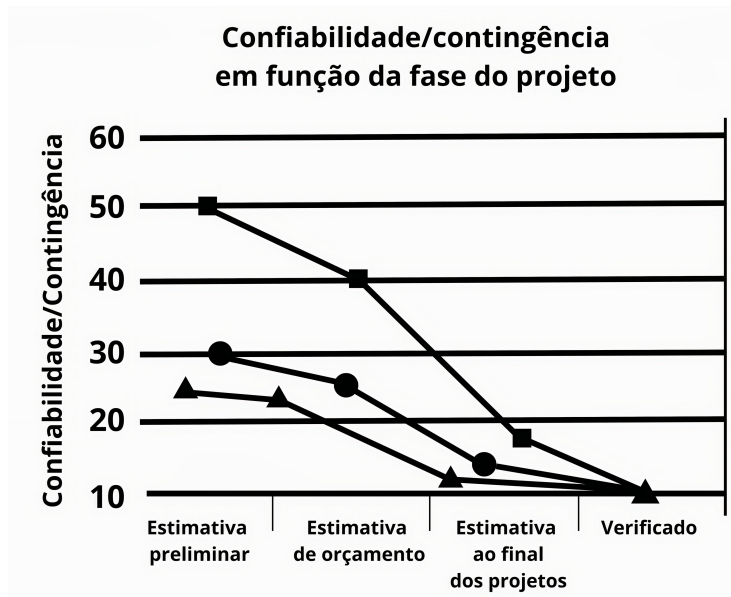
Atualmente, os benefícios do BIM são estudados no mundo inteiro, destacando-se o aumento da eficiência no desenvolvimento dos projetos, a redução do custo da obra, a minimização dos conflitos nos projetos por meio do monitoramento viabilizado por *softwares* BIM e a melhoria na comunicação e na viabilização de um planejamento integrado (AL-ASHMORI *et al.*, 2020).

Aliado a isso, o BIM fornece um banco de informações para a obtenção de um gerenciamento de obra eficaz e integrado. Entretanto, diversas variáveis precisam ser estudadas e aplicadas para que essa integração ocorra de forma produtiva e assertiva.

Eastman *et al.* (2014), em seu estudo e com base em outras literaturas, apresentaram a relação entre a confiabilidade dos dados extraídos e o risco financeiro em cada fase do projeto, comparando a relação dos dados gerados pelos proprietários e os dados obtidos com o uso do BIM, demonstrando o quanto a utilização da modelagem de informação mitiga o risco de superdimensionamento do custo. Além disso, seus estudos reforçam a importância do BIM durante o ciclo total de vida de um edifício e o quanto esse processo gera credibilidade na obtenção das informações (Figura 1).

Figura 1. Confiabilidade e estágio de desenvolvimento das estimativas

Fonte: adaptado de Eastman *et al.* (2014). Dados adaptados de U.S. (1997), Oberlander e Trost, 2001.



O nível de qualidade do modelo BIM está diretamente ligado à confiabilidade das informações dos elementos extraídos, que geram as composições de um orçamento de obra. Essas composições geradas com os elementos do modelo podem ser obtidas por meio das extrações diretas do *software* ou por intermédio de outra ferramenta que interligue ambas as funções, orçamento e modelagem (EASTMAN *et al.*, 2021). Com base nessa modelagem, é realizado o processo de quantificação dos dados que são extraídos de acordo com o nível de detalhamento do projeto. Ou seja, o projeto deixa de ser tradicionalmente apenas uma representação, para se tornar uma informação; por exemplo, uma parede não será apenas a representação de duas linhas, ela será uma parede constituída por camadas de bloco de vedação, chapisco, emboço e pintura, como ocorre na obra (BEZERRA; RIBEIRO, 2020).

Para que haja essa integração entre os quantitativos extraídos e a construção do orçamento de obras, como uma das soluções, tem-se a Estrutura Analítica de Projeto (EAP), com o propósito de gerar melhoria no gerenciamento do projeto. As EAPs elencam descrições base para cada etapa da construção, segmentada por elemento construtivo, de modo a tornar o

planejamento e o controle de cronograma e de custos mais simples e eficientes (AKANBI; ZHANG, 2021), configurando-se uma importante ferramenta para o orçamento de obras.

Em um estudo realizado por Castro e Santos (2022), em que relaciona o BIM 5D ao orçamento de empreendimentos, melhorias qualitativas são apresentadas, impactando na assertividade da quantificação vinda dos modelos. Nesse sentido, a precisão das informações proporcionadas pela parametrização viabilizada pelos *softwares* BIM é destacada por Romcy, Albuquerque e Nunes (2022). Vale ressaltar que a aplicação do BIM no orçamento de obras é objeto de estudo há anos. Em um estudo, Santos, Antunes e Balbinot (2014) evidenciavam o quanto o levantamento manual possuía mais facilidade no uso, entretanto, com déficit na assertividade da informação.

ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP)

A EAP, em inglês *Work Breakdown Structures* (WBS), é uma técnica de planejamento recomendada pelo guia *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), que apresenta boas práticas de gerenciamento de projetos. Segundo o guia, a criação da EAP é essencial para se obter uma visualização estruturada e ordenada das atividades do escopo do projeto (PMI, 2017), sendo uma ferramenta fundamental para o gerenciamento de projetos (OLIVEIRA, R. B. de *et al.*, 2021). Essas atividades, detalhadas durante a construção da EAP, estão diretamente ligadas ao planejamento de uma obra, ocorrendo a decomposição do escopo do projeto por meio da hierarquia de realização de execução. Dessa forma, o escopo final vai sendo, gradativamente, transformado em sub-atividades, organizando o processo de construção e facilitando a identificação de erros. Sendo assim, o produto gerado por essa EAP pode ser organizado de diferentes formas, como a analítica, que consiste em um formato de tabela, na qual dispõe das tarefas de forma, a fim de que seja realizado um produto final (MATTOS, 2019).

Esse detalhamento da estrutura dos elementos de um projeto também facilita a gestão de custos, pois um orçamento, para ser construído de forma assertiva, necessita ter dados confiáveis. No entanto, antes do tratamento dessas informações, é necessária a definição dos dados que norteiam o ciclo de vida de um projeto para que o mesmo seja executado (REIS, 2019). E, para que haja interligação entre as vertentes do gerenciamento de uma obra (projeto, orçamento, planejamento, etc.), é utilizada a EAP, pois, conforme visto, há abordagem de informações detalhadas do processo de construção, em que é introduzido o conceito de construção virtual com o uso de *softwares* BIM. Esse, ao ser relacionado à EAP, viabiliza a troca integrada de informações no gerenciamento, e essa inserção é estruturada nos parâmetros dos elementos durante a modelagem BIM (AL-KASASBEH; ABUDAYYEH; LIU, 2021).

PARAMETRIZAÇÃO DA MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

A confiabilidade da obtenção das extrações de quantitativos relacionadas aos modelos de informação é resultado direto do nível de detalhamento que o projeto possui, pois, quanto maior o nível de detalhe, maior será a qualidade final do orçamento. E, para a obtenção desses dados de forma precisa, é essencial um modelo paramétrico, ou seja, um modelo que possua

configurações orientadas por parâmetros, conforme a necessidade de informação, para orçamento dos elementos contidos em projeto (MATTANA; LIBRELOTTO,2018).

Diante dos variados *softwares* que o mercado oferece, o Revit dispõe de um ambiente de modelagem 3D, bem como possui meios de disponibilizar as informações no modelo tradicional 2D. Além disso, é possível inserir informações no modelo e exportá-lo em formato *Industry Foundation Classes* (IFC), modelo que pode ser utilizado em qualquer *software* BIM. De maneira mais ampla, é possível modelar variados sistemas com confiabilidade e precisão, simplificando a construção do projeto e integrando equipes, aliado à sua funcionalidade paramétrica (AUTODESK, 2022). Nesse sentido, há quatro tipos de parâmetros que auxiliam na organização das informações do modelo, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Tipos de parâmetros do Revit

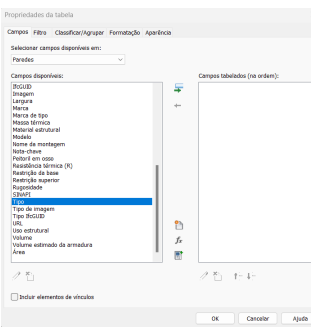
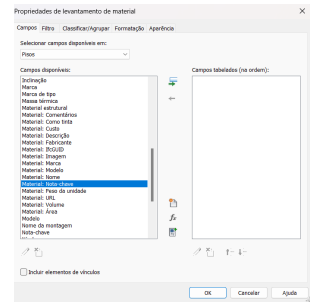
Fonte: adaptado da Autodesk (2022).

Tipo	Descrição	Exemplo
Parâmetro de projeto	Os parâmetros de projeto são específicos a um único arquivo de projeto.	Categorização das vistas em um projeto.
Parâmetros de família	Os parâmetros da família controlam os valores da variável da família, como cotas ou materiais. São específicos para a família.	Os parâmetros da família, como largura e altura, podem ser utilizados em uma família de portas para gerar especificações nas tabelas de quantitativo.
Parâmetros compartilhados	Os parâmetros compartilhados são definições de parâmetros que podem ser utilizados em múltiplas famílias ou projetos.	Quando há necessidade de criar duas famílias de fundação isoladas diferentes, tendo-se a necessidade da espessura, é utilizado um parâmetro compartilhado carregado em ambas as famílias de fundação isoladas.
Parâmetros globais	Os parâmetros globais são específicos a um único arquivo de projeto, mas não são atribuídos às categorias. Os parâmetros globais podem ser valores simples, valores derivados de equações ou valores obtidos do modelo usando outros parâmetros globais.	As vigas modeladas podem ser conduzidas para serem deslocadas de forma consistente do piso que apoiam. Se o projeto do piso for alterado, as vigas irão responder de acordo.

Portanto, a qualidade do produto da modelagem está atrelada, principalmente, ao seu desenvolvimento padronizado, visto que os métodos de modelagem inconclusos geram quantidades extraídas não confiáveis. Como exemplo, no caso de elementos compostos de outras camadas, como as paredes, cada camada desse elemento precisa ser inserida no modelo vinculado à construção real, contendo vedação, chapisco, emboço e acabamento (KHOSAKITCHALERTY; YABUKI; FUKUDA, 2019). A existência desses elementos compostos, assim como os demais, gera uma construção de informação confiável para extração de acordo com os parâmetros de projetos.

Para que haja integração entre o que é modelado e a informação gerada, é necessário entender como se dá o processo de configuração, para que as informações estejam

interligadas, e como ocorrem as suas visualizações nas tabelas de *software*. O Quadro 2 apresenta dois tipos de tabela do *software* utilizado nesta pesquisa (Revit) que interligam os elementos contidos na modelagem com seus respectivos parâmetros. A tabela de quantidades está ligada aos modelos de componentes, e a tabela de levantamento de material, aos materiais inseridos nos componentes.

Tipo de tabela	Funcionamento	Exemplo
Tabela/Quantidades	Cria uma tabela-chave ou uma tabela para os componentes de construção. Uma tabela-chave permite definir chaves para preencher automaticamente algumas informações para a tabela.	
Levantamento de material	Cria uma lista de subcomponentes ou materiais para a categoria de material família do Revit. Os levantamentos de material têm todas as funcionalidades e características de outras vistas da tabela, mas permitem obter quantidades de materiais que compõem uma montagem de componentes.	

Quadro 2. Tipos de tabela do Revit

Fonte: adaptado da Autodesk (2022).

De acordo com o esquema do funcionamento das tabelas, é possível visualizar que as tabelas “Tabela/Quantidades” e “Levantamento de material” encaixam-se adequadamente para o objetivo das extrações de quantidades. O esquema da Figura 2 mostra como se dá o funcionamento da criação das tabelas e utilização dos parâmetros. O passo 01 indica a aba do *software* (no caso, o Revit) “Vista”, que direciona para as opções de tabelas. Ao clicar em Tabelas (passo 02), é possível visualizar as opções possíveis para a quantificação de elementos. Ao clicar nas tabelas indicadas (passo 03), é aberto um campo de categoria onde é possível

escolher o sistema construtivo que está sendo modelado, como “Parede” (passo 04). Selecionado o sistema, é possível visualizar e definir os parâmetros para quantificação (passo 05).

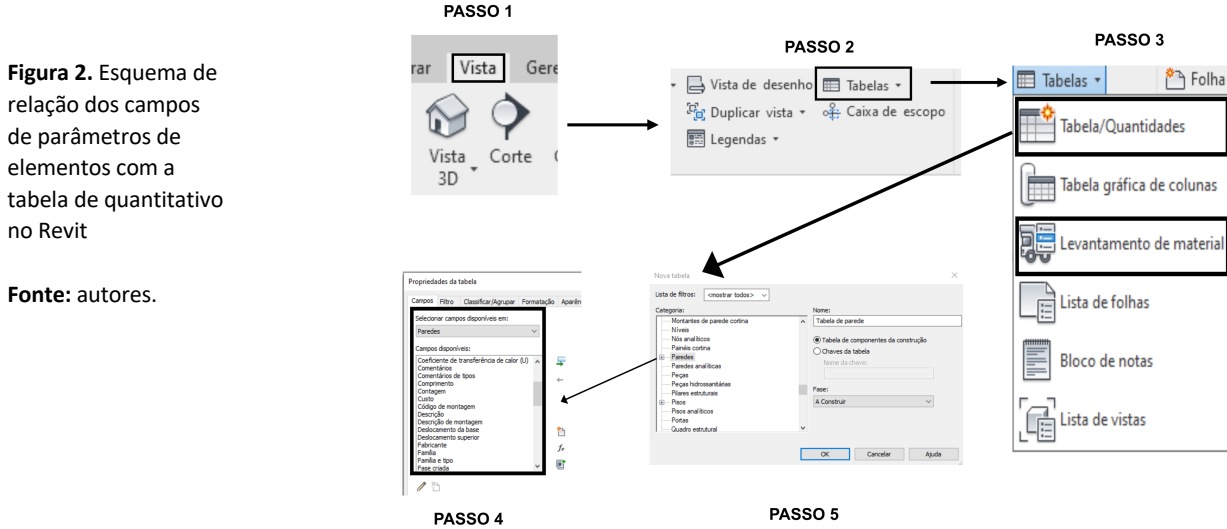


Figura 2. Esquema de relação dos campos de parâmetros de elementos com a tabela de quantitativo no Revit

Fonte: autores.

A parametrização é de fundamental importância, pois, ao definir os parâmetros da modelagem, é facilitada a montagem das tabelas de quantitativos contidas no Revit. Após a definição dos tipos de tabelas e parâmetros, é necessário realizar a análise da aplicação dos filtros possíveis para que os elementos sejam visualizados na planilha. A Figura 3 ilustra o elemento parede com nomenclatura de tipo PD_90_Bloco cerâmico, que permite identificar o tipo de sistema, material e espessura da parede. Nas propriedades do material, existe um parâmetro intitulado nota-chave que permite adicionar manualmente o valor do tipo de sistema da parede. Essa informação pode ser incluída nos filtros de tabelas, permitindo variadas formas de organização das tabelas. Dessa forma, é possível filtrar as informações das tabelas de acordo com as necessidades do usuário.

Vale considerar que os softwares BIM, como o Revit, também possuem auxílio de uma biblioteca de famílias, que são os elementos construtivos inseridos no modelo, como uma esquadria, que, apesar de conter configurações norte-americanas, é possível a personalização de acordo com as Normas Brasileiras (NBs) (NUNES; LEÃO,2018). Enfim, é com o auxílio de dados padronizados parametricamente que a utilização dos mesmos na orçamentação se torna ainda mais assertiva, visto que, ao conhecer os parâmetros necessários para a extração, há a mitigação dos riscos de elementos não quantificados.

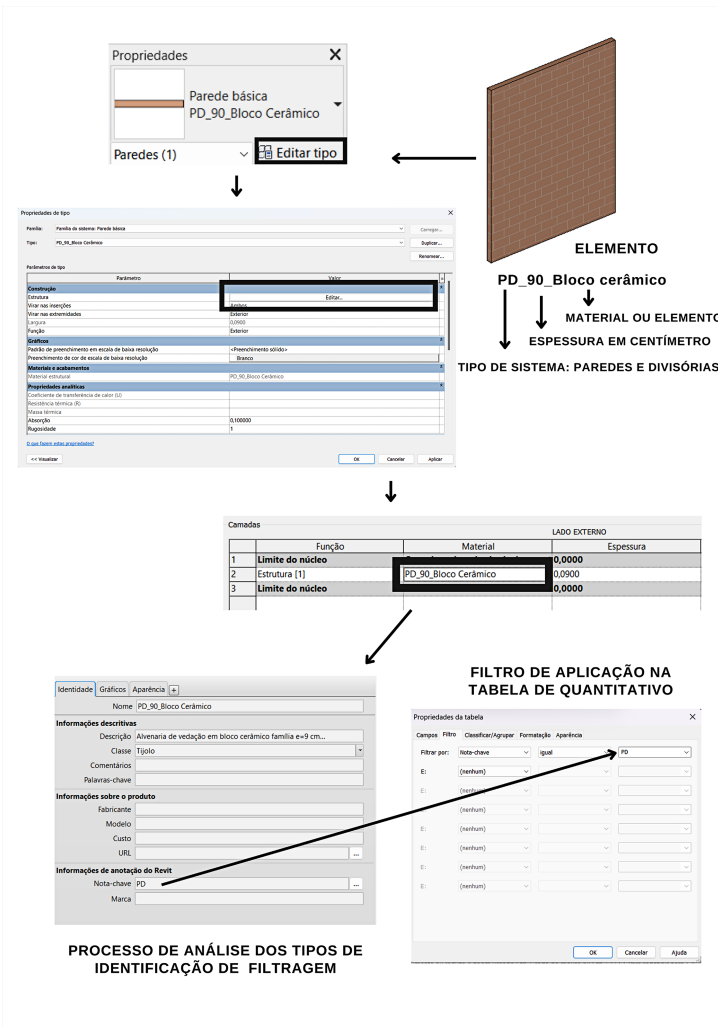


Figura 3. Análise da aplicação dos filtros possíveis para que os elementos sejam visualizados na planilha
Fonte: adaptado da Autodesk (2022).

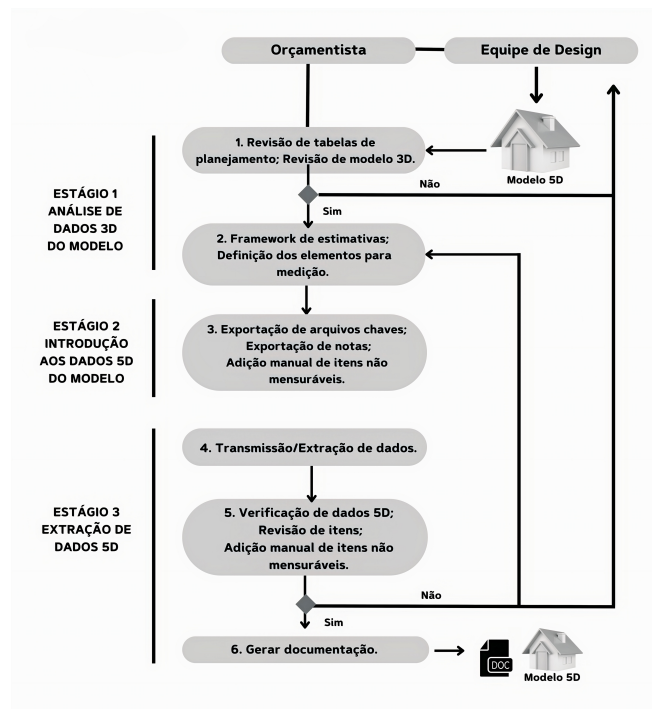
EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS ATRAVÉS DE SOFTWARE BIM

Dados sem confiabilidade geram riscos significativos aos incorporadores dos empreendimentos, pois calculam de forma errônea os custos dos insumos contidos nos projetos (EASTMAN *et al.*, 2021). A utilização dos modelos BIM, devido aos seus objetivos de obtenção de dados precisos e computáveis, faz com que haja mitigação desses riscos, gerando uma base confiável para os incorporadores obterem seus quantitativos.

Aragó *et al.* (2021) definem, em seu estudo, que a extração de quantitativos ocorre mediante três etapas. A primeira etapa consiste na revisão do modelo e construção da estrutura de estimativa. A segunda etapa vincula as informações do modelo com os custos dos insumos. A terceira etapa está relacionada à extração, revisão e finalização das vinculações dos dados com valores. A Figura 4 ilustra o detalhamento dessas etapas.

Figura 4. Fases do processo de extração

Fonte: adaptado da Arágo *et al.* (2021).



Nesse sentido, a utilização de *softwares* BIM se torna atraente, devido à sua finalidade de integração e sua funcionalidade de parametrização, sendo possível criar tabelas de quantidades que podem ser extraídas direto da plataforma em formato .txt, bem como utilizando *plugins* que exportam essas quantidades em formato de planilhas em Excel. Logo, um passo a passo definido permite que a interoperabilidade do BIM aconteça. Latreille e Scheer (2021) validam o quanto o uso do BIM colaborou não somente com a construção do projeto, mas também com a gestão de custo. Os referidos autores também abordaram o fato de que a tomada de decisão, bem como as alterações nas definições do modelo, tornou-se mais ágil, visto que os elementos que precisavam mudar de especificação já constavam diretamente na forma de extração do modelo. Tal fato torna a comunicação entre o modelo e o orçamento mais eficiente.

MÉTODO

Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura de estudos relacionados ao BIM, parametrizações e orçamentação no que tange à indústria da AEC. De forma paralela, foi estruturado um estudo de campo. Para tanto, utilizou-se um banco de dados do setor de gestão de obras de uma empresa com mais de 30 anos de mercado na construção civil de Pernambuco, também presente em serviços em diversos estados brasileiros, dentre os quais estão Ceará, Alagoas, Bahia, São Paulo e Minas Gerais. Sua área de atuação é extensa, envolvendo consultorias, laudos técnicos, desempenho das edificações, monitoramento, acompanhamento técnico, projetos executivos, ensaios de materiais, calibração e gestão de obras, além da inserção no universo acadêmico.

Para definição da amostra, o banco de dados da empresa foi acessado, tendo 26 projetos em andamento. Desses, foram utilizados 19 projetos, por possuírem informações requeridas pela pesquisa. Com essa amostra, foram identificados e analisados 512 elementos, durante a estruturação da metodologia, e sintetizados, para que fossem determinados os filtros e parâmetros dos sistemas principais.

Primeiramente, foi realizada a seleção dos elementos de construção mais utilizados. Para tanto, foram analisadas as 19 EAPs correspondentes que, junto às referências do anexo B da NBR 12721:2005, que trata da discriminação orçamentária da construção de uma edificação, fundamentaram a EAP base (ABNT, 2005). Com a EAP base, os parâmetros foram determinados conforme os elementos construtivos principais da amostra. Por fim, com os dados necessários, houve a construção da matriz de parâmetros, que serve de base para a construção de *template* otimizado.

O *software* utilizado para obtenção desses parâmetros foi o Revit versão 2020, da Autodesk, por se tratar de um *software* utilizado pela empresa.

SELEÇÃO DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO DO ESTUDO DE CASO – 1ª ETAPA

Com base nos 19 projetos analisados, foi realizado um levantamento de dados relacionando os sistemas construtivos com os respectivos elementos contidos nos projetos, nos quais podem ser tanto componentes (*e.g.*, parede) quanto materiais (*e.g.*, bloco cerâmico). Essa relação teve como objetivo identificar os elementos mais utilizados dentro dos tipos de sistemas, viabilizando a construção da EAP base. Foram analisadas as disciplinas de fundação, estrutura, vedação e arquitetura de cada um dos projetos da base de dados, que são utilizados para a modelagem BIM da construção virtual. Os elementos foram sendo elencados e quantificados e, posteriormente, organizados por sistemas gerais baseados nas EAPs de cada projeto que, ao serem estruturadas de forma individual, já seguem as premissas dos serviços discriminados na NBR 12721:2005 (ABNT, 2005).

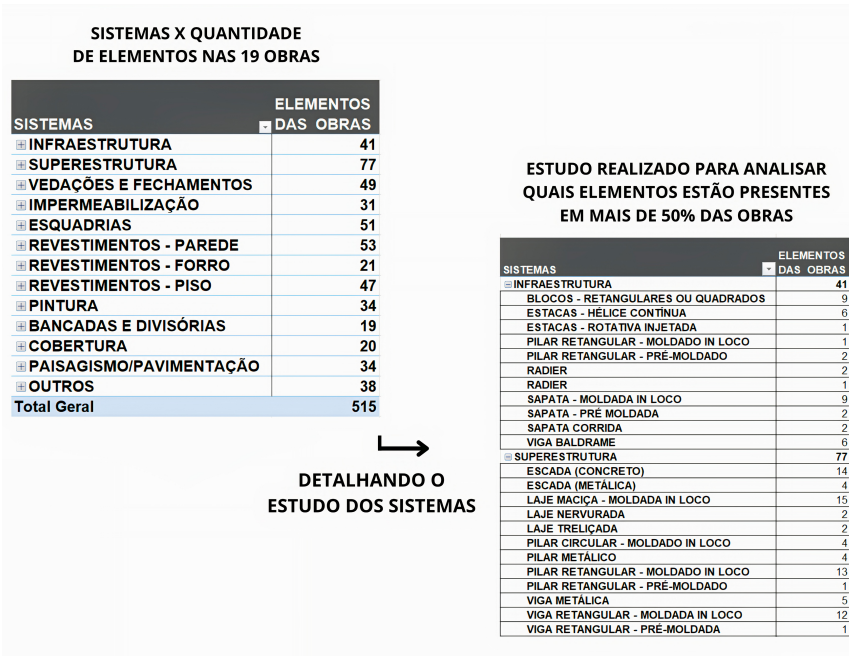
CONSTRUÇÃO DA EAP BASE – 2ª ETAPA

A EAP é um elemento essencial para estruturação dos serviços e itens necessários para a realização do orçamento analítico, do planejamento e do acompanhamento de obras. Com a base dos dados obtidos na execução da primeira etapa, foi possível realizar a interligação das informações dos sistemas principais de utilização com o detalhamento das subatividades relacionadas a esses elementos. O formato escolhido para detalhar os dados identificados foi a EAP analítica, modelo que é utilizado nos principais *softwares* do mercado para o planejamento de obras. Sua visualização é bem simples, em que os sistemas são elencados de forma lógica, conforme a evolução da obra.

Além disso, a EAP é enumerada seguindo uma ordem hierárquica, acrescentado um dígito aos elementos que estão dentro do mesmo sistema. Dessa forma, a EAP base foi sintetizada, relacionando os principais sistemas com os principais elementos, conforme os elementos que melhor caracterizam o respectivo sistema, assim como os que possuíssem uma incidência de mais de 50% na seleção da primeira etapa da metodologia. Ou seja, os elementos selecionados estavam presentes em 10 vezes ou mais nos 19 projetos analisados (Figura 5).

Figura 5. Esquema do estudo dos elementos contidos nos 19 projetos

Fonte: autores.



ANÁLISE DOS CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS – 3ª ETAPA

Com base nas informações obtidas, bem como no uso dos procedimentos internos da empresa estudada, foi realizado um levantamento das informações necessárias para a obtenção de parâmetros ideais, de modo a garantir a correlação entre os elementos modelados e as informações necessárias para um orçamento de obras assertivo. Vale ressaltar que nem todos os itens do orçamento estavam modelados, mas, por estarem associados aos elementos analisados, como exemplifica o esquema da Figura 5, foi possível extraí-los. Nesse sentido, visando indicar também os elementos extraídos mediante modelagem no *software*, foram criadas duas especificações: modelado e associado.

ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE FILTRAGEM PARA CORRELAÇÃO COM A TABELA – 4ª ETAPA

Com base nas análises dos critérios para definição dos parâmetros, tornou-se necessário realizar a filtragem dos elementos, para que haja a integração de todas as informações do modelo com as extrações dos dados. Para tanto, tornou-se necessário o estudo de quais parâmetros poderiam ser utilizados para que houvesse correlação da modelagem com as tabelas fazendo uso do *software* Revit. Dessa forma, para cada tipo de elemento, foram utilizados os parâmetros de projeto, analisando os campos de identificação para simplificar esse processo, conforme mostra o esquema da Figura 6.

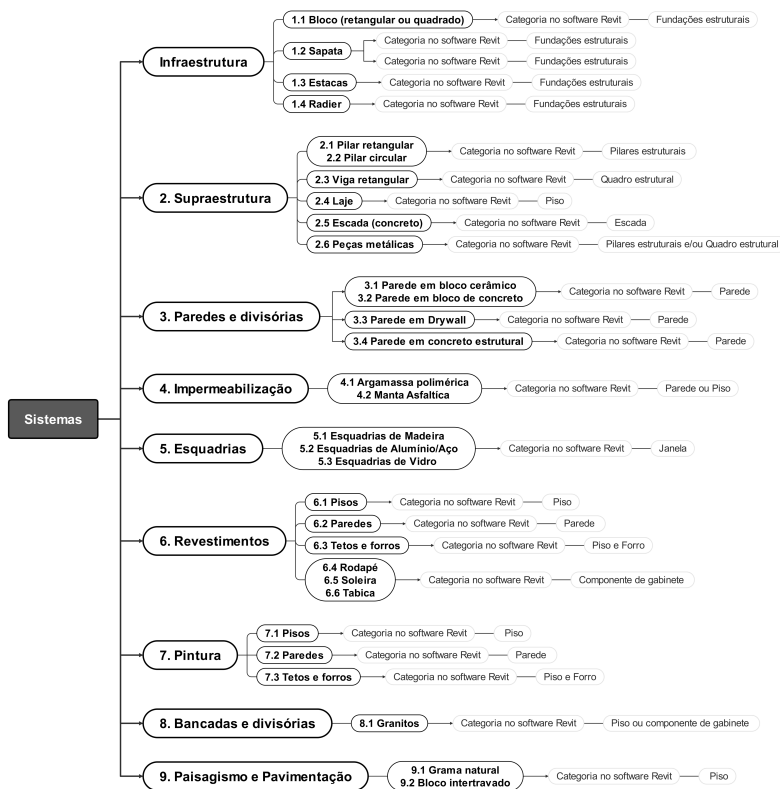


Figura 6. Esquema de análises de categoria de Revit

Fonte: autores.

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PARA CONCLUSÃO DA MATRIZ – 5ª ETAPA

Foram identificados os critérios necessários, sendo analisado como o *software* BIM viabiliza a extração das informações dos elementos modelados de acordo com suas funcionalidades de filtros e parâmetros. Aliado a isso, também foram consideradas as categorias que há no Revit para os elementos, pois há alguns sistemas que possuem opções diferentes de modelagem. Assim, sendo possível interligar esses parâmetros com a EAP base formulada e os critérios definidos, obteve-se uma matriz base de parâmetros para a construção do *template* otimizado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A identificação dos dados é uma importante etapa para que haja assertividade na construção da EAP e, conseqüentemente, na extração das informações, visto que a mesma detalha, de forma ordenada, como já citado, o escopo para realização do projeto. No presente estudo, com

base nos dados de 19 projetos, foi possível obter os sistemas gerais (infraestrutura, supraestrutura, paredes e divisórias, impermeabilização, esquadrias, revestimento de piso, parede e forro, pintura, bancadas e divisórias, paisagismo e pavimentação, outros – rodapés, soleira e tabica) com uma ampla variação de elementos de construção, apresentada na EAP base do Quadro 3.

Quadro 3. Estrutura Analítica de Projeto base

Fonte: autores.

SISTEMAS	ELEMENTOS (COMPONENTES E MATERIAIS)
1. INFRAESTRUTURA	1.1 BLOCOS (QUADRADOS E RETANGULARES)
	1.2 SAPATA
	1.3 ESTACAS
	1.4 RADIER
2. SUPRAESTRUTURA	2.1 PILAR RETANGULAR
	2.2 PILAR CIRCULAR
	2.3 VIGA RETANGULAR
	2.4 LAJE
	2.5 ESCADA (CONCRETO)
	2.6 PEÇAS METÁLICAS
3. PAREDES E DIVISÓRIAS	3.1 PAREDE EM BLOCO CERÂMICO
	3.2 PAREDE EM BLOCO DE CONCRETO
	3.3 PAREDE EM <i>DRYWALL</i>
	3.4 PAREDE EM CONCRETO ESTRUTURAL
4. IMPERMEABILIZAÇÃO	4.1 ARGAMASSA POLIMÉRICA
	4.2 MANTA ASFÁLTICA
5. ESQUADRIAS	5.1 ESQUADRIAS DE MADEIRA
	5.2 ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO/AÇO
	5.3 ESQUADRIAS DE VIDRO
6. REVESTIMENTOS	6.1 PISOS
	6.2 PAREDES
	6.3 TETOS E FORROS
	6.4 RODAPÉ
	6.5 SOLEIRA
	6.6 TABICA*
7. PINTURAS	7.1 PISOS
	7.2 PAREDES
	7.3 TETOS E FORROS
8. BANCADAS E DIVISÓRIAS	8.1 GRANITOS
9. PAISAGISMO E PAVIMENTAÇÃO	9.1 GRAMA NATURAL
	9.2 BLOCO INTERTRAVADO
*Tabica: elemento utilizado entre o forro e a parede para que, havendo dilatação, impeça ou reduza o aparecimento de trincas no forro.	

Após a obtenção dos elementos para a determinação dos parâmetros, foram analisadas as informações necessárias de cada elemento para construção do orçamento analítico, com a estruturação do Quadro 4. Essa análise foi feita para todos os itens citados na EAP base, tendo como referência as necessidades para orçamentação. Além disso, a especificação de “modelado” ou “associado” também foi registrada. Como exemplo, tem-se o item “fôrma”, que, apesar de não estar modelado, consta no modelo, pois, por meio das dimensões dos blocos, é possível adicionar fórmulas para realizar a extração do quantitativo.

INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS	CRITÉRIO	MODELADO	ASSOCIADO*
1.1 BLOCOS (QUADRADOS E RETANGULARES)			
Escavação	(Comprimento+0,6) x (Largura+0,6) x (Altura + 0,05+ diferença de cotas entre o nível do terreno até a cota superior do bloco)	X	✓
Apiloamento	(Comprimento + 0,6) x (Largura + 0,6)	X	✓
Concreto magro	Área x 1,05 x 0,05	X	✓
Fôrma	Perímetro x Altura	X	✓
Concreto usinado Fck > 30MPa	Volume	✓	x
Terra excedente	Escavação manual – Volume de concreto – Concreto magro	x	✓
*Associado: item (componente ou material), necessário para o orçamento analítico de obras, extraído sem estar modelado.			

Quadro 4. Esquema de análise de critérios

Fonte: autores.

Com a obtenção dos critérios para integração aos dados de um orçamento analítico, foram gerados os parâmetros relacionados aos filtros da tabela do *software*. A exemplo do sistema paredes e divisórias, optou-se em aplicar os filtros pelo parâmetro de identificação do “material: nota-chave”. Realizando essa mesma análise para todos os sistemas elencados na EAP base e com o intuito de criar uma padronização otimizada e gerar um processo mais simples, foi utilizado o parâmetro “nota-chave” para a aplicação dos filtros. O referido parâmetro é contido em todos os elementos, apenas se diferenciando em constar na tabela de material (material: nota-chave) ou na tabela de quantidades (nota-chave), como mostra o exemplo do sistema “Vedações e Fechamentos” (Quadro 5), no qual a coluna de nomenclatura indica o código inserido no respectivo parâmetro “material: nota-chave”.

Quadro 5. Análise dos tipos de parâmetros de filtragem

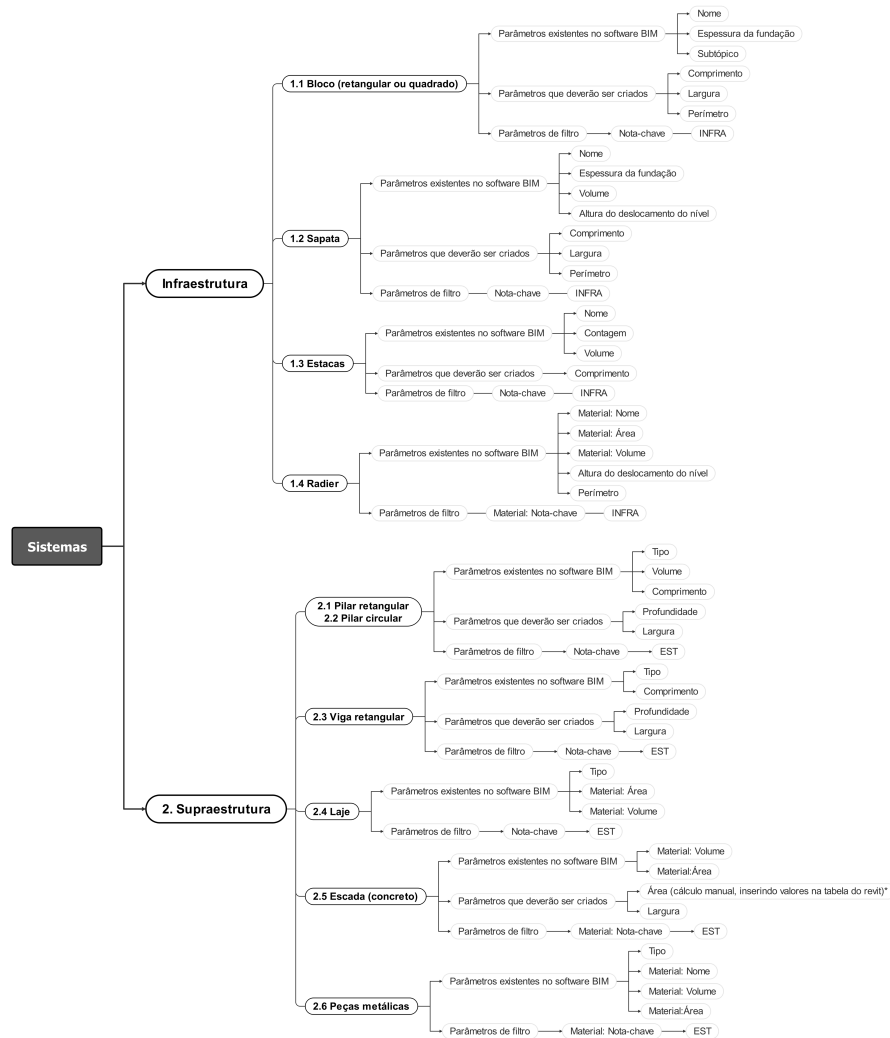
SISTEMAS	ELEMENTOS	PARÂMETRO DE FILTROS	NOMENCLATURA
3. Paredes e divisórias	3.1 Blocos cerâmicos	Material: nota-chave	VED
	3.2 Blocos de concreto	Material: nota-chave	VED
	3.3 <i>Drywall</i>	Material: nota-chave	VED
	3.4 Concreto estrutural	Material: nota-chave	VED

Fonte: autores.

Durante o desenvolvimento do levantamento de dados, foi possível notar o quanto a realização da análise demanda um estudo diversificado, evidenciando a importância da matriz de parâmetros para a construção de uma modelagem em um *software* BIM. Ao tomar a matriz como base para a construção de um *template*, é possível mitigar o processo de retrabalho a cada novo projeto de verificação dos parâmetros. Para melhor entendimento, foi elaborado um fluxograma da estrutura da matriz base (Figuras 7a e 7b).

Figura 7a. Fluxograma da matriz base

Fonte: autores.



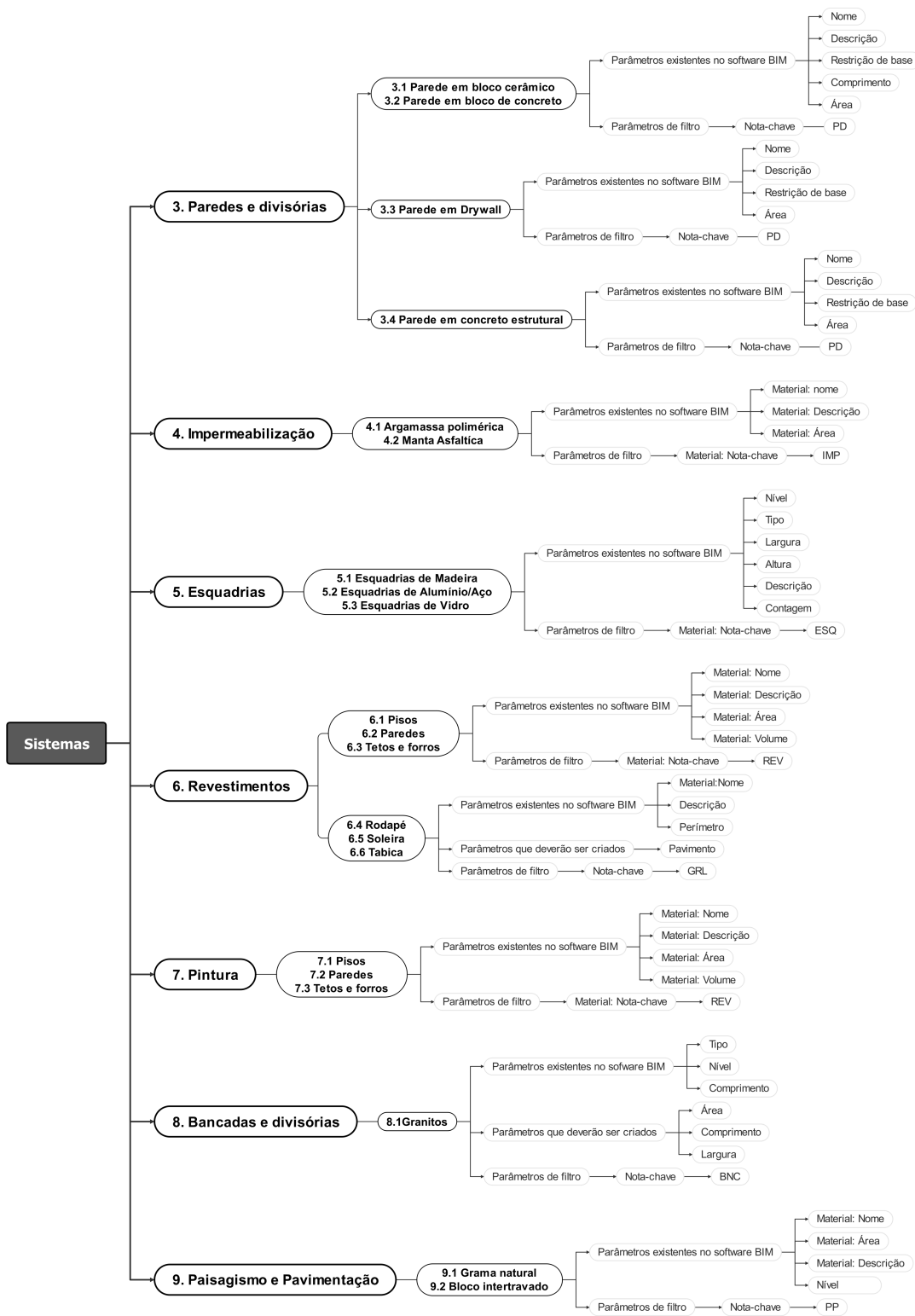


Figura 7b. Fluxograma da matriz base

Fonte: autores.

Nesse sentido, apesar dos diversos pontos positivos a serem agregados ao levantamento utilizando BIM, é válido ressaltar o ponto de dificuldade quanto à utilização, que pode ser mitigada através da padronização de obtenção dos dados para extração. Ao possuir as indicações dos parâmetros, não somente há melhoria da confiabilidade dos dados, como já citado, mas também há base de conferência e otimização para levantamento dos dados. A validação do uso da matriz base é apresentada através de um detalhamento, conforme mostra o recorte na Figura 8 e o Quadro 6.

Figura 8. Tabela contida no software Revit acerca dos sistemas de paredes e divisórias

PAREDES E DIVISÓRIAS			
A	B	C	D
NÍVEL	DESCRIÇÃO	ÁREA (m²)	COMPRIMENTO (m)
00_Pavimento Semi-enterrado	Bloco de Concreto e = 9cm	380,25	139,34
Calçada	Bloco de Concreto e = 9cm	77,74	36,10
01_Pavimento térreo	Bloco de Concreto e = 9cm	256,18	100,96
02_Pavimento 01	Bloco de Concreto e = 9cm	330,65	108,84
03_Pavimento 02	Bloco de Concreto e = 9cm	366,44	120,13
04_Pavimento 03	Bloco de Concreto e = 9cm	372,94	122,43
05_Pavimento 04	Bloco de Concreto e = 9cm	147,68	49,50
05_Pavimento coberta	Bloco de Concreto e = 9cm	61,81	16,78
Grand total: 244		1993,68	694,06

Fonte: autores.

Como exemplo, no sistema de vedações e fechamentos, em que é mostrada a aplicação do uso dos parâmetros detalhados na tabela de extração do Revit, consegue-se fazer a gestão de custo desse sistema, relacionando descrição, área e custo (Quadro 6).

Quadro 6. Item de paredes e divisórias de um orçamento analítico de obras realizado em 2021

PAREDES E DIVISÓRIAS	UND	QUANTIDADE	VALOR	TOTAL
Alvenaria de vedação de blocos vazados de concreto de 9x19x39 cm (espessura de 9 cm) e argamassa de assentamento com preparo em betoneira.	M ²	1993,68	R\$53,02	R\$105.704,914

Fonte: autores.

Ademais, além da validação do uso da informação no quantitativo do orçamento de obras, também foi avaliado o tempo de extração demandado com e sem a utilização da matriz, sendo perceptível a elevada demanda de tempo para a extração sem a matriz.

De fato, para extrair as informações do projeto de infraestrutura, superestrutura e arquitetura utilizando um *template* com base na matriz, houve um demanda de aproximadamente oito horas, e, sem utilização da matriz, foi necessário um esforço de 32 horas. Esses dados foram obtidos observando o planejamento semanal da equipe (considerando 8 horas de trabalho diário) e monitorando o tempo demandado para a execução da atividade.

Nesse sentido, foram demandados quatro dias para que todas as informações dos projetos analisados fossem configuradas e estivessem prontas para extração. Tal tempo demandado

deu-se em função, principalmente, da ausência de parâmetros nos elementos, tornando-os em elementos não quantificados nas tabelas do Revit. Sendo assim, os parâmetros eram inseridos ao final da modelagem, ocasionando atrasos na entrega da versão final do projeto e, conseqüentemente, no orçamento.

Em contrapartida, com a utilização da matriz, foi necessário apenas um dia de trabalho para que todas as informações fossem extraídas. Com uso da matriz, além de gerar melhoria na produtividade, foi possível obter uma evolução na assertividade dos dados e na integração com o orçamento analítico de obras. Também gerou impacto na rotina de trabalho da equipe, uma vez que diminuiu o tempo demandado em reuniões e ligações. Além disso, anteriormente, era preciso envolver mais de um colaborador para o cumprimento da atividade no prazo, e, com essa proposta, apenas um colaborador realizou a atividade em oito horas de trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do *template* embasado na matriz de parâmetros acarretou otimização no processo de extração, visto que, ao estruturar a matriz, as informações foram padronizadas, gerando um processo bem definido, replicável e com dados confiáveis. O uso da matriz proposta implica ganhos significativos, que vão desde a eficiência da modelagem do projeto até a padronização da parametrização ligada ao orçamento analítico de obras, dentro de uma mesma organização. Tais vantagens impulsionam também a capacitação de novos colaboradores, devido à existência de um processo bem estruturado.

Além disso, há maior assertividade na extração de quantitativos, pois reduz ou até mesmo elimina a possibilidade de elemento não quantificado, reduzindo o erro humano. Entretanto, é válido ressaltar que não é apenas a utilização do BIM que possibilita essa otimização na extração, mas também a padronização alinhada ao estudo das necessidades para a construção de orçamentos analíticos de obras.

Referências bibliográficas

AKANBI, T.; ZHANG, J. Design information extraction from construction specifications to support cost estimation. **Automation in Construction**, v. 131, p. 1-14, 2021.

AL-ASHMORI, Y. Y.; OTHMAN, I.; RAHMAWATI, Y.; AMRAN, Y.H.M.; SABAH, S.H.A; RAFINDADI, A.D.; MIKIĆ, M. BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia, **Ain Shams Engineering Journal**, v. 11, n. 4, p. 1013-1019, 2020. DOI: 10.1016/j.asej.2020.02.002

AL-KASASBEH, M.; ABUDAYYEH, O.; LIU, H. An integrated decision support system for building asset management based on BIM and Work Breakdown Structure. **Journal of Building Engineering**, v. 34, p. 101959, 2021. DOI: 10.1016/j.job.2020.101959

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12721:2005: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. Rio de Janeiro, p. 49. 2005.

ARAGÓ, A. B.; HERNANDO, J. R.; SAEZ, F. J. L.; BERTRAN, J. C. Quantity surveying and BIM 5D. Its implementation and analysis based on a case study approach in Spain, **Journal of Building Engineering**, v. 44, p. 103234, 2021. DOI: 10.1016/j.job.2021.103234

AUTODESK. Revit.Autodeskuniversity. Versão 2020: Autodesk, (2022).

BEZERRA, C. R. da M.; RIBEIRO, S. A. O planejamento e a estimativa de custo no ambiente de modelagem BIM: um estudo de caso.*In*:Congresso Português de Building Information Modelling, 3., 2020, Porto. **Anais[...]**. Porto: FEUP, 2020.p.103-110.

CASTRO, I. P.; SANTOS, F. G. BIM 5D aplicado à disciplina de orçamento de empreendimentos. *In*: Encontro Nacional Sobre o Ensino de Bim, 4., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-1. DOI: 10.46421/enebim.v4i00.1877.

EASTMAN, C.M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2014.

EASTMAN, C.M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2021.

FAZELI, A.; DASHTI, MS.; JALAEI, F. E.; KHANZADI, M. An integrated BIM-based approach for cost estimation in construction projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v.28, n. 9, p. 2828-2854, 2021. DOI: 10.1108/ECAM-01-2020-0027

KHOSAKITCHALERT, C.; YABUKI, N.; FUKUDA, T. Improving the accuracy of BIM-based quantity take off for compound elements. **Automation in Construction**, v. 106, p. 102891, 2019. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.102891

LATREILLE, D.; SCHEER, S. Análise de quantitativos provenientes de um modelo BIM para adequação ao processo orçamentário das empresas de construção civil. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v.16, n.1, p.96-108, 2021. DOI: 10.1116/gtp.v16i1.16349996 -108

MATTANA, L.; LIBRELOTTO, L. I. Estratégias para ensino de orçamentação com adoção de BIM em ambiente acadêmico. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v.13, n.3, p.97-118, 2018. DOI: 10.11606/gtp.v13i3.139505ARTIGO97 -118

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

NASCIMBENI, José Luis Fairbanks. **Integração BIM no fluxo de projeto entre arquitetura e estrutura para a pré-fabricação pelo sistema plataforma**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (NIBS). 2022. Disponível em: <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>. Acesso em: 29 de jan. de 2023.

NUNES, G.H.; LEÃO, M. Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM. **Revista de Engenharia Civil**, Mato Grosso, No. 55, 47-61, 2018.

OBERLENDER, G. D.; TROST, S. M. Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Based on Estimate Quality. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 127, n. 3, p. 173-182, 2001.

OLIVEIRA, R. B. de; ARAÚJO, L. G.; CARVALHO, M.T.M.; BLUMENSCHNEIN, R.N. Critérios básicos de modelagem para orçamentação em BIM de um projeto arquitetônico. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-9.

Project Management Institute (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**: Guia PMBOK®. 6. ed. EUA: Project Management Institute, 2017.

REIS, Vagner Vieira. **Integração da gestão de projeto ao planejamento de edificações públicas como ferramenta para a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia**, 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2019.

ROMCY, N. M.; S.; ALBUQUERQUE, R. F. de.; NUNES, T. A. A orçamentação aliada ao BIM no ensino de arquitetura e urbanismo. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 4., 2022. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-1. DOI: 10.46421/enebim.v4i00.1918

SANTOS, A. de P. L.; ANTUNES, E. C.; BALBINOT, G. Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianopolis, SC, Brazil, v. 6, n. 12, p. 134- 155, 2014.

SIDDIQUI, A. A.; EWER, J. A.; LAWRENCE, P. J.; GALEA, E. R.; FROST, I. R. Building Information Modelling for performance-based Fire Safety Engineering analysis – A strategy for data sharing. **Journal of Building Engineering**, v.42, p. 3, 2021.

Department of Energy (DOE). Cost Estimating Guide, DOE G 430.1.1. Washington, DC: March 28, 1997.

Ranielle Lopes

rls@poli.br

Bianca Vasconcelos

bianca.vasconcelos@upe.br

Cláudio Campelo

claudio_campelo@outlook.com

ZHANG, L.; EL-GOHARY, N. M. Automated IFC-based building information modelling and extraction for supporting value analysis of buildings. **International Journal of Construction Management**, v. 20, 2020. DOI: 10.1080/15623599.2018.1484850.