



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

PAULA RODRIGUES BRAGA

**LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS COM USO DA
TECNOLOGIA BIM**

Salvador
2015

PAULA RODRIGUES BRAGA

**LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS COM USO DA
TECNOLOGIA BIM**

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques
Ferreira

Salvador
2015

“O importante não é ver o que ninguém nunca viu, mas sim, pensar o que ninguém pensou sobre algo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

BRAGA, P. R. **Levantamento de quantitativos com uso da tecnologia BIM**. 130p. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

RESUMO

Dentre as etapas que precedem a construção de um edifício, destaca-se a relevância do levantamento de quantitativos em projetos e as consequências de um levantamento de quantitativos rigoroso para um orçamento bem sucedido. As implicações de um levantamento feito erroneamente podem levar uma obra a ser interrompida no meio ou até mesmo inviabilizada.

O levantamento de quantitativos é, tradicionalmente, realizado a partir da análise do projeto desenvolvido, das especificações técnicas e das plantas construtivas em 2D. Esse método pode, muitas vezes, apresentar-se falho e impreciso, afetando frequentemente a tomada de decisão das empresas e aumentando a chance de erros e desvios no processo de orçamentação. Assim sendo, este trabalho busca analisar como a utilização de um software BIM pode aprimorar o processo de levantamento de quantitativos, utilizando um modelo 5D aplicado na construção de edifícios, que consiste na visualização computacional da obra e de seus respectivos quantitativos.

Durante o desenvolvimento do trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica abordando conceitos de orçamento na construção civil e Modelagem de Informação da Construção (BIM), e como essa tecnologia pode ser utilizada na etapa de levantamento de quantitativos. Posteriormente, foi realizado um estudo de caso voltado para a etapa de levantamento de quantitativos de estrutura, comparando-se as diferenças entre o método convencional e o método assistido por software BIM. Observa-se que por meio da tecnologia BIM pode-se obter uma nova maneira de levantar quantitativos de obras, tendo como principais vantagens sobre o método tradicional a precisão e a rapidez dos levantamentos.

Palavras-chave: Processo de projeto, Modelagem de Informação da Construção, BIM, Orçamento, Levantamento de quantitativos.

BRAGA, P. R. **Quantitative survey with the use of BIM technology.** 130p. 2015. Monograph (Working Course Conclusion) – Polytechnic School, Federal University of Bahia, Salvador, 2015.

ABSTRACT

Among the steps that precede the construction of a building, is highlighted the relevance of the quantitative survey on projects and the consequences of a rigorous quantitative survey to a successful budget. The implications of a quantitative survey done wrongly can lead a work to be stopped in the middle or even to cripple.

The quantitative survey is traditionally held from the project analysis developed, the technical specifications and construction plans in 2D. This method can often present itself as flawed and inaccurate, often affecting the process of decision making by the companies and increasing the chance of errors and deviations in the budgeting process. Therefore, this paper analyzes how the use of a BIM software can improve the quantitative assessment process, using a 5D model applied to the construction of buildings, consisting of the computational view of the work and its relevant quantitative.

During the development work, a literature review was conducted, addressing concepts of budget in construction and Building Information Modeling (BIM), and how this technology can be used in the quantitative survey stage. Subsequently, it was conducted a case study focused on the quantitative survey stage, comparing the differences between the conventional method and the method assisted by the BIM software. It is observed that through the use of BIM it is possible to approach a new way of raising quantitative work, the main advantages over the traditional method being accuracy and well-timed surveys.

Keywords: Design Process, Building Information Modeling, BIM, Budget, Quantitative Survey.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferenciação entre o modelo CAD e o BIM. (Faria, 2007)	13
Figura 2 – Relação entre informações com o BIM. (Faria, 2007)	13
Figura 3 – Interoperabilidade da tecnologia BIM. (Arquitetura e Urbanismo, 2011) ..	18
Figura 4 – Fluxograma do processo de orçamentação convencional e operacional. (Cabral, 1988)	28
Figura 5 – Formulário para levantamento de revestimentos. (Mattos, 2006)	34
Figura 6 – Evolução da equação para a formação de preços. (Avila, Librelotto e Lopes, 2003)	36
Figura 7 – Classificação geral dos custos. (Dias, 2002).....	39
Figura 8 – Vantagens do BIM na fase de projeto. (et al., 2011)	42
Figura 9 – Vantagens do BIM na fase de construção. (Eastman et al., 2011)	43
Figura 10 – Vantagens do BIM na fase de operação e manutenção. (Eastman et al., 2011)	44
Figura 11 – Diagrama conceitual de um processo baseado em BIM de um levantamento de quantidades e orçamentação. (Eastman et al., 2011).....	47
Figura 12 – Inconsistência no quantitativo de fôrmas em um modelo BIM. (Monteiro e Martins, 2013)	53
Figura 13 – Modelo de implantação do BIM (Manziona, 2011)	57
Figura 14 – Exemplo de como as definições de componentes BIM se relacionam com a estimação de itens de montagens e composições. (Eastman et al., 2011)	60
Figura 15 – Ciclo de utilização da plataforma BIM. (Dispenza, 2010)	64
Figura 16 – Perspectiva de fachada do empreendimento estudado. (Site da Construtora X, 2015)	72
Figura 17 – Planta baixa do pavimento tipo da edificação estudada.....	73
Figura 18 – Vista 3D do edifício estudado.....	74
Figura 19 – Verificação de interferências no modelo estrutural	75
Figura 20 – Janela de verificação de interferência	76
Figura 21 – Caixa de diálogo de interferência	76
Figura 22 – Criação de novo levantamento de material	78
Figura 23 – Janela de novo levantamento de material.....	78
Figura 24 – Seleção de campos para levantamento	79

Figura 25 – Trecho da tabela de levantamento de material	80
Figura 26 – Exportação dos dados da tabela para o Excel	81
Figura 27 – Criação da tabela de levantamento de pilares	82
Figura 28 – Seleção da categoria dos elementos	82
Figura 29 – Propriedades da tabela de levantamento de pilares	83
Figura 30 – Trecho da tabela de levantamento de pilares	84
Figura 31 – Subdivisão da altura dos pilares.....	85
Figura 32 – Janela de parâmetros do projeto.....	86
Figura 33 – Janela de propriedades de parâmetros.....	87
Figura 34 – Novo parâmetro “NomePilar“ criado.....	88
Figura 35 – Janela de propriedades da tabela	89
Figura 36 – Aba de formatação de propriedades da tabela	89
Figura 37 – Aba de classificar/agrupar propriedades da tabela	90
Figura 38 – Trecho da tabela de levantamento de pilares agrupados por pilar.....	91
Figura 39 – Trecho da tabela de levantamento de pilares agrupados por fase de concretagem.....	92
Figura 40 – Laje compreendida entre pilares	95
Figura 41 – Viga V6 com altura variável no projeto.....	99
Figura 42 – Viga V6 modelada com altura constante.....	100
Figura 43 – Viga V14 com altura variável no projeto.....	100
Figura 44 – Viga V14 modelada com altura constante.....	101
Figura 45 – Janela de propriedades de levantamento de material.....	103
Figura 46 – Janela de propriedades de parâmetros.....	104
Figura 47 – Atribuição do valor da taxa de aço para vigas.....	105
Figura 48 – Janela de propriedades de levantamento de material.....	106
Figura 49 – Janela de valor calculado.....	106
Figura 50 – Trecho da tabela de quantidade de armadura	107
Figura 51 – Atribuição de cotas ao pilar	110
Figura 52 – Janela de propriedades de parâmetros.....	111
Figura 53 – Janela de valor calculado.....	112
Figura 54 – Trecho da tabela de quantitativo de fôrma	113

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – CUB/m ² médio no Brasil - Evolução. (Banco de Dados - CBIC, 2014)...	24
Quadro 2 – Exemplo de unidades e materiais para o levantamento de quantitativos. (Xavier, 2008).....	34
Quadro 3 – Relação de custos e despesas de uma obra. (Avila, Librelotto e Lopes, 2003)	38
Quadro 4 – LOD x Produtos “entregáveis” do BIM. (Manziona, 2013).....	67
Quadro 5 – Resumo da metodologia adotada no trabalho.....	70
Quadro 6 – Taxa de armadura média adotada por elemento.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantitativos de volume de concreto por fase de concretagem.....	93
Tabela 2 – Levantamento quantitativo manual de concreto de escadas.....	96
Tabela 3 – Levantamento quantitativo manual de concreto de lajes.....	96
Tabela 4 – Levantamento quantitativo manual de concreto de pilares.....	97
Tabela 5 – Levantamento quantitativo manual de concreto de vigas.....	97
Tabela 6 – Quantitativos de concreto do modelo BIM, do levantamento manual e diferenças relativas	98
Tabela 7 – Quantitativos de aço fornecido pelo Modelo BIM	108
Tabela 8 – Quantitativos de fôrmas do modelo BIM, do levantamento manual e diferenças relativas	114

LISTA DE SIGLAS

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

AIA – *American Institute of Architects*

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas

BIM – Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling*)

CAD – Desenho Assistido por Computador (*Computer Aided Design*)

LOD – *Level of Development*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.2	JUSTIFICATIVA.....	16
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2	ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	20
2.1	ESTIMATIVA DE CUSTO OU ORÇAMENTO SUMÁRIO.....	23
2.2	ORÇAMENTO PRELIMINAR.....	24
2.3	ORÇAMENTO ANALÍTICO OU DETALHADO	25
2.4	ORÇAMENTO EXECUTIVO OU OPERACIONAL.....	27
2.5	ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DE UM ORÇAMENTO.....	29
2.5.1	Cálculo do custo direto	30
2.5.2	Cálculo das despesas indiretas	30
2.5.3	Cálculo do benefício	31
2.6	LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS.....	32
2.7	DEFINIÇÕES DE CUSTOS, PREÇO E LUCRO	35
3	MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM)	40
3.1	USO DA TECNOLOGIA BIM NO PROCESSO DE ORÇAMENTO	45
3.1.1	Exportar quantitativos de software BIM para software de orçamentação	48
3.1.2	Conexão direta entre componentes BIM e o software de orçamentação	48
3.1.3	Ferramenta BIM para levantamento de quantitativos	49
3.2	VANTAGENS DA ADOÇÃO DO BIM NO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO	50
3.3	DESAFIOS E DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM	52
3.4	DIRETRIZES DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM COMO SUPORTE AO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO	56
3.5	PRINCIPAIS CONCEITOS	61
3.5.1	Múltiplas dimensões	61
3.5.2	Integrated Project Delivery (IPD)	62
3.5.3	Nível de Desenvolvimento – LOD (Level of Development)	64

4	METODOLOGIA.....	69
5	ESTUDO DE CASO.....	71
5.1	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	71
5.2	O MODELO BIM.....	72
5.3	VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS NO MODELO ESTRUTURAL.....	74
5.4	LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE CONCRETO ATRAVÉS DO REVIT.....	77
5.5	ANÁLISE DO QUANTITATIVO DE PILARES.....	81
5.6	CRIAÇÃO DE NOVOS PARÂMETROS.....	85
5.7	LEVANTAMENTO MANUAL DE QUANTITATIVOS DE CONCRETO.....	93
5.8	PRECISÃO E CONFIABILIDADE DOS QUANTITATIVOS ESTRUTURAIS EXTRAÍDOS DO MODELO BIM.....	98
5.9	LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE ARMADURA NO REVIT.....	101
5.10	LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE FÔRMAS NO REVIT.....	109
6	CONCLUSÃO.....	116
	REFERÊNCIAS.....	118
	APÊNDICE A – Levantamento manual de quantitativos de estrutura....	121
	APÊNDICE B – Levantamento de quantitativos de estrutura no Revit ..	126

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o conceito da tecnologia BIM (Building Information Modeling ou Modelagem de Informação da Construção) vem despontando como uma das inovações mais promissoras dentro do mercado de Arquitetura, Engenharia e Construção. A tecnologia BIM se traduz num meio de representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação, sendo um dos recursos utilizados para obter informações sobre a instalação a fim de formar uma base confiável para a tomada de decisões durante o seu ciclo de concepção de projeto, execução da obra e posterior vida da edificação, sendo assim utilizada desde a primeira concepção até a demolição.

O BIM é visto cada vez mais como um potencial substituto das ferramentas CAD, tendo em vista a necessidade de deixar de priorizar apenas a simples representação de linhas, formas, dimensões e textos, e dar lugar a um modelo que associe elementos individuais e parametrizados, através de uma modelagem orientada por objetos e informação simultaneamente.

Tradicionalmente, o projeto de edificações era concebido com base em desenhos bidimensionais (planos, elevações, cortes, entre outros). Com a inclusão do conceito de modelagem de informações, a base de informações se estende para além desse formato 3D, acrescentando às três dimensões espaciais primárias (largura, altura e profundidade), o conceito da quarta dimensão (4D) como sendo o tempo, e o custo como a quinta dimensão (5D).

Com isso, cada elemento passa a ser definido individualmente, sendo-lhe atribuídos significados e propriedades associadas como, por exemplo, numa parede, na qual é possível especificar não apenas parâmetros geométricos, como comprimento, altura e largura, mas também parâmetros de informação, como o material que a compõe, a textura da superfície, suas propriedades térmicas e acústicas, os custos do material e da construção, entre outros, possibilitando inclusive a introdução de parâmetros a critério do utilizador. As diferenças entre o modelo CAD e o BIM podem ser visualizadas na figura 1 a seguir.

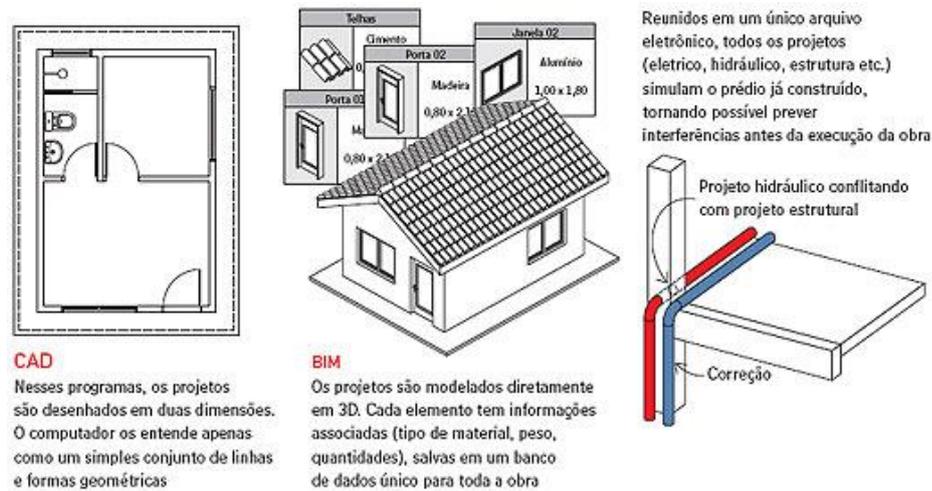


Figura 1 – Diferenciação entre o modelo CAD e o BIM. (Faria, 2007)

Sendo assim, o BIM abrange mais do que apenas a geometria, englobando relações espaciais, análise de luz, informações geográficas, o quantitativo e as propriedades dos componentes de construção. Ao desenhar uma parede, por exemplo, o projetista deve atribuir-lhe propriedades como tipo de blocos, dimensões e tipo de revestimento, que são salvas no banco de dados. A partir dele, é gerada automaticamente a legenda do desenho, como exemplifica a figura 2. Em outras fases da construção, porém, também é possível extrair informações em outros formatos, como tabelas de quantitativos de material para a equipe de orçamentistas.

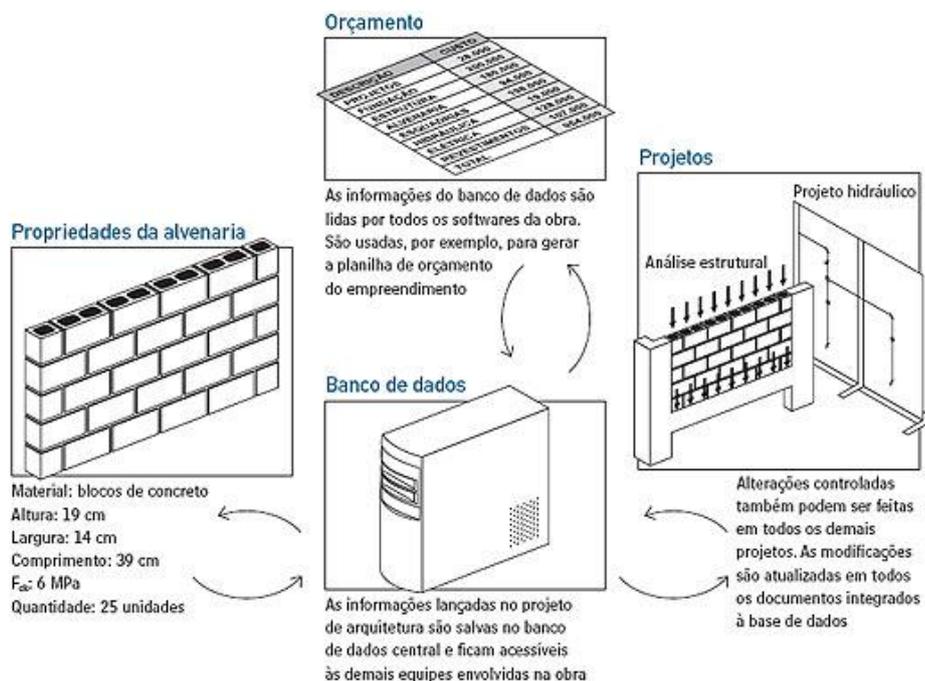


Figura 2 – Relação entre informações com o BIM. (Faria, 2007)

A tecnologia BIM pode ser aplicada nas áreas de Arquitetura, Engenharia e Construção, e por isso tem atraído cada vez mais a atenção desses profissionais no mundo, e também no Brasil. O BIM ainda não está totalmente integrado ao processo de projeto, devido a toda nova tecnologia apresentar certa resistência de implantação por parte de usuários já acostumados a ferramentas antigas, todavia, está claro que a tendência de adoção desta tecnologia é cada vez mais necessária. Por suas vantagens em relação ao processo de projeto 2D, cada vez mais essa tecnologia tem atraído os profissionais da área. Os fabricantes de softwares CAD têm aprimorado as possibilidades dos programas e também a integração e interoperabilidade entre os diversos softwares disponíveis no mercado.

A influência da tecnologia BIM no orçamento é muito representativa. O seu uso pode proporcionar quantificação automática e precisa de materiais e, conseqüentemente, reduzir a variabilidade na orçamentação e aumentar sua velocidade, permitindo a exploração de mais alternativas de projeto sem sobrecarregar a atividade de orçamentação.

Com o uso da tecnologia BIM, é possível gerar uma variedade de informações a partir da maquete eletrônica, como plantas, cortes e vistas, além de simular os detalhes estruturais, interferências externas e internas, cálculos de eficiência energética, entre outros detalhes, de forma que cada um dos componentes criados no projeto seja automaticamente associado aos outros, gerando uma informação completa ao final do processo. O uso do BIM pode, por exemplo, gerar uma quantificação automática e precisa nos orçamentos, minimizando a sobrecarga da atividade de orçamentação e reduzindo erros. Com ferramentas BIM, ao modificar o projeto em 3D, todos os desenhos e documentos são atualizados e, da mesma forma, os quantitativos são recalculados.

A automatização dos cálculos dos custos viabilizada pelo BIM pelas empresas significa a possibilidade de reduzir perdas no processo, elevar a produtividade, ampliar o nível de detalhamento, abreviar prazos de projetos e melhorar a assertividade dos orçamentos e a qualidade do produto imobiliário final.

No que se refere ao processo de orçamentação de obras, o uso dessa tecnologia permite que qualquer alteração de projeto seja atualizada no modelo unificado de modo automático, sem nenhuma necessidade de retrabalho em folhas

de projetos já compostas. Com isso, as vantagens da adoção de uma plataforma BIM na hora de orçar são muitas: é possível gerar quantitativos de forma automática e precisa, reduzindo a variabilidade na orçamentação e aumentando a velocidade e eficiência do processo. Os softwares que suportam a tecnologia também possibilitam a exploração de uma alternativa de projeto simultaneamente e a posterior comparação entre custos de cada opção, sem sobrecarregar a atividade de orçamentação.

Atualmente, os processos de orçamentação e estimativa de custos realizados na grande maioria das empresas ainda são extremamente rudimentares, e se resumem ao exercício de analisar uma planta 2D com o objetivo de extrair quantidades em 3D. A mensuração é feita muitas vezes à mão, as estimativas são imprecisas e a possibilidade de erros é iminente. Quanto maior a edificação e mais complexa e detalhada a sua arquitetura, mais ineficiente se torna o processo. Mesmo com todos esses problemas em vista, o uso de softwares da tecnologia BIM ainda é muito pouco difundido no Brasil, seja por resistência a inovações na metodologia já adotada nas empresas, ou por simples desconhecimento das novas técnicas disponíveis no mercado por parte dos profissionais da área.

Para que o mercado brasileiro da construção civil passe a adotar essa nova tecnologia, será preciso vencer o conservadorismo das empresas. Um ponto positivo é que, ao menos, já há uma compreensão geral de que o setor é, em geral, bastante ineficiente, e que melhorias na qualidade do processo são imprescindíveis.

Aliado aos diversos benefícios que o BIM representa para o setor da construção civil, outros impulsos vêm ampliando o interesse das empresas em testar essa tecnologia de uso já consolidado nos Estados Unidos e na Europa. Projetos que vêm prontos do exterior para posterior implantação no Brasil, muitas vezes já requisitam a modelagem 3D, por conta da maior integração entre informações e facilidade gerada na manutenção dos projetos

1.1 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

- O objetivo geral desse trabalho é analisar a eficiência do uso da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos de obras civis.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Compreender o processo de orçamentação de obras civis, com foco na etapa de levantamento de quantitativos.
- Conhecer os principais conceitos, usos e benefícios do BIM no processo de levantamento de quantitativos de obras civis.
- Aplicar a ferramenta BIM para o levantamento de quantitativos do projeto estrutural de uma obra através de um estudo de caso.
- Avaliar os resultados obtidos em um estudo de caso de aplicação da ferramenta BIM no processo de levantamento de quantitativos de uma obra.

1.2 JUSTIFICATIVA

Cada projeto de engenharia tem particularidades inerentes, o que reforça a necessidade de ser planejado, quantificado e controlado com eficiência. Aliado a esta necessidade, o crescimento do mercado e da economia tem acirrado a competitividade entre as empresas e gerado uma maior demanda por produtos e serviços, em especial por serviços de engenharia. Por sua vez, o consumidor final está mais informado e atento à qualidade do produto oferecido, o que exige por parte das empresas um melhor planejamento e controle.

O maior problema no planejamento, orçamento e construção de projetos de edifícios é a visualização incorreta das informações na planta 2D, devido à grande quantidade de detalhes contidas na mesma. Uma vez que o projeto é representado em uma série de desenhos, o conteúdo desses documentos pode não ser claro para

todos que os utilizam. Se não está totalmente visualizado, compreendido e comunicado, não podem ser representados corretamente no orçamento e pode conseqüentemente, criar problemas durante a construção (KYMMELL, 2008).

Dentro desta perspectiva atual, uma empresa que investe parte dos seus recursos no orçamento e planejamento de suas obras, assim como no planejamento administrativo, é vista com um grande diferencial competitivo no mercado. Com a finalidade de que esse estudo e controle possam ser desenvolvidos de maneira rápida, precisa e eficiente, é de fundamental importância que se faça o uso correto de ferramentas adequadas e tecnologias inovadoras disponíveis no mercado.

Dentre as novas ferramentas de TI (Tecnologia da Informação) que prometem integrar e simplificar os diversos processos envolvidos em uma obra, é intuitivo perceber o potencial do BIM como solução para os principais agentes causadores de erros e distorções em informações acerca de tipos, quantitativos e especificações de determinados objetos e materiais, bem como as contradições em documentos e projetos.

O conceito de BIM (Building Information Modeling) vem despontando com força por todo o mundo. Essa tecnologia está revolucionando as áreas de gestão e projetos, através da construção de modelos tridimensionais, paramétricos e orientados a objetos (ou seja, cada elemento faz parte de uma hierarquia de famílias e têm propriedades individuais), ele permite organizar, em um mesmo arquivo eletrônico, um banco de dados de toda a obra, com todos os projetos (arquitetônico, hidráulico, elétrico, estrutural, entre outros) acessíveis simultaneamente a todas as equipes envolvidas numa construção.

A figura 3 exemplifica a união das informações contidas num único modelo BIM. Os projetos são interligados e armazenados conjuntamente, no que é chamado de interoperabilidade de informações.

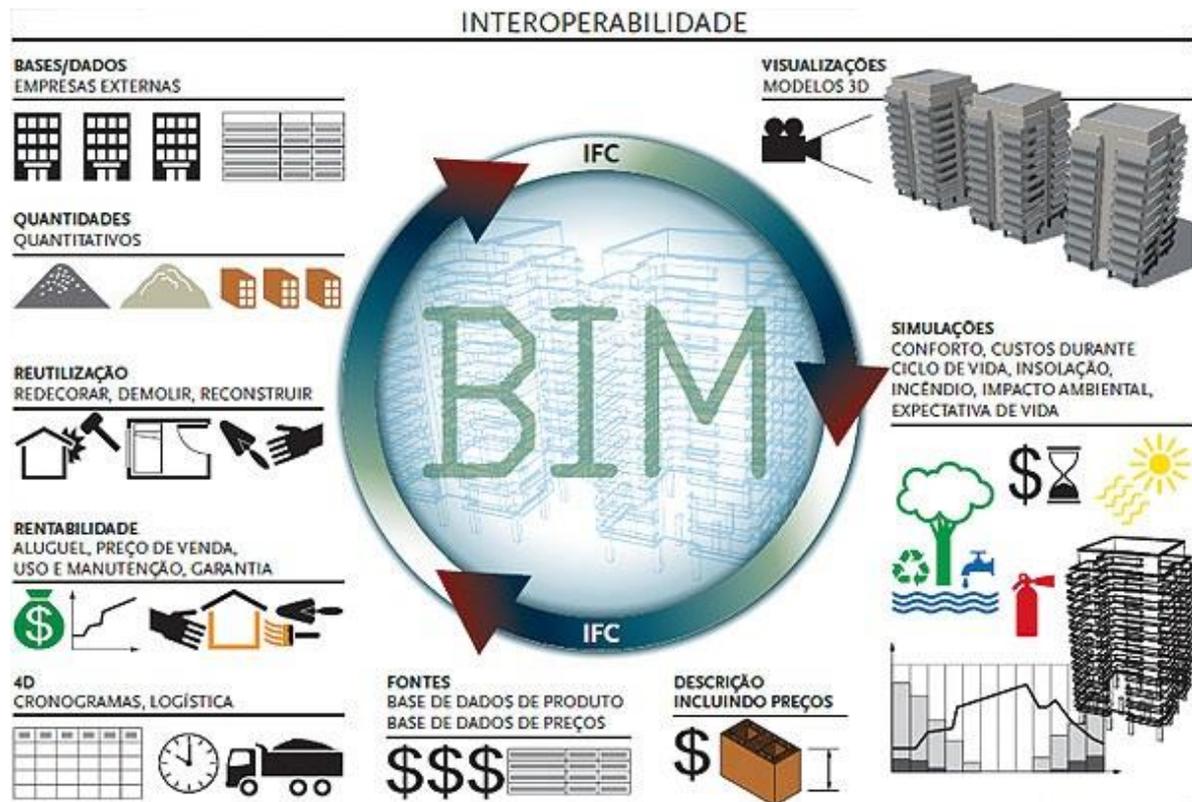


Figura 3 – Interoperabilidade da tecnologia BIM. (Arquitetura e Urbanismo, 2011)

Apesar dos diversos benefícios que essa tecnologia oferece, ainda são poucos os escritórios de arquitetura e engenharia que já aderiram ao conceito no Brasil. E, no que concerne ao orçamento, o uso da tecnologia BIM para extrair quantitativos é ainda mais raro. No entanto, diversos especialistas no setor acreditam que a implantação de softwares com essa tecnologia, embora ainda lenta, como toda inovação tecnológica, é apenas uma questão de tempo.

Com isso, faz-se necessário que cada vez mais essa tecnologia seja difundida através de estudantes e profissionais da área, objetivando a integração de diversas informações necessárias ao processo de orçamentação numa única plataforma, e a consequente diminuição de inconsistências no orçamento de uma obra.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No Capítulo 1, é feita uma breve introdução ao trabalho, expondo o que motivou a sua realização, e mostrando os seus objetivos gerais e específicos.

No Capítulo 2, é realizada uma revisão bibliográfica sobre o processo de orçamentação na construção civil, sendo apresentados seus conceitos, etapas realizadas, aplicações e definições, com foco no levantamento de quantitativos.

No Capítulo 3, é feita uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos relacionados à tecnologia BIM (Modelagem de Informação da Construção), mostrando também algumas das principais aplicações dessa inovação na construção civil.

O Capítulo 4 apresenta a metodologia adotada ao realizar esse trabalho, demonstrando as ferramentas utilizadas no processo e os resultados esperados para cada fase do trabalho.

O Capítulo 5 apresenta o estudo de caso objeto deste trabalho, no qual a ferramenta BIM é aplicada para a extração de quantitativos de uma determinada obra, comparando-se as diferenças entre os quantitativos obtidos por método convencional e os fornecidos pelo software Revit.

No Capítulo 6, as conclusões relativas ao trabalho são apresentadas, comparando os objetivos iniciais aos resultados obtidos.

2 ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com o desenvolvimento das grandes organizações, o orçamento passou a ser utilizado como um forte instrumento de planejamento e controle que serve para estabelecer e divulgar as metas a serem cumpridas pela empresa. Dentro de uma empresa de engenharia, o conhecimento dos custos é de grande importância para o gerente, pois esses custos são contínuos e os valores são expressivos, sendo que o faturamento ocorre de forma discreta (JUNGLES, 2006).

“O controle e conhecimento dos custos num mercado competitivo como o da engenharia tem capital importância para a competitividade e sobrevivência da empresa, isto porque não se pode controlar aquilo que não se conhece”. (JUNGLES, 2006)

Definir orçamento é algo bastante controverso e esse assunto tem sido alvo de diversas discussões e discordâncias entre peritos no assunto. Assim sendo, o orçamento é em suma uma previsão estimada do custo, que dispõe de múltiplas interpretações de especialistas da área, mas sempre com o foco de que não é possível afirmar ou determinar a exatidão do custo, almejando, entretanto, que a probabilidade de certeza seja cada vez mais próxima de 100%, isto é, que o custo orçado aproxime-se o máximo possível do custo real.

Segundo González (2008), o orçamento, na sua visão tradicional, é uma previsão do custo ou preço de uma obra. Na visão do autor, o preço da construção de uma obra é igual ao custo acrescido da margem de lucro, ou seja, $P = C + L$. Porém, em alguns segmentos da construção civil, o grande número de empresas concorrentes faz com que o preço seja dado pelo mercado, de forma que o cliente ou contratante pesquisa preços previamente e negocia a contratação com base nesta pesquisa. Neste caso a lógica do preço se torna reversa ($L = P - C$), sendo assim, a empresa deve pensar em minimizar os seus custos, a fim de obter o lucro máximo. O autor ainda diz que o orçamento deve ser executado antes do início da obra, para possibilitar o estudo ou planejamento prévios, mas também reforça a importância do orçamento para o controle da obra durante o seu decorrer.

Segundo Limmer (1997), um orçamento pode ser definido como a estimativa dos gastos necessários para a realização de um projeto, de acordo com um plano de execução previamente estabelecido, gastos estes traduzidos em termos quantitativos, satisfazendo os seguintes objetivos:

- Definir o custo de execução de cada atividade ou serviço;
- Constituir-se em documento contratual, servindo de base para o faturamento da empresa executora do projeto, empreendimento ou obra, e para resolver dúvidas ou omissões quanto a pagamentos;
- Servir como referência na análise dos rendimentos obtidos dos recursos empregados na execução do projeto;
- Fornecer, como instrumento de controle da execução do projeto, informações para o desenvolvimento de coeficientes técnicos confiáveis, visando o aperfeiçoamento da capacidade técnica e da competitividade da empresa executora do projeto no mercado.

O orçamento da obra é uma das primeiras informações que o empreendedor deseja conhecer ao estudar determinado projeto. Seja um empreendimento com fins lucrativos ou não, sabe-se que a construção implica gastos consideráveis e por isso devem ser determinados, já que, em função de seu valor, o empreendimento estudado será considerado viável ou não (GOLDMAN, 1999).

Para a estimativa de um custo bem próximo ao real, é necessário analisar detalhadamente cada etapa do serviço, tendo em vista a interpretação correta dos desenhos, plantas e as caracterizações da construção com os quais lhe permitirá um melhor planejamento do preço gasto e dos prazos previstos em cada fase de serviço (MATTOS, 2006).

A preocupação com custos começa cedo, ainda antes do início da obra, na fase de orçamentação, quando é feita a determinação dos custos prováveis de execução da obra. O primeiro passo de quem se dispõe a realizar um projeto é estimar quanto ele irá custar. Orçamento não se confunde com orçamentação. Aquele é o produto; este, o processo de determinação (MATTOS, 2006).

A importância do levantamento de quantitativo nas fases iniciais do projeto fornece o ponto de partida para a avaliação global do papel da gestão de custos dentro da equipe do projeto (MATIPA, 2008). Nesse contexto, é importante destacar as diferentes etapas do projeto e os objetivos do orçamento. Nas etapas iniciais, por exemplo, o orçamento deverá possibilitar a análise quanto ao empreendimento ser viável economicamente ou não. Já nas etapas mais próximas da construção

propriamente dita, é necessário conhecer as metas de custo para um determinado período ou para um determinado produto de construção (WITICOVSKI, 2011).

Os métodos tradicionais de se realizar um levantamento incluem a medição e todos os elementos de um edifício, utilizando-se da escala, sendo que esta deve ser verificada cuidadosamente para assegurar a sua exatidão (ALDER, 2006). Este processo está sujeito a erros humanos e tende a propagar imprecisões para as etapas subsequentes. A quantificação também é demorada, podendo exigir 50% a 80% do tempo do orçamentista para efetuar uma estimativa de custo de um projeto (SABOL, 2008). Devido ao volume de informações e conhecimentos envolvidos no desenvolvimento dos projetos, são necessários meios, como os recursos de informática e os sistemas de informação, para instrumentalizarem esse trabalho e, assim, gerirem de forma adequada o conhecimento.

A preparação de um orçamento é imprescindível para um bom planejamento, pois é com base nele que advém o sucesso de qualquer empreendimento de construção. De acordo com Coelho (2006), somente após a conclusão do orçamento pode-se determinar a viabilidade técnico-econômica do empreendimento, o cronograma físico-financeiro da obra, o cronograma detalhado do empreendimento e os relatórios para acompanhamento dos mesmos.

Tendo em vista a alta competitividade do mercado da construção civil atualmente, é importante ressaltar que todo e qualquer empreendimento requer um estudo de viabilidade econômica, um orçamento detalhado e um rigoroso acompanhamento físico-financeiro da obra.

Jungles (2006) enumera várias vantagens na instituição de um processo orçamentário coerente nas empresas de construção civil. A seguir, destacam-se as principais:

- A implementação do processo orçamentário tem um efeito positivo na motivação e moral do corpo funcional da empresa, pois cria um sentimento de que todos estejam trabalhando para um objetivo comum;
- Pode ser utilizado como um instrumento para indicar desvios ocorridos e permitir que se adotem medidas corretivas, não esquecendo que a finalidade de qualquer sistema de controle é alertar que alguma meta não foi atingida;

- Ajuda a aprender com a experiência passada, devido à criação de documentos e registros, permitindo aos gerentes analisar e isolar o erro, avaliando a sua causa;
- Mostra aos novos membros da organização qual é o rumo e a cultura da empresa, já que passam a conhecer os objetivos e prioridades da mesma, tendo tudo documentado;
- Cria um ambiente para o desenvolvimento de novas idéias e a realização de novas propostas para soluções futuras, pois permite diferentes percepções quanto à realização do orçamento pelos membros da organização.

Existem muitos tipos de orçamento de produto utilizados na construção civil, e a literatura não é unânime quanto à classificação dos mesmos. Nesse trabalho, serão abordados os tipos de orçamento segundo a classificação de Mattos (2006), que leva em consideração o grau de detalhamento do orçamento.

2.1 ESTIMATIVA DE CUSTO OU ORÇAMENTO SUMÁRIO

É uma forma de orçamento aproximada, usada quando se está realizando o planejamento preliminar do empreendimento, a fim de obter o custo da obra através do produto das áreas de construção por custos unitários por m². Em geral ela é feita a partir de indicadores genéricos, números consagrados que servem para uma primeira abordagem da faixa do custo da obra. No caso de obras de edificações, um indicador bastante usado é o custo do metro quadrado construído. Inúmeras são as fontes de referência desse parâmetro, sendo o Custo Unitário Básico (CUB) o mais utilizado, o que não impede que as construtoras criem outros índices baseados em custos de obras anteriores (MATTOS, 2006).

Os critérios e normas para o cálculo do CUB estão estabelecidos na norma brasileira NBR 12.721/2006, que descreve um método de avaliação de custos unitários de construção e incorporação imobiliária e outras disposições de condomínios de edifícios, sendo responsabilidade dos sindicatos da construção civil, estaduais, calcular e divulgar este índice paramétrico. Essa norma conceitua CUB como o custo por metro quadrado de construção do projeto-padrão considerado,

calculado de acordo com a metodologia estabelecida na referida norma, pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil, em atendimento ao disposto no artigo 54 da Lei no 4.591/64 e que serve de base para a avaliação de parte dos custos de construção das edificações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2006).

No quadro 1 podemos acompanhar a evolução do CUB/m² médio do Brasil (média do CUB/m² de todos os estados) de 2007 a 2014 e o percentual de participação dos seus itens:

Ano/Mês	Global	Material		Mão-de-obra		Despesa Administrativa		Equipamento	
	R\$/m ²	R\$/m ²	% do Global	R\$/m ²	% do Global	R\$/m ²	% do Global	R\$/m ²	% do Global
2007/Fev	675,21	347,56	51,47	302,61	44,82	21,68	3,21	3,36	0,50
2008/Jan	719,15	370,75	51,55	321,68	44,73	23,71	3,30	3,01	0,42
2009/Jan	799,74	419,57	52,46	349,86	43,75	27,12	3,39	3,19	0,40
2010/Jan	824,85	408,66	49,54	382,29	46,35	30,15	3,66	3,75	0,45
2011/Jan	879,12	424,86	48,33	417,06	47,44	33,05	3,76	4,15	0,47
2012/Jan	943,91	435,10	46,10	468,42	49,62	36,10	3,82	4,30	0,46
2013/Jan	1.010,85	451,54	44,67	515,54	51,00	38,76	3,83	5,01	0,50
2014/Jan	1.089,00	468,18	42,99	573,13	52,63	42,57	3,91	5,11	0,47

Quadro 1 – CUB/m² médio no Brasil - Evolução. (Banco de Dados - CBIC, 2014)

2.2. ORÇAMENTO PRELIMINAR

Esse tipo de orçamento também é baseado em índices históricos, mas, diferentemente do orçamento sumário, os índices que compõem esse orçamento não são índices oficiais ou econômicos, mas sim índices obtidos de obras anteriores pela constatação do construtor. Dentre esses índices podemos citar: espessura média de concreto, taxa de aço, taxa de fôrma, etc.

O orçamento preliminar possui um grau de incerteza menor em relação ao orçamento sumário (ou estimativa de custo), pois se trabalha com uma quantidade maior de indicadores (MATTOS, 2006).

Matipa (2008) aponta a experiência profissional do orçamentista como obtenção de estimativas de custo, usando anos de conhecimento para montar um preço preliminar.

Geralmente utiliza-se deste tipo de orçamento para se ter uma ideia mais específica dos custos de uma obra, ou seja, para saber qual a percentagem de participação de cada etapa da obra no custo final. Com esse desdobramento dos custos, dá para se ter uma ideia do cronograma financeiro da obra.

O ideal é utilizar esse tipo de orçamento apenas quando não se tem informações mais concretas dos serviços da obra, pela carência de projetos executivos. Porém, não são raras as vezes em que as empresas se utilizam dessa ferramenta ou até mesmo arbitram preços para participar de licitações públicas, devido ao curto espaço de tempo entre a publicação do edital e a concorrência. De acordo com Mattos (2006), já ocorreu do construtor arbitrar os preços dos serviços e, depois de ter assinado o contrato da obra, perceber que o preço era inviável pela ocorrência de situações tais como: estrutura de concreto com pé-direito alto (o que exige muito mais escoramento) ou local da obra de difícil acesso.

2.3. ORÇAMENTO ANALÍTICO OU DETALHADO

Os autores não são unânimes na nomenclatura desse tipo de orçamento. Alguns afirmam que orçamento analítico e detalhado são equivalentes (MATTOS, 2006). Outros dizem que o orçamento analítico seria o orçamento detalhado conjugado com as informações sobre o planejamento da obra (AVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003). O orçamento analítico ou detalhado, quando organizado segundo a lógica de produção adotada no planejamento, é também chamado de orçamento executivo, que será abordado a seguir.

No orçamento analítico, é necessário listar sistematicamente a quantidade de serviços que podem ocorrer na execução de uma obra, servindo como roteiro a ser seguido na execução do orçamento. Através dos projetos do produto e das condições locais da obra, obtém-se a relação de todos os serviços a serem orçados para execução de uma obra.

Os projetos de construção exigem estimativas precisas para cada etapa do processo. No entanto, como os construtores se envolvem mais cedo no projeto, a estimativa dos custos é, muitas vezes, transferida para eles. Para evitar gastar recursos significativos de cada mudança no projeto, orçamentistas precisam de

ferramentas que pode ajustar rapidamente essa estimativa do projeto (ALDER, 2006).

Esse tipo de orçamento é formado por uma relação extensiva dos serviços e atividades a serem executados em uma obra (GONZÁLEZ, 2008). Nessa espécie de orçamento, os preços unitários são obtidos através de composição de custos. A composição de custos traduz basicamente as proporções dos diversos insumos (materiais, horas-homem, horas de equipamentos, etc.) necessários para a execução de uma unidade (m^2 , m^3 , unidade, etc.) de um determinado serviço ou atividade.

Além do custo dos serviços (custos diretos), também são computados nesse tipo de orçamento os custos de manutenção de canteiro de obras, de equipes técnica, administrativa e de suporte da obra, taxas, entre outros (custos indiretos).

Os custos indiretos juntamente com a taxa de administração central, com os imprevistos e contingências, com o lucro e com os impostos compõem o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas). O BDI é um índice utilizado para diluir os custos indiretos sobre os custos diretos, uma vez que não existe local para explicitar esses custos na planilha orçamentária. Dessa maneira, o costume é multiplicar todos os custos unitários por $(1 + \text{BDI})$, essa soma compõe um fator multiplicador popularmente chamado de kapa.

Recomenda-se evidenciar o valor do BDI nos orçamentos, uma vez que, havendo quebra de contrato por parte do cliente, o valor do BDI bem como o preço dos serviços já prestados pode ser cobrado, segundo especificado no Código Civil.

Ainda assim, não se deve esquecer que no valor do BDI estão incluídos os custos de administração da obra e da empresa, despesas financeiras e de risco, impostos e taxas a serem recolhidos, bem como o lucro estimado (AVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003).

Dentre os tipos de orçamento apresentados até agora, o analítico é o mais preciso, porém não há que se falar em exatidão, uma vez que todo orçamento será em regra aproximado. As aproximações do orçamento analítico estão embutidas nas composições de custos, visto que não se tem certeza dos rendimentos dos materiais e das produtividades dos operários e dos equipamentos. Também encontra-se aproximação nos custos indiretos, pois estes não são determinados com exatidão,

até porque alguns deles variam em função da duração da obra que pode não ser a duração planejada. Por conta disso, a margem de erro, segundo Avila, Librelotto e Lopes (2003) apresentada no orçamento analítico é da ordem entre 5% e 1%.

De acordo com González (2008), os orçamentos mais precisos exigem que o conjunto de dados do projeto esteja desenvolvido, ou seja, os projetos de variadas áreas (arquitetônico, hidráulico, elétrico, estruturais, especificações técnicas, entre outros). Portanto, quanto mais detalhado o orçamento, mais esforço ele exigirá para ser elaborado.

2.4 ORÇAMENTO EXECUTIVO OU OPERACIONAL

Ao contrário dos métodos de orçamento convencionais, que enxergam a obra como pronta, o orçamento executivo ou operacional preocupa-se com todos os detalhes de como a obra vai ser executada. O orçamento executivo responde à necessidade de modelar os custos de acordo com a forma como eles incorrem no canteiro, ao longo do tempo (GALVÃO, 1990).

Este tipo de orçamento consiste essencialmente em adequar as informações fornecidas pelo orçamento aos dados obtidos em obra segundo um conceito de operação, isto é, a tarefa deve ser executada pela mesma mão-de-obra, de forma contínua e com limites bem definidos. O orçamento operacional está intimamente ligado ao momento que as atividades são executadas na obra, e suas durações (LIMMER, 1997).

Nesse tipo de orçamento, são levados em conta todos os detalhes de como a obra será executada, modelando os custos de acordo com a forma que eles ocorrem na obra ao longo do tempo. No orçamento convencional, os custos são obtidos para cada serviço. Já no orçamento executivo, os custos são obtidos para cada operação.

Cabral (1988) traçou um fluxograma que esquematicamente faz uma comparação entre o orçamento convencional e o operacional, reproduzido a seguir:

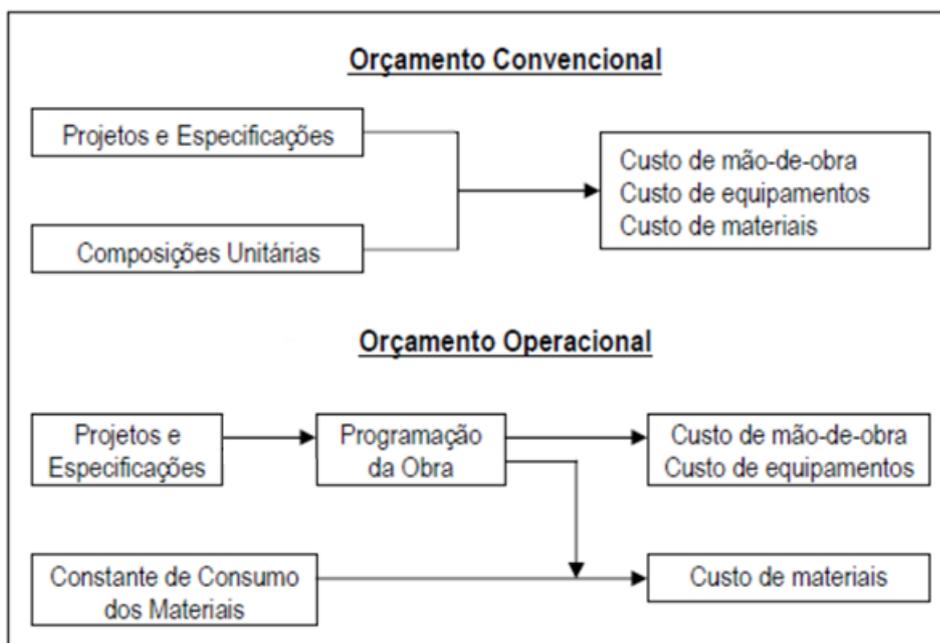


Figura 4 – Fluxograma do processo de orçamentação convencional e operacional. (Cabral, 1988)

Observa-se no fluxograma 4 que a maior distinção entre o orçamento operacional e o convencional é que o operacional leva em conta a programação da obra para elaboração dos custos. Neste sentido, o orçamento operacional apresenta vantagem com relação ao orçamento convencional, pois:

“A definição do prazo de execução e da programação da obra influencia diretamente os custos da mesma, seja em função dos diferentes equipamentos utilizados, ou dos materiais e do número de equipes a serem contratadas, influenciando o desembolso mensal. Assim, a estimativa de custos tem, também, uma interface com o setor de planejamento/programação da obra.” (ANDRADE; SOUZA, 2003)

No entanto, a utilização do orçamento operacional no processo de planejamento pode tornar-se inviável devido às seguintes limitações inerentes a esta metodologia, conforme enumera Cabral (1988):

1º. A metodologia convencional já é consagrada, e a introdução de uma técnica nova pode gerar resistência e não ser aceita;

2º. É necessário profundo conhecimento, por parte do orçamentista, do processo construtivo;

3º. O tempo de trabalho necessário para elaboração de um orçamento operacional é sensivelmente maior do que no método convencional;

4º. O orçamento operacional impõe certa rigidez à programação da obra, sendo que qualquer alteração nos planos previstos leva a uma revisão geral do orçamento.

Outro ponto importante a considerar é que a empresa construtora deve estar preparada para a implantação de um sistema adotando a corrente operacional, pois ela envolve o funcionamento de um Sistema de Informações Gerenciais que abrange todos os setores da empresa (suprimento, financeiro, técnico, etc.). Sem esta integração, a aplicação de um controle de custos com enfoque operacional pode tornar-se ineficiente ou até mesmo inviável.

2.5 ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DE UM ORÇAMENTO

Uma metodologia bem definida para elaboração de orçamentos é o caminho para se ter um instrumento confiável, que garanta o cumprimento de todas as etapas. Jungles (2006) apresenta uma metodologia dividida em cinco etapas, conforme apresentado abaixo:

- 1ª Etapa: Estruturar o orçamento por fases, etapas, subetapas e elementos de acordo com os processos construtivos adotados. Definir a estrutura característica do projeto e as necessidades de visualização para o controle do orçamento.
- 2ª Etapa: Definir as atividades necessárias para realizar uma etapa, ou subetapa, com base na tecnologia a ser adotada para a realização do empreendimento.
- 3ª Etapa: Definir a produtividade para cada atividade, identificar os insumos necessários e os respectivos preços unitários.
- 4ª Etapa: Estimar as quantidades das atividades tendo por base os projetos e memoriais descritivos. Na ausência deles, pode-se estimar as quantidades através de índices associados às áreas construídas.
- 5ª Etapa: Compor os custos dos materiais, equipamentos e mão-de-obra necessários à realização de cada atividade, acrescentando os encargos

sociais somente sobre a mão-de-obra. Após totalizar os custos, fazer incidir o BDI (Benefício e Despesas Indiretas), obtendo-se, assim, o preço de cada serviço, etapas e fases da obra.

Outra forma de se visualizar a definição das etapas para elaboração de um orçamento para execução de obras e serviços na Construção Civil é proposta por Tisaka (2006), que define a elaboração do orçamento a partir das seguintes etapas:

2.5.1 Cálculo do custo direto

O Custo Direto de uma obra é a somatória de todos os custos dos materiais, equipamentos e mão-de-obra aplicados diretamente em cada um dos serviços na produção de uma edificação qualquer, incluindo-se todas as despesas de infraestrutura necessárias para a sua execução.

Nessa etapa, são levadas em consideração despesas com material e mão-de-obra que serão incorporados ao estado físico da edificação. Além dessas, também são consideradas despesas com a administração local, com a instalação do canteiro de obras, bem como as operações de mobilização e desmobilização.

2.5.2 Cálculo das despesas indiretas

Aqui estão inclusas as despesas que, embora não estejam vinculadas aos serviços de campo e não façam parte dos insumos da obra e sua infra-estrutura no local de execução, são necessárias para a sua execução, bem como a equipe técnica (engenheiros, arquitetos, mestre-de-obras) e de suporte (secretárias, vigias), mobilização do canteiro de obras, os impostos, taxas e contribuições.

2.5.3 Cálculo do benefício

Nessa etapa é composto o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), que é uma taxa que pode ser aplicada aos preços unitários dos serviços de maneira uniforme ou não, de forma que os mesmos levem em consideração o lucro esperado pelo construtor, a taxa de despesas comerciais e a reserva de contingência.

A determinação do BDI tem como objetivo calcular, de forma ágil, o preço de uma obra ou serviço em função dos custos diretos orçados, de forma a garantir a margem de lucro desejada pela empresa.

A composição da taxa do BDI depende de vários fatores, tais como prazo e porte da obra, problemas operacionais que podem ocorrer durante sua execução, localização do canteiro, porte da empresa que realizará a obra e o nível de qualidade exigida.

Jungles (2006) define o BDI como um fator que engloba o lucro desejado sobre um empreendimento, o somatório das despesas indiretas, incluindo os tributos e o risco entre outras despesas. Seguindo esta definição, o BDI pode ser considerado sob duas óticas: como valor monetário e como índice. O índice (BDI) é aquele normalmente utilizado para a obtenção do preço das propostas, e visa a simplificação deste cálculo.

O BDI pode ser formado como função do somatório de quatro principais variáveis, sendo elas: custo indireto, valor do risco calculado para o empreendimento, montante do lucro desejado e imposto a ser recolhido ao poder público. O modelo que define a expressão para obtenção do valor monetário do BDI pode ser observado através da seguinte equação (JUNGLES, 2006):

$$BDI = f(CI + VR + ML + IMP)$$

Onde:

CI (custo indireto) – participam da formação do custo indireto os grupos de custos tais como: custos gerais de administração do processo, custos gerais de administração da empresa, custos financeiros vinculados ao capital de giro, custos de manutenção, depreciação, operação e reposição e custos de comercialização, propaganda e promoção de vendas;

VR (valor do risco) – o valor de risco pode ser considerado como uma importância a ser paga pelo prêmio de um seguro efetuado com o objetivo de garantir a cobertura de perdas devido a possíveis acidentes, ou atraso contratual, e pode ser apropriado como o custo direto previsto para cobrir prejuízos causados por eventuais danos a propriedades vizinhas ao empreendimento;

ML (lucro desejado) – consiste no valor do benefício a ser requerido pela empresa proveniente da realização de um contrato ou empreendimento. É calculado sobre o somatório dos custos diretos, dos custos indiretos e da margem de risco, pois são esses os valores movimentados e trabalhados pela empresa para o cumprimento de seus fins;

IMP (impostos diversos) – sob o conceito de tributo do faturamento estão considerados os valores de impostos, taxas e contribuições devidas aos fiscos da União, dos estados e dos municípios.

Vale ressaltar que o BDI só tem uso quando se trata de obras a preço fechado ou empreitada. Este trabalho visa apenas levantar quantitativos específicos da obra estudada, portanto, não será efetuado o cálculo do BDI.

2.6 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

A estimativa de custos para projetos de construção tradicionalmente começa com a quantificação, processo intensivo de registro dos componentes de conjuntos de desenhos impressos, ou mais recentemente, desenhos CAD (*Computer-Aided Design*). A partir destas quantidades, orçamentistas utilizam métodos de planilhas de custos para produzir aplicações do projeto estimado. Este processo está sujeito a erro humano e tende a propagar imprecisões. A quantificação também é demorada e pode exigir 50% a 80% de uma estimativa de custo de tempo em um projeto (SABOL, 2008).

O levantamento de quantitativos no setor da construção civil representa uma etapa fundamental no desenvolvimento do orçamento, já que nele são quantificados os serviços e materiais para a realização da obra. Com isso, cabe ao orçamentista compreender e ter o domínio sobre o processo dos serviços a serem realizados na obra, ou seja, saber de que forma é feito e quais os materiais que serão necessários durante a sua execução.

Dado que esses serviços são constituídos por material e mão-de-obra, pode-se concluir que o levantamento de quantitativos oferece suporte não somente ao setor financeiro da empresa, bem como serve como base para elaboração do planejamento da obra, uma vez que fornecerá a quantidade de horas-homem

necessárias para a execução dos serviços, e a partir desses dados as equipes serão dimensionadas.

Para Mattos (2006), essa é uma das fases que mais exige intelectualmente do orçamentista, demandando do mesmo a leitura de projeto, contagens, cálculos de áreas, volumes e comprimentos, consulta de tabelas de engenharia, conversões, entre outros. No modelo atualmente adotado pela maioria das empresas, o profissional que orça a obra extrai dimensões de comprimentos e áreas de projetos que representam a realidade tridimensional da obra em um plano bidimensional. Essas mensurações manuais apresentam erros e são extremamente ineficientes; quanto maior for a obra em questão, maior será o erro apresentado devido à sua propagação.

Segundo Xavier (2008), a definição de quantitativos a partir de um projeto compreende a elaboração de cálculos baseados nas composições mencionadas, tais como: volumes de concreto para elementos estruturais (pilares, vigas e lajes); áreas de superfícies de piso; quantidades de ferragem; quantidades de janelas e portas; região de pinturas; área do telhado; volumes de cortes e aterro; escavação das fundações; entre outros. Esse levantamento de quantitativos de materiais e serviços irá influenciar diretamente no planejamento da obra.

No quadro 2 estão exemplificados como alguns componentes são medidos e dimensionados, de acordo com sua natureza.

Unidades de medidas mais usuais		Exemplos
Lineares	m	Tubulação, rodapé, muros, cercas, etc.
Superficiais / Área	m ²	Limpeza do terreno, fôrma, alvenaria, piso, etc.
Volume	m ³	Concreto, escavação, aterro, etc.
Peso	Kg ou tonelada	Armação, estrutura metálica etc.
Adimensionais	-	Serviços de simples contagem, placas, postes, luminárias, etc.

Quadro 2 – Exemplo de unidades e materiais para o levantamento de quantitativos. (Xavier, 2008)

A importância do levantamento de quantitativo dos serviços do projeto fornece o ponto de partida para a avaliação global do papel da gestão de custos dentro uma equipe do projeto (MATIPA, 2008). O levantamento de quantitativos pode ser realizado tanto manualmente quanto eletronicamente, dependendo da preferência e das ferramentas disponíveis pelo orçamentista. Os métodos tradicionais de se realizar um levantamento incluem a medição de todos os elementos que compõem uma edificação, utilizando-se de cotas e escala. Este método pode ser bastante cansativo, especialmente a transferências de medições para um arquivo, sendo que estas devem ser verificadas cuidadosamente para assegurar sua exatidão (ALDER, 2006).

As medidas extraídas das mensurações manuais de projetos 2D são utilizadas para alimentar planilhas elaboradas para o levantamento de quantitativos, como a que podemos ver na figura 5:

Cômodo	Perímetro (m)	Altura (m)	Descontos (m ²)	Chapisco (m ²)	Emboço (m ²)	Reboco (m ²)	Massa corrida (m ²)	Pintura (m ²)	Azulejo (m ²)	Rodapé (m)
Sala	18,00	2,80	0,40	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00		18,00
Quarto 1										
Quarto 2										
Banheiro	10,00	2,80		28,00	28,00		-	-	28,00	10,00
Corredor										
Total				78,00	78,00	50,00	50,00	50,00	28,00	28,00

↓
Dados de entrada

Figura 5 – Formulário para levantamento de revestimentos. (Mattos, 2006)

É interessante ressaltarmos que a subtração dos descontos (por exemplo, vãos de esquadrias) em levantamentos de material é recomendada, a fim de obter-se a quantidade exata de materiais que será de fato utilizada na obra, e então calcular o percentual de perdas sobre essa quantidade. Alguns autores recomendam que se subtraia apenas a área que exceder, em cada vão, a 2 m². Esses autores recomendam que vãos com área inferior ou igual a 2 m² não sejam descontados, bem como elementos estruturais de concreto inclusos na alvenaria (vigas, pilares).

Esse critério visa compensar o trabalho de paginação e requadro dos vãos ou a execução do encontro da alvenaria com os elementos estruturais.

O orçamento estruturado numa planilha eletrônica e com auxílio de *softwares* específicos pode produzir ferramentas designadas ao planejamento da edificação, como o cronograma físico-financeiro, apresentando a evolução dos serviços no decorrer do tempo, quantificando mensalmente os custos e receitas desses mesmos serviços, gerando gráficos de desempenho em relação ao previsto e o realizado (XAVIER, 2008).

Se tal dado fosse armazenado em uma única base de dados, se tornaria mais fácil o processo de construir um modelo de custos que possa ser usado para auxiliar a equipe de projeto. Ao contrário, variados formatos de dados podem afetar dimensões de engenharia tais como: tempo, recursos, custos de financiamento (MATIPA, 2008).

Na lógica do orçamento executivo, a forma de levantamento de quantitativos vai ao encontro da estratégia de execução do empreendimento. Desta forma, o orçamento pode ser elaborado para cada período desejado (semanas, quinzenas, meses), gerando listas de materiais mensais de acordo com os serviços programados para serem executados em tal período (WITICOVSKI, 2011).

2.7 DEFINIÇÕES DE CUSTOS, PREÇO E LUCRO

Ao tratarmos de engenharia de custos, é necessário que seja feita uma distinção entre os conceitos de custo, preço e lucro.

O preço pode ser definido como a expressão monetária de uma obra ou serviço, correspondendo ao valor cobrado do cliente. A formação do preço e, em decorrência dele, o lucro, é função do regime prevalente da indústria onde a empresa se situa (AVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003).

Por muito tempo, o método adotado para formulação do preço era calculá-lo em função do somatório do custo e da margem de lucro desejada, com os custos e despesas indiretas de produção devidamente embutidos na margem de lucro.

Atualmente, devido ao acirramento da concorrência, a implementação de novas tecnologias e o surgimento de novos processos construtivos, vem ocorrendo um

forte embate entre os autores, situação que propiciou o aparecimento de um novo paradigma, estreitando as margens de lucro praticadas pelas empresas.

Nesse novo paradigma, principalmente atingindo as empresas que atuam em regime de livre concorrência, o preço vem se comportando como variável independente, sendo que o custo continua estabelecido pelos fornecedores de insumos e a margem de lucro passou a se comportar como variável dependente (AVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003).

No quadro abaixo, podemos analisar a tendência de transformação do cálculo para a formação de preço, ao longo dos anos.

Equação para formação de preços	Período
$\text{PREÇO} = \text{CUSTO} + \text{MARGEM DE LUCRO}$	Década de 60
$\text{MARGEM DE LUCRO} = \text{PREÇO} - \text{CUSTO}$	Década de 90
$\text{CUSTO} = \text{PREÇO} - \text{MARGEM DE LUCRO}$	Futuro próximo

Evolução

Figura 6 – Evolução da equação para a formação de preços. (Avila, Librelotto e Lopes, 2003)

O custo, por sua vez, representa o valor da soma dos insumos (mão-de-obra, materiais e equipamentos, impostos, administração, depreciação, etc.) necessários à realização de dada obra ou serviço, sendo assim, constitui-se no valor pago pelos insumos (AVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003).

A palavra “custo” é o termo genérico utilizado para referir-se a qualquer gasto, seja ou não monetário, aplicado na produção de um bem ou serviço. Pode-se definir também custo como sendo um esforço econômico despendido na concepção de um produto (DIAS, 2002).

O conceito de custo não deve ser confundido com o de despesa ou gasto. Na linguagem da contabilidade de custos, despesa é “todo sacrifício, todo esforço da empresa para obter receita” (MARION, 2004). Resumidamente, pode-se diferenciar

despesa e custo pelo fato de que os custos são todos os gastos realizados com o produto até que estejam prontos, e partir daí, torna-se despesa. Gasto, por sua vez, é todo sacrifício que a entidade arca para a obtenção de um bem ou serviço. O gasto se concretiza quando os serviços ou bens adquiridos são prestados ou passam a ser de propriedade da empresa (MARTINS, 1995).

Usualmente, na construção civil, os custos podem ser classificados quanto à identificação com o produto, ou seja, em custos diretos e custos indiretos.

Os custos diretos são aqueles que podem ser identificados ou relacionados com o produto em execução, ou parte dele, podendo ser apropriados diretamente. Exemplos: materiais diretos e mão de obra direta (MARTINS, 1995).

Os custos indiretos são aqueles que não se relacionam diretamente com um produto ou parte dele, ou que não convém que sejam imputados diretamente, por razões econômicas ou dificuldades práticas de apropriação. Desse modo devem ser apropriados separadamente e incluídos aos produtos através de métodos de rateio (MARTINS, 1995).

No quadro 3 a seguir podemos visualizar alguns exemplos de custos diretos, indiretos e despesas de uma obra.

Custos de Obra		Despesas da Administração
Diretos	Indiretos	
Mão-de-obra direta Pedreiros Carpinteiros Serventes Mestres de Obras Matéria-prima Projetos Aquisição de Terrenos Demolições Encargos Sociais Equipamentos	Taxas e documentações Engenheiro responsável Vale transporte Aluguel de equipamentos Impostos s/ faturamento Alimentação em Canteiro Propaganda e Vendas Controle Tecnológico Vigilância Despesas com Almojarifado Água e Luz Industrial Assistência médica Combustíveis e lubrificantes Manutenção de equipamentos Manutenção de veículos Encargos Sociais	Marketing Institucional Retirada de Diretores Salário de Funcionários da Sede Aluguéis IPTU Livros e Publicações Conservação e Limpeza. Honorários Aluguéis Juros de mora Assistência médica Conservação e limpeza Livros, jornais e revistas. Despesas bancárias Manutenção de veículos Encargos Sociais Taxas e Anuidades

Quadro 3 – Relação de custos e despesas de uma obra. (Avila, Librelotto e Lopes, 2003)

Segundo Dias (2002), os custos também podem ser divididos de forma ampla em dois grandes grupos: Custos Empresariais e Custos de Produção. Os custos empresariais dizem respeito à administração central da organização, e geralmente independem do volume de produção. Já os custos de produção são aqueles relacionados com a fabricação do produto, incluindo todos os recursos necessários à sua produção.

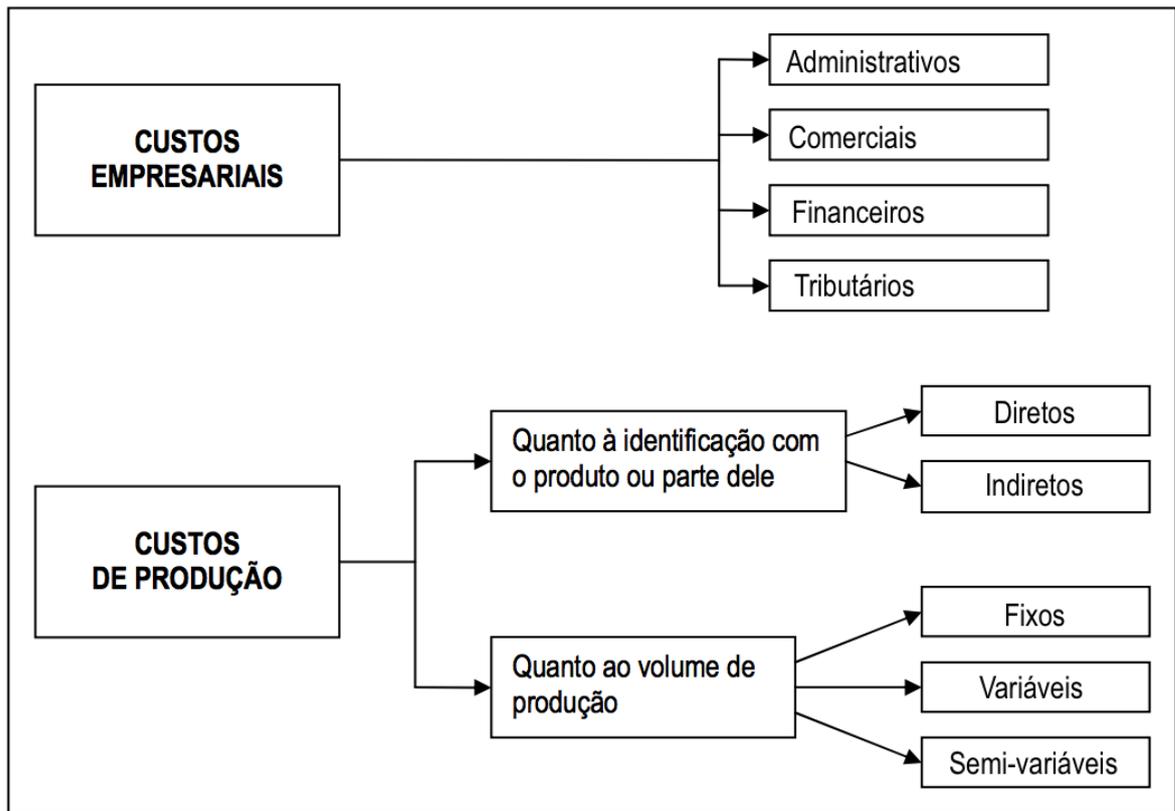


Figura 7 – Classificação geral dos custos. (Dias, 2002)

3 MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM)

A evolução pela qual tem passado o processo de desenvolvimento de projetos traz consigo, além das necessidades de mudanças culturais e gerenciais, a necessidade de tecnologias condizentes com as características das novas formas de se projetar, planejar e entregar.

Quando se passou da prancheta de desenhos manuais para o CAD (Computer-Aided Design) os ganhos foram imediatos, principalmente em relação ao tempo e custos que envolviam o processo de desenho manual. No entanto, não tivemos melhorias significativas em outros aspectos, visto que o processo em si não teve muitas mudanças, apenas passando do desenho manuscrito para o digital.

Mediante a reformulação do processo de projeto, surgiu a ideia de modelar os objetos, ao invés de apenas desenhá-los em 2D. Esse foi o ponto de partida para a criação do BIM (Building Information Modeling), que representa, na verdade, muito mais do que simplesmente softwares de modelagem, sendo uma nova filosofia de desenvolvimento de projetos.

Nos últimos anos, conforme o avanço das discussões em torno das ferramentas BIM, muitas pessoas passaram erroneamente a enxergar o BIM como simplesmente softwares modeladores 3D, quando na verdade os conceitos em torno desse termo é que são realmente importantes e inovadores.

O BIM é um processo de desenvolvimento de projetos que pretende integrar os profissionais de arquitetura e engenharia civil do início ao fim dessa fase, para a criação de um modelo virtual que represente todas as características do produto final, incluindo informações técnicas, de orçamento, de execução, de manutenção, entre outras, apresentando também a relação delas em função do tempo. Espera-se alcançar isso através da utilização de dados paramétricos (dados baseados em parâmetros) em todos os elementos inseridos nas ferramentas de software. Através da parametricidade, os objetos podem incluir todo tipo de propriedade que o programador desejar.

Eastman et al. (2011) definem as seguintes condições para um objeto paramétrico:

- Constituído além de definições geométricas, por dados e regras associados;
- Geometria integrada, não redundante e que não permite inconsistências, por exemplo, dimensões diferentes de um mesmo objeto em diferentes visualizações;
- As regras paramétricas devem, automaticamente, corrigir a geometria de um objeto, quando há uma modificação associada. Por exemplo, uma parede deve automaticamente preencher o local para o qual foi designada, ou, ao inserir uma porta na parede, o vão deve ser aberto na parede de forma automática;
- Objetos devem ter seus parâmetros definidos em diferentes níveis, assim como seus componentes, por exemplo, ao definir uma parede, seus subcomponentes como revestimento, tipo de blocos, espessuras, também devem ser definidos e passíveis de edição;
- As regras devem identificar e coibir que objetos sejam definidos fora das especificações e requisitos em relação a tamanho, fabricação, ou quaisquer parâmetros inicialmente propostos;
- Objetos devem ter a habilidade de conectar, receber e exportar grupos de atributos, como componentes estruturais, dados sobre acústica e comportamento térmico para outras aplicações e modelos.

A parametricidade é uma característica dos modelos em BIM que mais agrega vantagens. Como são definidos parâmetros para um objeto, ao alterar algum desses parâmetros, a mudança se repete automaticamente em todos os objetos semelhantes, permitindo assim a possibilidade de se testar várias alternativas e avaliar seus efeitos na edificação. Além disso, são os parâmetros que permitem a extração de informações, como tabelas de quantitativos de material.

Eastman et al. (2011) em seu guia BIM Handbook apresentam os principais benefícios, separados em pré, durante e após a construção:

- Projeto (Design):
 - Análises de viabilidade e design conceitual e estudos preliminares mais precisos e ricos;
 - Melhora de desempenho e qualidade da construção, através de simulações e análises de diferentes alternativas;
 - A colaboração entre projetistas acontece mais cedo, evitando erros e omissões;
 - Visualizações de design mais precisas e disponíveis mais cedo, ainda durante o processo;
 - Correções automáticas de detalhes, quando há modificações no modelo;
 - Geração automática e com maior precisão de visualizações em 2D, em qualquer estágio;
 - Fácil verificação dos requisitos e intenções do projeto;
 - Extração de quantitativos e estimativas de custo mais precisas e em qualquer estágio do projeto;
 - Facilita as análises e dessa forma promove a eficiência energética e a sustentabilidade da construção.

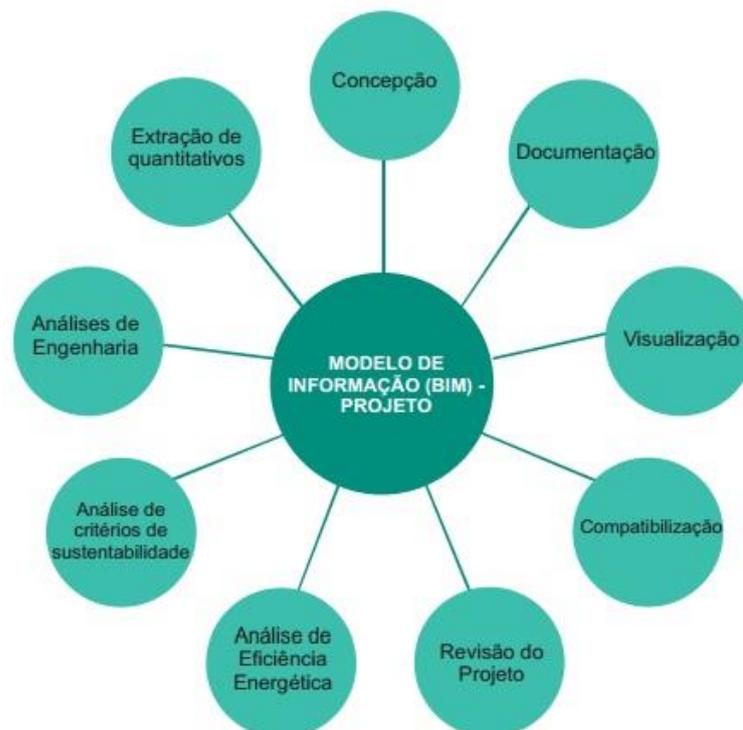


Figura 8 – Vantagens do BIM na fase de projeto. (Eastman et al., 2011)

- Construção:
 - Fabricantes podem utilizar o modelo como base para a manufatura de componentes, como perfis de aço, tubulações de refrigeração, etc., possibilitando ainda a automatização do processo, através de softwares interoperáveis;
 - Resposta rápida a mudanças de design durante a execução;
 - Redução de retrabalhos, graças à possibilidade de se descobrir erros e omissões ainda durante o projeto de forma mais fácil e eficiente;
 - Sincronização do design com o planejamento de construção, permitindo a verificação e análise de soluções para os problemas encontrados no dia-a-dia da obra;
 - Melhora a implementação de técnicas de Lean Construction, facilitando, por exemplo, entregas just-in-time de materiais, equipamentos e mão-de-obra.



Figura 9 – Vantagens do BIM na fase de construção. (Eastman et al., 2011)

- Operação e manutenção (pós-construção):
 - As informações recolhidas durante a execução e um modelo as-built podem ser entregues em um pacote mais detalhado ao cliente, facilitando processos futuros de manutenção;
 - Possibilita o planejamento e a programação de manutenções preventivas;
 - Promove melhor gestão e operação da edificação, bem como de seus espaços, graças ao maior volume de informações que podem ser fornecidas;
 - Facilita a elaboração de um plano de evacuação do edifício em casos de emergência;
 - Integração com sistemas automatizados de gestão e de operação de equipamentos.



Figura 10 – Vantagens do BIM na fase de operação e manutenção. (Eastman et al., 2011)

Outro aspecto interessante é que o BIM possibilita o rastreamento de informações no modelo. Portanto, é possível responsabilizar cada agente individualmente pelas decisões tomadas e pela qualidade geral do projeto. Dessa forma, é possível alocar riscos diferentes entre os agentes e da mesma forma comissioná-los de forma justa em relação ao serviço prestado. Baroni (2011) apresenta alguns resultados de pesquisa com profissionais de arquitetura e engenharia que já trabalham com BIM, para levantar quais os principais aspectos positivos e negativos segundo a experiência dos mesmos, que são reproduzidos a seguir:

- 80% dos usuários afirmam terem reduzido erros e omissões no acervo técnico (documentação);
- 71% também identificam redução de retrabalho;
- 71% afirmam que o modelo ajuda a reduzir o ciclo de fluxos específicos de certas atividades, especialmente as de desenho;
- 62% disseram que o BIM ajuda a empresa a oferecer novos serviços para clientes;
- 51% concordam que o conceito serve, também, como uma ferramenta de marketing para atração de novos clientes e aumento da competitividade da empresa;
- 49% afirmaram que o BIM aumenta o lucro de seus negócios.

3.1 USO DA TECNOLOGIA BIM NO PROCESSO DE ORÇAMENTO

Durante a fase de projeto, as únicas quantidades disponíveis para efeito de estimativas de orçamento são aquelas associadas a áreas e volumes, como tipos de espaço físico, perímetros, comprimentos, entre outros. Essas quantidades são adequadas para realização de uma estimativa de custo, fase na qual se está realizando o planejamento preliminar do empreendimento, e cujo cálculo é baseado em alguns parâmetros de construção. Entretanto, esses quantitativos em geral não estão disponíveis em aplicativos para projeto preliminar (como o SketchUp), porque não definem tipos de objetos reais, como aqueles criados por um programa da

tecnologia BIM. Com isso, é válido levar o modelo do projeto preliminar para um software BIM, a fim de possibilitarmos uma extração de quantitativos mais apurada.

Todos os softwares que utilizam tecnologia BIM fornecem recursos para a extração de quantitativos de componentes e reportam esses valores em diversas tabelas. No entanto, para a realização de levantamentos mais rigorosos, alguns problemas podem surgir caso a edificação não tenha sido modelada de forma minuciosa. Por exemplo, alguns softwares BIM podem fornecer a metragem de sapatas de concreto, mas não a quantidade de armadura embutida no concreto, ou, analogamente, fornecer a área de paredes internas feitas de gesso acartonado, mas não a quantidade de montantes que será necessária para as paredes. Outro exemplo é o caso de serviços de alvenaria tais como chapisco, emassamento e lixamento, em que o software não consegue fornecer o quantitativo, uma vez que não é um serviço que fique incorporado à edificação. Só seria possível obter esta informação diretamente do modelo se o projetista incluísse o serviço de emassamento e lixamento como componente do objeto parede. Esses são problemas que podem ser solucionados, mas para isso, é necessária a adoção de uma ferramenta BIM específica, e do sistema de estimação de custos associado.

É importante ressaltar, como visto acima, que embora os modelos de edificações forneçam medidas adequadas para o levantamento de quantitativos, seu uso não substitui o processo de orçamentação. O engenheiro orçamentista desempenha um papel fundamental no processo de construção, e tal processo envolve a avaliação de condições que terão impacto direto nos custos da obra, bem como a condição não usual de paredes, montagens diferenciadas, e condições de difícil acesso. A identificação automática dessas condições por uma ferramenta BIM ainda não é viável, o que faz com que os orçamentistas devam considerar a adoção da tecnologia BIM como uma forma de simplificar etapas do orçamento e possibilitar uma rápida visualização, identificação e avaliação de condições, como exemplifica a figura 11 a seguir.

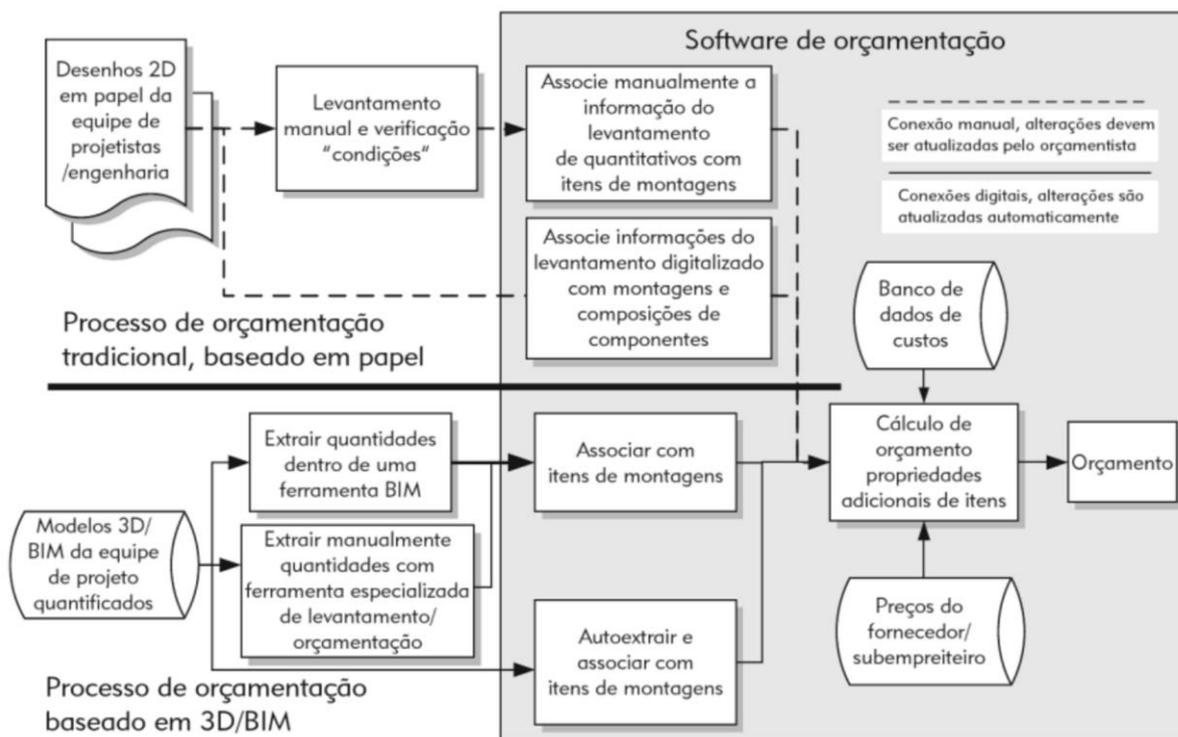


Figura 11 - Diagrama conceitual de um processo baseado em BIM de um levantamento de quantidades e orçamentação. (Eastman et al., 2011)

O BIM vem sendo utilizado de variadas formas no processo de levantamento de quantitativos e como suporte ao processo de orçamentação de edificações. Nenhuma ferramenta BIM oferece todas as funcionalidades de uma planilha eletrônica ou pacote de software específico para orçamentação, cabendo ao orçamentista responsável identificar qual método que trabalhará melhor para o seu processo de orçamentação específico.

Eastman et al. (2011) em seu guia BIM Handbook apresentam três principais opções em que o BIM pode ser útil ao orçamentação:

1. Exportar quantitativos de objetos da edificação para um software de orçamentação.
2. Conectar a ferramenta BIM diretamente ao software de orçamentação.
3. Usar uma ferramenta BIM de levantamento de quantitativos.

Cada uma dessas opções será discutida mais detalhadamente a seguir, seguindo a definição apresentada no BIM Handbook.

3.1.1 Exportar quantitativos de software BIM para um software de orçamentação

Como dito anteriormente, a maioria dos softwares BIM disponíveis no mercado oferecem recursos para a extração e quantificação de propriedades dos componentes BIM. Esses softwares também incluem recursos para exportar dados de quantitativos para uma planilha ou para um banco de dados externo. Somente nos Estados Unidos, há mais de cem pacotes comerciais para orçamentação disponíveis do mercado, e muitos deles são específicos para um tipo de trabalho. Para muitos orçamentistas, a capacidade de extrair e associar dados do levantamento de quantitativos utilizando planilhas personalizadas do Excel geralmente é suficiente. No entanto, esse método pode requerer uma série de reconfigurações significativas e a adoção de um processo de modelagem padronizado no software BIM adotado.

3.1.2 Conexão direta entre componentes BIM e o software de orçamentação

A segunda alternativa para incluir o BIM ao processo de orçamentação é adotar uma ferramenta BIM que seja capaz de conectar-se diretamente a um pacote de orçamentação, seja através da instalação de um plug-in (módulo de extensão usado para adicionar funções a outros programas maiores, provendo alguma funcionalidade específica) ou através de ferramenta desenvolvida por terceiros. Muitos dos grandes pacotes de softwares para orçamentação atuais oferecem plug-ins para várias ferramentas BIM, e com isso permitem ao orçamentista associar componentes no modelo diretamente a montagens, composições ou itens no pacote de orçamentação. Essas montagens ou composições definem quais passos e recursos serão necessários para a construção dos componentes da edificação, ou para instalar componentes pré-fabricados. Montagens e composições normalmente incluem referências às atividades necessárias para a construção, por exemplo, formas, armaduras, lançamento de concreto, cura e desmonte das formas. O orçamentista pode, então, usar regras para o cálculo da quantidade desses itens com base nas propriedades do componente, ou fornecer dados não extraídos do modelo de informação da construção manualmente. As montagens também podem

incluir itens que representam recursos necessários, como mão de obra, equipamentos, materiais e gastos de tempo e custos associados. Como resultado, todas as informações requeridas para desenvolver uma estimativa completa de custos e uma lista detalhada das atividades básicas podem ser usadas para o planejamento da construção. Se essa informação é relacionada aos componentes BIM, ela pode ser usada para gerar um modelo 4D. O modelo gráfico também pode ser conectado ao orçamento para mostrar os objetos do modelo associados com cada item dentro daquela estimativa. Isso é muito útil para detectar objetos que não têm estimativa de custos associados a eles.

Esse método funciona bem para construtores que possuem um pacote de orçamentação e uma ferramenta BIM padronizados. Integrar informação de componentes BIM de subempreiteiros e de vários especialistas, entretanto, pode ser difícil de gerenciar se forem utilizadas diferentes ferramentas BIM. Há claros benefícios nesse método altamente integrado, mas uma fraqueza é a necessidade do construtor desenvolver um modelo em separado. Obviamente, se o arquiteto não está usando o BIM, então o modelo da construtora é uma necessidade. Quando esse não for o caso, é mais eficiente que o modelo do projetista seja o ponto de partida para o construtor, assim que a equipe entrar em acordo sobre as definições de componentes. Se a equipe do empreendimento é padronizada numa única plataforma de software, esse método pode ser adequado. Isso requer o uso do método integrado de projeto e construção, ou um contrato que integre os principais participantes desde o início do empreendimento. Novamente, integração antecipada e a colaboração entre as partes são as chaves para o uso efetivo da tecnologia BIM.

3.1.3 Ferramenta BIM para levantamento de quantitativos

Uma terceira alternativa consiste em usar uma ferramenta especializada de levantamento de quantitativo que importa dados de várias ferramentas BIM. Isso permite que os orçamentistas usem a ferramenta de levantamento especificamente projetada para suas necessidades, sem precisar aprender todos os recursos contidos numa dada ferramenta BIM. São exemplos de ferramentas especializadas em levantamento de quantitativos: Exactal (Exactal 2007), Innovaya (Innovaya 2007) e OnCenter (OnCenter 2007).

Ferramentas específicas para levantamento de quantitativos incluem recursos específicos que conectam diretamente a itens e montagens, realizam anotações no modelo para condições e criam diagramas visuais de levantamentos. Essas ferramentas oferecem vários níveis de suporte à extração automática e possuem recursos para levantamentos manuais. Os orçamentistas precisarão usar uma combinação tanto de ferramentas manuais como de recursos automáticos para dar suporte ao grande número de levantamentos e verificações de condições que precisarão executar.

Alterações adicionais no modelo da edificação requerem que quaisquer novos objetos sejam conectados a tarefas apropriadas de orçamentação, de forma que uma estimativa precisa de custos possa ser obtida a partir do modelo, dependendo da precisão e no nível de detalhe já modelados.

3.2 VANTAGENS DA ADOÇÃO DO BIM NO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO

É intuitivo perceber o BIM como potencial solução para as principais fontes de erros em informações sobre tipos, quantificações e especificações de determinados objetos e materiais no processo de projeto de uma edificação. Essa tecnologia possibilita que o processo de extração de quantitativos seja automatizado, uma vez que os objetos dentro de um modelo BIM (esquadrias, alvenaria, entre outros) são parametrizados, ou seja, guardam consigo, além das características geométricas inerentes, outros parâmetros relacionados à sua construção. Além disso, o fato dos objetos serem parametrizados denota que os mesmos dependerão não apenas de suas próprias características, bem como de características de outros objetos associados. Por exemplo, em um modelo BIM, quando o pé-direito é modificado, as paredes são automaticamente ajustadas para aquele pé-direito, fazendo com que as mudanças realizadas em um determinado objeto sejam refletidas nos demais, eliminando problemas de inconsistências entre os projetos.

Alder (2006) apresenta muitos atributos que podem ajudar na estimativa e na quantificação utilizando-se da ferramenta BIM, são eles:

- Visualização e compreensão do escopo do projeto – visão tridimensional;

- Atributos dimensionais a partir de objetos sem quaisquer problemas de escala errada – exibir os itens a serem quantificados;
- Como um modelo é criado, a lista de materiais ou lista parametricamente tornam-se disponíveis e são ligadas aos objetos no modelo. Estas listas podem ser modificadas para mostrar os parâmetros dos objetos no modelo, tais como as quantidades e dimensões atualizadas automaticamente;
- É possível isolar os objetos na visão tridimensional para verificar a correta quantificação. O orçamento é desenvolvido com detalhamento significativo (detalhado pelo sistema);
- É possível fornecer um entendimento de onde está a variância e a importância;
- A comparação com os dados iniciais é possível;
- A estrutura de custos é disponível para as partes fundamentais, para avaliação das áreas em que são possíveis grandes melhorias.

A modelagem do projeto no Revit, semelhante ao que ocorre em demais softwares de modelagem BIM, traz diversas vantagens além da simples apresentação 3D. Os softwares que suportam a tecnologia BIM permitem ao usuário calcular de forma automatizada e rápida todos os quantitativos de uma obra e ainda categorizá-los de acordo com o que mais convém: tipo de material, pavimento utilizado, fase da obra, entre outros.

Podemos destacar, além da capacidade de geração de quantitativos de materiais automaticamente, a realização de cálculos de volume (escavação, peças estruturais), a conferência e identificação automática de sistemas (se todas as tubulações possuem um início e um final, e ao que estas estão conectadas) e análises luminotécnicas (tanto do sol, em qualquer época do ano ou lugar do planeta quanto da iluminação interna).

A automatização do levantamento de quantitativos e dos cálculos dos custos através do BIM reduz substancialmente os prazos para a conclusão do orçamento da edificação, com a vantagem ainda de um maior nível de detalhamento e precisão das quantificações. Com o processo automatizado, há a possibilidade também de se fazer estudos de cenários alternativos, viabilizando soluções e análises de impactos

das alterações de projeto de uma forma muito mais simplificada. O orçamentista, por sua vez, passa a atuar com mais ênfase na consolidação de preços unitários e menos na elaboração de quantitativos.

“Na construção virtual tem-se a padronização dos critérios de quantificação, pois as peças vão sendo construídas ao mesmo tempo em que os critérios de execução são impostos, transformando esses dados em quantidade. Tudo o que se desenha é quantificado automaticamente. Apesar dessa grande vantagem, existe a necessidade de aprendizado de operacionalização do sistema. É preciso contar com pessoas experientes, que entendam como ler um projeto em 3D.” (BADRA, 2012)

Quanto maior a precisão de um levantamento de quantitativos, mais exato é o orçamento gerado a partir dele. Ao se colocar isso em prática no campo, a variação de custo final tende a diminuir substancialmente, gerando ganhos em termos de produtividade, tempo e custo da obra. Os relatórios de quantitativos gerados pelos softwares podem substituir ainda as medições feitas em campo, com uma incidência de erros muito menor.

3.3 DESAFIOS E DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM

Para a extração dos quantitativos de orçamento em softwares BIM, uma das grandes limitações é relativa à modelagem do revestimento de superfícies. Para o levantamento de quantitativos em BIM, o revestimento pode ser modelado a fim de obter a quantidade exata, ou tomado a partir dos elementos estruturais com uma margem de erro sendo assumida. Se a primeira opção é seguida, existe o risco de que o modelo gerado será visualmente e estruturalmente sobrecarregado, o que poderá ser um problema, particularmente se o modelo é para ser usado como um todo, isto é, se o mesmo modelo será usado para outras finalidades além do levantamento de quantitativos. A segunda opção, no entanto, leva a erros de medição cujo significado terá que ser reconhecido e previsto quando forem estabelecidas as margens de erro.

Em estudo publicado pela Universidade de Porto, Monteiro e Martins (2013) afirmam que uma grande desvantagem do uso de ferramentas BIM no levantamento de quantitativos é a sua incapacidade para trabalhar com fôrmas de elementos estruturais no modelo. Na prática, não apenas a fôrma não é criada diretamente a

partir do modelo, como não há nem mesmo uma ferramenta para modelagem de fôrmas.

Em termos de levantamento de quantitativos, então, não é possível obter resultados completamente sistemáticos: em algumas circunstâncias, as fôrmas podem ser medidas com base na superfície dos elementos envolvidos, porém quando ocorre a intersecção de elementos, o quantitativo de fôrmas será superestimado, como demonstra a figura 12 a seguir, em que a linha tracejada em vermelho representa a superfície lateral da laje que é contabilizada no levantamento do software, mas não deveria ser levada em conta para efeitos de quantitativo de fôrma.

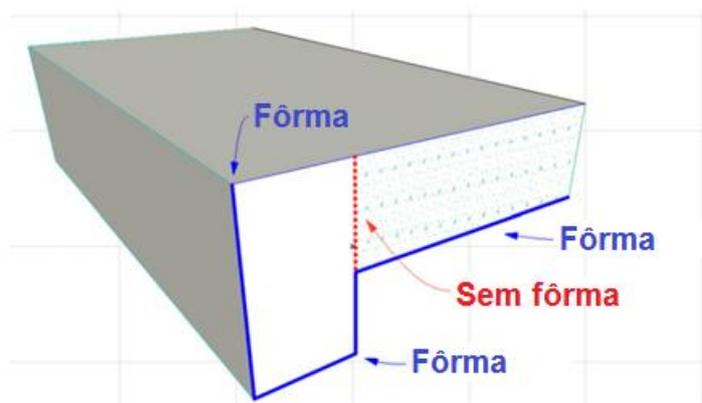


Figura 12 – Inconsistência no quantitativo de fôrmas em um modelo BIM. (Adaptado de Monteiro e Martins, 2013)

Para efetuar a rigor um levantamento de fôrmas em um modelo BIM, a única solução para um sistema completo e eficaz seria modelar explicitamente as fôrmas. A modelagem deve usar ferramentas básicas, como Parede, Viga e Telhado, e as quantidades extraídas a partir destes elementos. Esta opção tem uma grande desvantagem, no entanto, já que a experiência anterior em projetos tem mostrado que o tempo total para a modelação do projeto de elementos estruturais aproximadamente dobra quando as fôrmas são modeladas como um item (MONTEIRO e MARTINS, 2013).

Dada a importância da medição das fôrmas, Monteiro e Martins (2013) exploraram a possibilidade da criação de uma forma automática e direta de se obter o quantitativo de fôrmas em um modelo BIM. A solução encontrada, em geral,

envolveu a criação de um add-on que iria fornecer automaticamente uma fôrma modelo com base no modelo estrutural do edifício. O add-on contém rotinas de interação com os elementos estruturais, identificados pelo usuário através de uma seleção de Tipos, IDs e camadas, e com base na entrada de parâmetros definidos pelo usuário para os elementos de fôrmas, como a espessura e tipo de material. A partir de tais configurações, seriam então geradas as fôrmas para o modelo.

O Guia AsBEA (2013), recomenda a seguinte metodologia para implementação do BIM nos escritórios de arquitetura:

- Levantamento de dados dos processos atuais para comparar com dados futuros;
- Planejamento do período de transição em relação aos projetos em andamento; definição da intensidade da carga de trabalho sobre essa equipe e quanto tempo será destinado para a implementação;
- Verificação da necessidade de um grupo de suporte interno ou de consultor externo para monitorar os trabalhos das equipes no desenvolvimento dos primeiros projetos. Esse suporte pode garantir prazos e segurança, bem como o comprometimento dos profissionais envolvidos. Além disso, esse grupo poderá verificar quais são as dúvidas mais recorrentes e reforçar esses conteúdos com treinamentos de reforço. Poderão também monitorar se os colaboradores estão utilizando o sistema da melhor forma ou mesmo sinalizar inovações para o sistema baseado nos problemas de ordem prática.

No Brasil, o processo de implantação do BIM no mercado de edificação residencial e comercial está em desenvolvimento e precisa de melhorias para que possa de fato propiciar avanços à construção civil no país. De um lado, questões tecnológicas e interesses comerciais colocam em risco a interação de toda a cadeia produtiva. Do outro, a criação de bibliotecas de componentes (que aproximem o sistema virtual à realidade da obra) e a qualificação de profissionais, que se torna essencial para o melhor aproveitamento do potencial da ferramenta (BARONI, 2011).

Uma dificuldade inerente à adoção desse processo é a financeira, visto que a implantação do BIM é bastante cara, uma vez que além do preço elevado dos

softwares e seus pacotes adicionais, autores ainda apontam para uma inicial queda de produtividade que, após o período de adaptação, tende a sumir. A longo prazo, no entanto, o investimento deve se pagar e melhorar a produtividade e qualidade dos projetos, pois a compatibilização em BIM é tão vantajosa que os ganhos ao longo do tempo já justificariam os investimentos.

“As empresas ainda estão encontrando algumas dificuldades. Além da formação de uma equipe homogênea que saiba utilizar a tecnologia, a formação de uma biblioteca residente que diminua o tempo de elaboração de um orçamento também tem sido um dos principais gargalos na implantação do sistema dentro das empresas. Quem opera não sabe criar, pois para executar essa tarefa é preciso ter todos os elementos construtivos (no caso de uma porta, por exemplo, detalhes sobre batente, largura de batente, espessura, tipo de fechaduras, etc.)” (BADRA, 2012)

Um dos primeiros problemas que os profissionais enfrentam, quando se inicia a introdução de softwares modeladores no processo de projeto, é a necessidade de bibliotecas de objetos paramétricos. Muitos escritórios têm desenvolvido sua própria biblioteca, o que em alguns casos pode solucionar o problema parcialmente, ou pelo menos temporariamente. Contudo, a modelagem de objetos paramétricos é bastante complicada e exige conhecimentos da área de ciências da computação para uma programação mais detalhada dos parâmetros, tais como dimensões e características físicas, divulgação de dados relativos aos seus desempenhos, além da adequação às normas técnicas, à aplicabilidade e até a manutenção.

As maiores fabricantes de materiais para construção já vêm investindo em bibliotecas digitais parametrizadas e aos poucos, os catálogos tradicionais, impressos ou PDF, devem ser substituídos pelos arquivos BIM. Entretanto, fornecedor menor, muitas vezes, não tem recursos ou faturamento que justifiquem e permita o investimento necessário para a criação dessas bibliotecas, o que pode gerar uma “elitização” no mercado. Outro fator relevante é que, muitas vezes, mesmo que o fornecedor possua uma biblioteca digital parametrizada, por questões de incompatibilidade ou mesmo pela não adoção do BIM, muitos escritórios usam os catálogos em formato PDF ou mesmo convertidos para arquivos CAD. Dessa forma cria-se um círculo vicioso, no qual fornecedores alegam não criar bibliotecas paramétricas por não haver clientes o suficiente que fariam uso e, por outro lado, os projetistas alegam não adotar o BIM por esbarrar em dificuldades como a falta de bibliotecas.

A instalação de uma cultura de trabalho colaborativo deve começar nas escolas de engenharia e arquitetura, que em sua maioria parecem não ter acordado para o ensino do BIM no Brasil, conforme afirma Manzione (2011). Nos países onde o BIM se desenvolveu de maneira mais eficiente, o apoio das universidades se tornou forte aliado, com o ensino e incentivo do uso do BIM em cursos de gerenciamento de projetos para construção, como por exemplo, em Stanford University. Enquanto no Brasil o mesmo não ocorre, o atraso em relação a esses países tende a se perpetuar

“Hoje o que eu posso fazer com um BIM é receber uma planta 2D da arquitetura, ler no TQS a geometria, e carregar na mão todas as características. Quando a estrutura estiver estabilizada e dimensionada corretamente, posso exportar a geometria da estrutura para o BIM. Ou seja, não montei o meu modelo dentro do ambiente BIM e não aproveitei as informações contidas nesse sistema para nada.” (GRAZIANO, 2011)

É necessário, portanto, aumentar os investimentos em tecnologias que tragam soluções para essas dificuldades encontradas em implantar o BIM e isso deve acontecer, principalmente, a partir da iniciativa privada. O que o governo, no entanto, tem feito em alguns países que, conseqüentemente, se encontram em estágio mais avançado do uso de BIM, é exigir em suas licitações projetos em BIM. Isso impulsiona a adoção generalizada do BIM e cria caminhos para que as grandes empresas também passem a exigir o mesmo, potencializando ainda mais o uso da tecnologia e avanços no setor.

3.4 DIRETRIZES DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM COMO SUPORTE AO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO

Orçamentistas e construtores devem entender como o BIM pode dar suporte a tarefas específicas de orçamentação, reduzindo erros e melhorando a precisão e a confiabilidade do orçamento. Mais importante, eles podem se beneficiar da habilidade de responder rapidamente a mudanças durante as fases cruciais do projeto, um desafio com o qual muitos orçamentistas se deparam diariamente.

A implantação do BIM no Brasil passa pelas mesmas dificuldades já vistas no cenário internacional. A falta de uma cultura do trabalho em equipe multidisciplinar, falta de bibliotecas de objetos nacionais, além de problemas de infraestrutura,

principalmente no que diz respeito à qualidade e velocidade da conexão com a internet. Com isso, faz-se necessário o gerenciamento do processo, do treinamento até a medição dos resultados, visando garantir a correta implantação da plataforma nas empresas, conforme esquematiza a figura 13, na qual o processo de adoção do BIM é subdividido em seis etapas de acordo com o proposto por Manzione (2011).

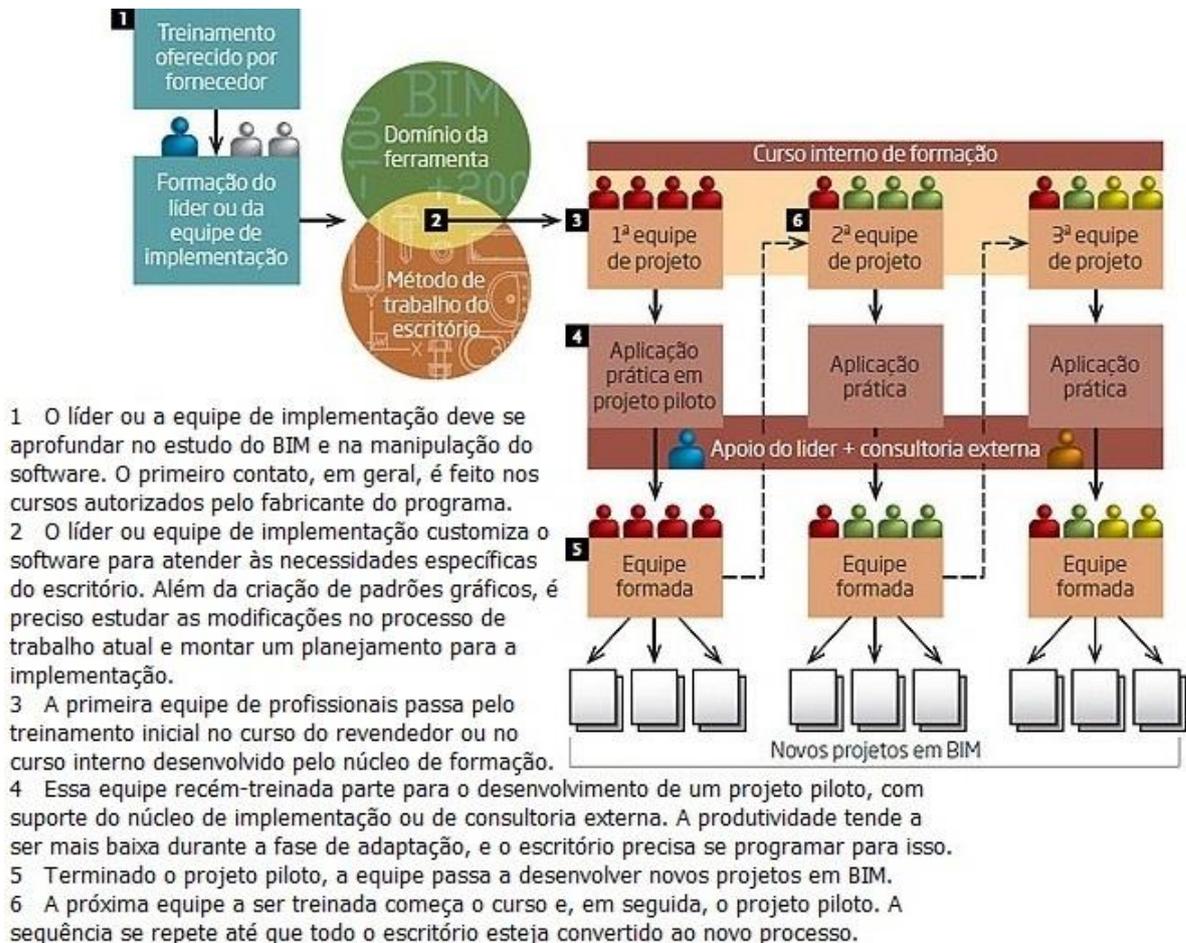


Figura 13 – Modelo de implantação do BIM. (Manzione, 2011)

Apesar do Brasil já ter despertado a sua atenção para o BIM, muitos profissionais ainda não entenderam que se trata de um processo a ser adotado, e não de uma ferramenta de projeto resumida a um software modelador. Para que os reais benefícios do BIM comecem a aparecer, é preciso encará-lo como um processo e que “requer um trabalho muito forte de planejamento e levantamento extensivo e prévio de informações”, segundo Manzione (2011).

A seguir estão relacionadas as diretrizes para a implementação de BIM para suporte ao levantamento de quantitativos e orçamentação recomendadas por Eastman et al. (2011) em seu guia BIM Handbook:

- Deve-se iniciar com simplicidade. Se os custos estão sendo estimados por meio de processos tradicionais e manuais, primeiramente deve-se usar digitalizadores ou levantamentos na tela para se adequar aos métodos de levantamento digital. À medida que os orçamentistas ganham confiança e conforto com levantamentos digitais, deve-se então considerar mudar para um levantamento baseado em BIM.
- Deve-se iniciar pela contagem. O lugar mais fácil de começar é estimando as tarefas que envolvem a quantificação, como portas, janelas e conexões de tubulações. Muitas ferramentas BIM oferecem a funcionalidade da elaboração de tabelas e funções simples para consultar e contar tipos específicos de componentes, blocos ou outras entidades. Eles também podem ser verificados e validados.
- Comece com uma ferramenta, então mude para um processo integrado. É mais fácil iniciar fazendo um levantamento no software BIM ou com uma aplicação especializada. Isso limita erros potenciais ou questões relacionadas à tradução e à movimentação de dados de modelo de uma aplicação para outra. Uma vez que o orçamentista está confiante que os dados fornecidos por determinado pacote de software são precisos e válidos, então os dados do modelo podem ser transferidos para uma ferramenta de levantamento secundária para validação.
- Estabeleça as expectativas. O nível de detalhe no levantamento via BIM é um reflexo do nível de detalhe do modelo da edificação como um todo. Se a armadura não está inclusa no modelo, esses valores não serão calculados automaticamente. O orçamentista precisa entender o escopo da informação contida no modelo e o que está representado ali.
- Inicie com uma única disciplina ou tipo de componente e resolva os problemas que aparecerem.

- Automação começa com padronização. Para alavancar o BIM totalmente, projetistas e orçamentistas precisarão promover a coordenação de métodos para a padronização de componentes para o levantamento de quantitativos. Além disso, para gerar quantitativos precisos de subcomponentes e montagens (como montantes no interior de uma parede), é necessário o desenvolvimento de padrões para essas montagens.
- O BIM é apenas o ponto inicial para a orçamentação. Nenhuma ferramenta pode fornecer uma estimação completa automaticamente a partir do modelo da edificação. Se um fornecedor de software anuncia isso, ele não entende o processo de orçamentação. A figura 14 mostra que um modelo de edificação pode fornecer apenas uma pequena parte da informação necessária para a estimação dos custos (quantidade de materiais e nomes de montagens). Os dados restantes vêm de regras ou de entradas fornecidas por um orçamentista, como custos de mão de obra, de materiais (não permanentes), de trabalho e de equipamentos.

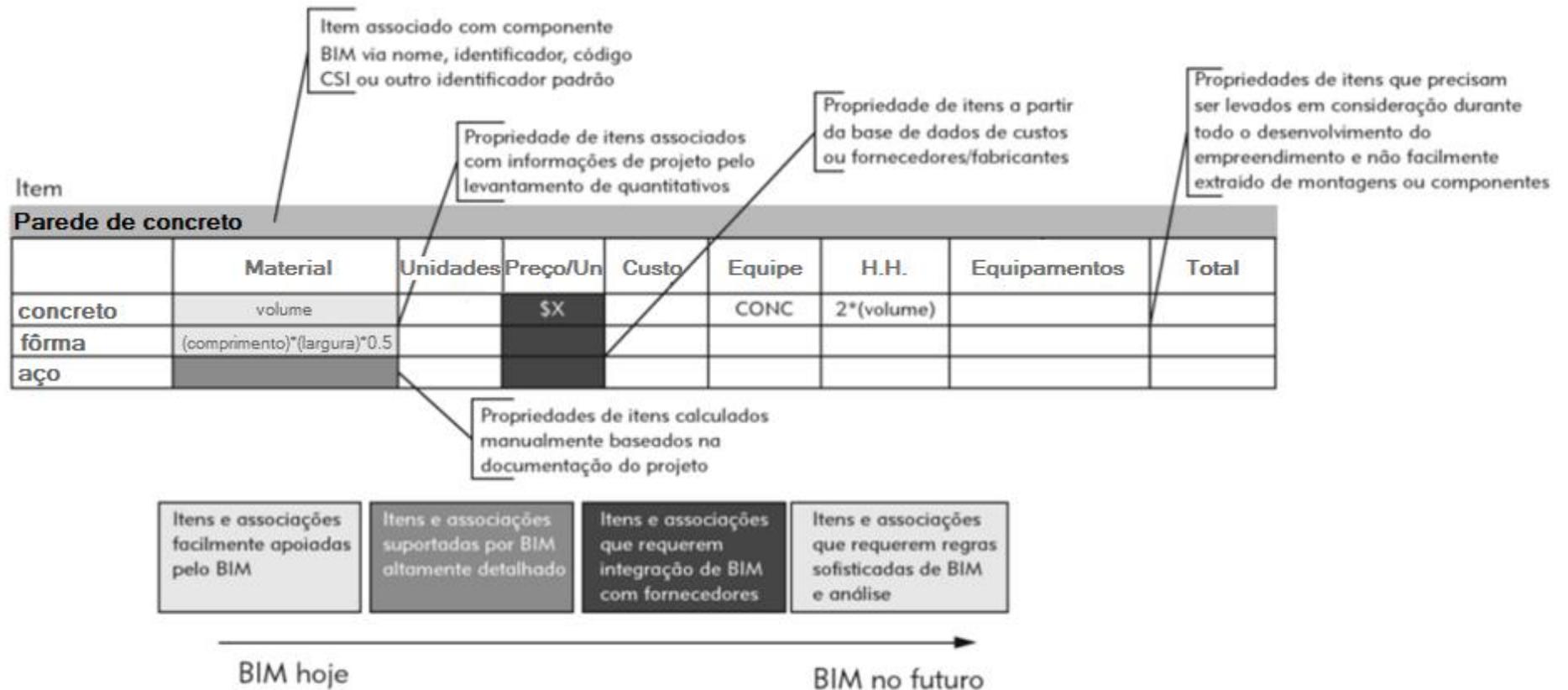


Figura 14 – Exemplo de como as definições de componentes BIM se relacionam com a estimativa de itens de montagens e composições. (Adaptado de Eastman et al., 2011)

3.5 PRINCIPAIS CONCEITOS

Quando se fala sobre BIM, vários conceitos de gestão, informática, e outros processos modernos vêm à tona, pois muitos deles são favorecidos em um ambiente BIM. Nesta seção serão abordados, de forma sucinta, alguns deles.

3.5.1 Múltiplas dimensões

Conforme apresentado, BIM é uma tecnologia associada a um conjunto de processos voltados para a confecção de um modelo que reproduza fielmente todas as características de um produto e simule diversas condições que envolvem a execução e manutenção desse produto. O modelo gerado tem como pressuposto a representação da edificação em três dimensões, largura, altura e profundidade, além da possibilidade de se levar em consideração outros aspectos e informações. Para esses detalhes adicionais, foram criadas múltiplas dimensões, que representam o nível de informação e a forma com que lidamos com elas. Segundo a análise de Calvert (2013), podemos classificar as 7 principais dimensões do BIM como:

- 2D Gráfico – São as duas dimensões do plano, onde estão representadas graficamente as plantas do empreendimento;
- 3D Modelo – Adiciona a dimensão espacial ao plano, onde é possível visualizar os objetos dinamicamente. Um modelo 3D pode ser utilizado na visualização em perspectiva de um empreendimento, na pré-fabricação de peças, em simulações de iluminação. No caso do BIM, cada componente em 3D possui atributos e parametrização que os caracterizam como parte de uma construção virtual de fato, não apenas visualmente representativa;
- 4D Planejamento – Refere-se ao cronograma e à sequência de obra; fases de implantação. Adiciona a dimensão tempo ao modelo, definindo quando cada elemento será comprado, armazenado, preparado, instalado, utilizado. Organiza também a disposição do canteiro de obras, a manutenção e movimentação das equipes, os equipamentos utilizados e outros aspectos que estão cronologicamente relacionados;

- 5D Orçamento – Estimativa de custos; integração de empreiteiros e contratantes. Adiciona a dimensão custo ao modelo, determinando quanto cada parte da obra vai custar, a alocação de recursos a cada fase do projeto e seu impacto no orçamento, o controle de metas da obra de acordo com os custos;
- 6D Sustentabilidade – Refere-se à operação e manutenção durante a vida útil da edificação. Adiciona a dimensão energia ao modelo, quantificando e qualificando a energia utilizada na construção, a energia a ser consumida no seu ciclo de vida e seu custo, em paralelo à quinta dimensão. A energia, neste caso, pode estar diretamente relacionada ao impacto físico do projeto no meio em que este está inserido;
- 7D Gestão de Instalações – Adiciona a dimensão de operação ao modelo, onde o usuário final pode extrair informações de como o empreendimento como um todo funciona, suas particularidades, quais os procedimentos de manutenção em caso de falhas ou defeitos.

Outras dimensões podem também ser consideradas, dependendo do contexto, como a seguir:

- 8D Segurança – A oitava dimensão (8D) no modelo BIM diz respeito a segurança e prevenção de acidentes. Segurança e Prevenção de Acidentes em BIM consiste basicamente em três tarefas: determinar os riscos no modelo, promover sugestões de segurança para perfis de risco alto e propor controle de riscos e de segurança do trabalho na obra para os perfis de riscos incontroláveis através do modelo. Ou seja, o 8D adiciona a dimensão segurança ao modelo, prevendo possíveis riscos no processo construtivo e operacional, adicionando componentes de segurança e indicativos de riscos.

3.5.2 Integrated Project Delivery (IPD)

O IPD é um conceito desenvolvido pela American Institute of Architects (AIA) que busca fornecer uma base para as mudanças contratuais necessárias para a implantação do BIM. O AIA (2007) define IPD como:

O Integrated Project Delivery (IPD) é uma abordagem de entrega do projeto que integra pessoas, sistemas, estruturas e práticas de negócio em um processo que colaborativamente aproveita os talentos e conhecimentos de todos os participantes para otimizar os resultados do projeto, aumentar o valor para o proprietário, reduzir o desperdício, e maximizar a eficiência em todas as fases de projeto, fabricação e construção.

Possui nove princípios, ainda segundo AIA (2007):

- Respeito e confiança mútuos;
- Compartilhamento de benefícios;
- Inovação colaborativa e tomada de decisão;
- Envolvimento antecipado dos participantes chave;
- Definição antecipada dos objetivos;
- Planejamento intensificado;
- Comunicação aberta;
- Tecnologia apropriada;
- Organização e liderança.

Os arranjos convencionais para a contratação de projetos não são compatíveis com o BIM, pois elas não favorecem a colaboração e impõem maiores dificuldades para se coordenar o processo. Dessa forma, é possível afirmar que o IPD é um pré-requisito para implantação do BIM e vice-versa. Manzione (2011), afirma que o sistema funciona nos moldes de uma holding e explica:

“Essa holding constituída pelos projetistas recebe os custos diretos e caso obtenha sucesso em relação às metas previstas do empreendimento, como custo, sustentabilidade, consumo de energia, condições que podem ser efetivamente medidas com o modelo BIM, recebe uma participação nos resultados.” (MANZIONE, 2011)

Dessa forma, a colaboração e a divulgação de boas ideias se tornam essenciais para o sucesso do empreendimento que, por sua vez, se traduzirá em benefícios para os colaboradores. Trabalhando dessa forma, evita-se que, por exemplo, existam pressões voltadas para as soluções de problemas em uma única

modalidade, em detrimento do projeto como um todo. A figura 15 representa o ciclo de projeto em um ambiente BIM, fazendo uso dos conceitos de IPD.

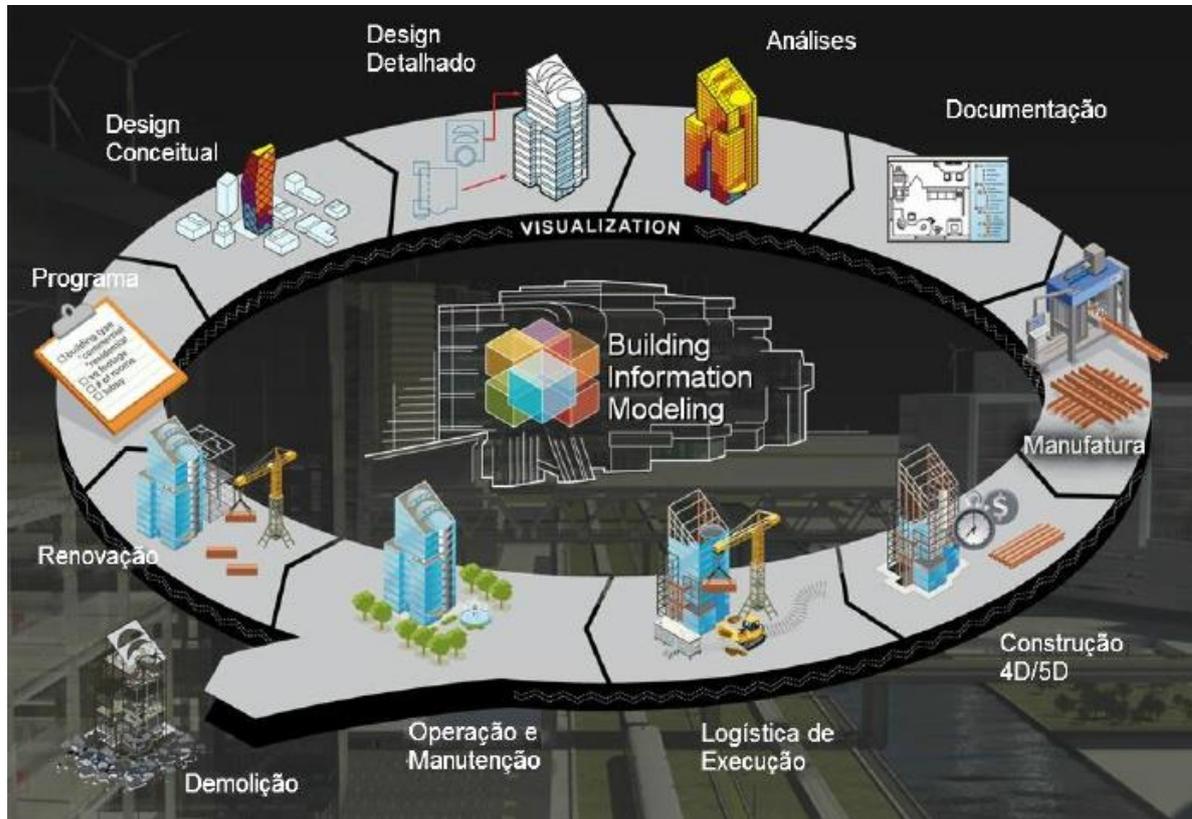


Figura 15 – Ciclo de utilização da plataforma BIM. (Dispenza, 2010)

3.5.3 Nível de Desenvolvimento – LOD (Level of Development)

Segundo Kymmell (2008), um modelo é uma abstração da realidade, sendo que o tipo e o nível de detalhe requerido para um determinado modelo ser útil dependerá da finalidade do modelo e do nível de compreensão das pessoas que utilizarão o modelo. Na maioria dos casos, os modelos são feitos para auxiliar no processo de comunicação e para dar um melhor entendimento de um determinado assunto.

A finalidade do modelo e a fase de desenvolvimento do projeto determinarão as especificações que o modelo deverá seguir. O tipo e a quantidade de informação disponível estão ligados diretamente com a fase de desenvolvimento do projeto e, conseqüentemente, do modelo.

As múltiplas dimensões do BIM permitem que o modelo seja utilizado para diversos propósitos. Dessa forma, se torna necessário a criação de uma “estrutura conceitual” para balizar os propósitos do modelo, permitindo que o agente responsável pelo seu desenvolvimento seja capaz de dar mais precisão, ou não, a certos detalhes que podem ser requeridos.

Existem basicamente cinco níveis de LOD:

- LOD 100: Projeto conceitual

O modelo representa basicamente a geometria da construção, incluindo áreas, volumes, orientação, entre outros aspectos. Esse modelo pode ser utilizado para análises de eficiência energética e de incidência solar.

- LOD 200: Desenvolvimento do projeto

Nesse nível de desenvolvimento, todos os sistemas são modelados com suas dimensões genéricas, locação, aproximação e quantidades aproximadas. Um modelo com esse nível de desenvolvimento pode ser utilizado para estudos de desempenho geral da edificação e para cálculos iniciais.

- LOD 300: Documentação geral da construção

Neste modelo, os elementos da construção são detalhados com maior precisão, com seus tamanhos e localizações reais. É adequado para produção de montagens e de desenhos. Esse modelo permite análises precisas e simulações para cada elemento ou sistema. Também pode ser usado para coordenação de projetos e detecção de incompatibilidades entre os projetos.

- LOD 400: Informações sobre fabricação

Em um modelo com esse nível de desenvolvimento, todos os elementos são modelados com propósitos de fabricação. É adequado para o planejamento e controle da produção.

- LOD 500: Modelo As-Built

Esse nível de desenvolvimento é o equivalente BIM para desenhos de As-Built. Nesses modelos, os elementos são representados com todas as informações técnicas necessárias para manutenção e gerenciamento das instalações.

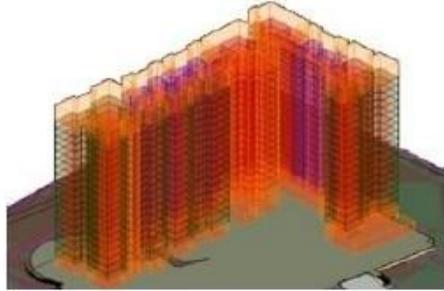
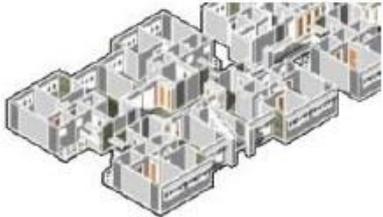
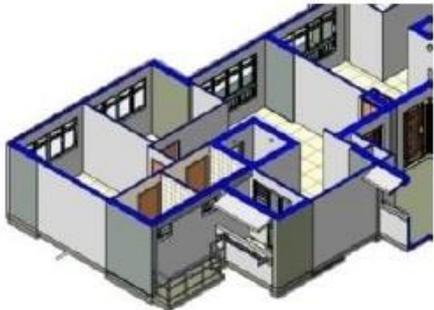
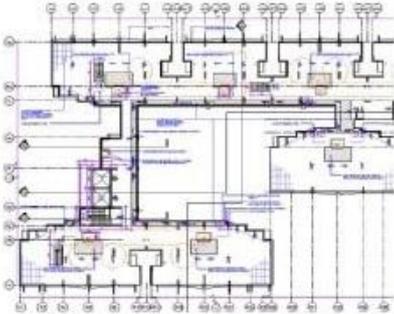
Adotar o nível de detalhe mais adequado para cada situação requer experiência de todo time do projeto. O objetivo do modelo tem que ser claramente entendido para gerar especificações que, quando atendidas, darão origem a um modelo que é realista o suficiente para servir ao seu propósito como uma simulação (KYMMELL, 2008)

As graduações são feitas em escalas de 100 unidades, permitindo que níveis intermediários descrevam a precisão de cada uma dessas graduações.

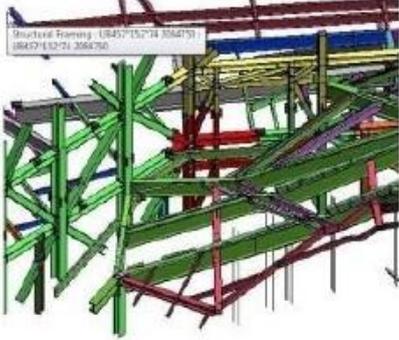
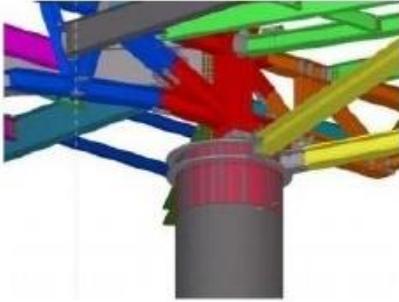
A maneira como um determinado objeto será modelado dependerá das informações que os projetistas buscam desse objeto no modelo. Por exemplo, uma porta pode ser lançada no modelo como um conjunto de peças (folha da porta, aduela, fechadura, etc.) ou cada um dos seus componentes podem ser modelados separadamente. A escolha de uma alternativa ou outra vai depender do que se pretende com a modelagem daquele objeto, se o que se pretende é apenas quantificar as portas, o projetista deverá optar pela primeira alternativa (modelar a porta como um conjunto).

No que tange o processo de orçamentação com BIM, o LOD influi diretamente no grau de detalhamento e precisão do orçamento, pois a quantificação será mais ou menos refinada a depender do grau de detalhamento do modelo. Além disso, um modelo BIM dá suporte a estimativas de custos de um projeto nas diversas fases do seu ciclo de vida. Dessa forma, estimativas mais ou menos detalhadas podem ser obtidas a depender da fase em que se encontra o projeto e do detalhamento do mesmo.

O quadro 4 a seguir representa esse conceito, apresentando indicações dos “produtos entregáveis”, ou *deliverables* em inglês, em cada LOD. Esse quadro foi originalmente apresentado no Singapore BIM Guide, desenvolvido pelo Building Construction Authority (2012) e adaptado por Manzione (2013).

Fase	LOD	Produtos “entregáveis” do BIM	
		Conteúdo do modelo	Ilustração
Conceitual	100	Estudos de massa conceituais com dimensões, áreas, volumes, locação e orientação apenas indicativos.	
Geometria aproximada	200	Visão geral do edifício e de seus sistemas com dimensões, forma, locação, orientação e quantidades aproximadas. Podem ser inseridas propriedades não geométricas nessa fase.	
Geometria precisa	300	Versão mais precisa e detalhada dos componentes e sistemas do edifício, com precisão nas dimensões, forma, locação, orientação e quantidades. Podem ser inseridas propriedades não geométricas nessa fase.	
		Desenhos precisos gerados no LOD 300	

Quadro 4 – LOD x Produtos “entregáveis” do BIM. (Manziona, 2013)

Fase	LOD	Produtos “entregáveis” do BIM	
		Conteúdo do modelo	Ilustração
Execução / fabricação	400	O modelo para fabricação e montagem é apresentado com maior precisão de detalhes que na fase de LOD 300. Porém, se houver necessidade os detalhes podem ser completados em modelos 2D.	
Como foi construído	500	O modelo é detalhado com o mesmo nível de precisão do estágio anterior, mas é atualizado a partir das modificações ocorridas em obra, de forma a retratar o edifício exatamente como foi construído.	
			

Quadro 4 – LOD x Produtos “entregáveis” do BIM. (Manziona, 2013)

4 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi feita, a princípio, uma revisão bibliográfica englobando os principais conceitos de orçamento na construção civil e modelagem de informação da construção (BIM). Para isso, foi utilizada uma bibliografia composta por artigos, monografias, teses, dissertações e livros sobre os temas.

Foram apresentados os motivos que levaram à escolha do tema proposto e as deficiências do processo de orçamentação manual na construção civil, ainda adotado atualmente pela maioria das empresas, o que leva à crescente necessidade de utilização da metodologia e tecnologia BIM nesse setor. Foram apresentados conceitos, aplicações e ferramentas sobre BIM e sobre o orçamento na construção civil, assim como algumas limitações que impedem uma maior aderência ao BIM por parte dos orçamentistas.

Após a revisão bibliográfica, a estratégia de pesquisa adotada para a elaboração deste trabalho foi um estudo de caso, que teve como objetivo aplicar a ferramenta BIM num estudo de caso voltado para a etapa de levantamento de quantitativos de estrutura de uma determinada edificação, comparando-se as diferenças entre o método convencional e o método assistido por software BIM.

A escolha dos softwares mais adequados para determinado projeto é de suma importância para criação do planejamento 5D, sendo importante avaliar a capacidade e abrangência do software, a facilidade de uso e familiaridade do usuário com a ferramenta, a velocidade do processamento de informações, o custo da aquisição e renovação de licenças, a interoperabilidade e compatibilidade entre os softwares adotados, entre outros fatores.

O quadro 5 a seguir sintetiza a metodologia adotada nesse trabalho, seus objetivos, as atividades realizadas e os resultados esperados para cada uma delas:

OBJETIVO GERAL	Analisar a eficiência do uso da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos de obras civis.		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METODOLOGIA		
	ATIVIDADES	FERRAMENTAS	RESULTADOS ESPERADOS
Compreender o processo de orçamentação de obras civis, com foco na etapa de levantamento de quantitativos.	Referencial teórico sobre os diferentes tipos de orçamento na construção civil.	Artigos, monografias, teses, dissertações, livros, etc.	Conhecimentos sobre o levantamento de quantitativos e os diversos tipos de orçamento na construção civil, como são realizados e suas limitações.
Conhecer os principais conceitos, usos e benefícios do BIM no processo de levantamento de quantitativos de obras civis.	Referencial teórico sobre BIM, expondo conceitos, benefícios, aplicações e ferramentas oferecidos pelo BIM.	Artigos, monografias, manuais, teses, dissertações, livros, etc.	Compreensão dos principais conceitos, aplicações e benefícios da tecnologia BIM.
Aplicar a ferramenta BIM para o levantamento de quantitativos do projeto estrutural de uma obra através de um estudo de caso.	Levantamento dos quantitativos do modelo de forma manual.	Projetos fornecidos pela construtora "X", softwares AutoCAD e Microsoft Excel 2013.	Levantamento manual dos quantitativos dos serviços de estrutura (lajes, vigas e pilares).
	Levantamento dos quantitativos do modelo com uso de software BIM.	Softwares Autodesk Revit 2014 e Microsoft Excel.	Levantamento automatizado dos quantitativos dos serviços de estrutura (lajes, vigas e pilares).
Avaliar os resultados obtidos em um estudo de caso de aplicação da ferramenta BIM no processo de levantamento de quantitativos de uma obra.	Avaliar os diferentes métodos de levantamento de quantitativos.	Tabelas extraídas através dos softwares utilizados.	Identificação das vantagens e limitações da aplicação do BIM no levantamento de quantitativos de uma obra, avaliando a precisão e a confiabilidade dos quantitativos obtidos através da ferramenta BIM.

Quadro 5 – Resumo da metodologia adotada no trabalho.

5 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso apresentado a seguir tem como objetivo fundamental demonstrar e analisar a aplicação da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos estrutural de uma obra, avaliando se os quantitativos obtidos com a ferramenta BIM são confiáveis em relação aos quantitativos que foram obtidos através de levantamento manual.

Neste capítulo serão apresentadas as etapas da pesquisa e seu desenvolvimento acerca do modelo desenvolvido, a empresa e o empreendimento em questão bem como sua caracterização e ferramentas que foram aplicadas ao desenvolvimento do trabalho, os softwares utilizados e sua aplicação.

Com base nas informações levantadas na revisão bibliográfica, adotou-se o software que se mostrou mais adequado para realização do trabalho, Autodesk Revit, para a extração dos quantitativos dos materiais.

Para a utilização do Revit, estudou-se o manual que acompanha a instalação e foram feitas as lições e tutoriais fornecidas no site da Autodesk University, bem como a realização de um curso com certificação pela Torch Engenharia.

5.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento estudado trata-se de um empreendimento residencial a ser construído na cidade de Salvador, com uma torre de 13 pavimentos tipo, um playground e 3 subsolos de garagem. O edifício, cuja perspectiva da fachada está reproduzida na figura 16, possui fachada de pastilha e pintura, e área de lazer com piscina.



Figura 16 – Perspectiva de fachada do empreendimento estudado. (Site da Construtora X, 2015)

O pavimento tipo do empreendimento em questão, representado na figura 17, é formado por 5 apartamentos, 4 apartamentos nas quinas da edificação, com 3 quartos cada um, e 1 no centro da parte frontal da edificação, com 2 quartos. A área de elevadores e escadas encontra-se no centro da parte traseira da edificação. O apartamento tipo de esquina possui uma área aproximada de 100 m² e o apartamento tipo central possui uma área aproximada de 80 m².



Figura 17 – Planta baixa do pavimento tipo da edificação estudada.

A empresa responsável pela construção do empreendimento estudado, a qual chamaremos de Construtora X, iniciou suas atividades em 1996, atua no perímetro urbano de Salvador, e possui 23 obras entregues e uma em andamento.

5.2 O MODELO BIM

Ideologicamente, o projeto deve ser concebido desde o princípio com o uso de ferramentas BIM. Nesta simulação, no entanto, ocorreu a transcrição do projeto desde as plantas 2D em AutoCAD, especificações, detalhes e memoriais para o modelo 4D no software Autodesk Revit, o que na prática é comum no Brasil.

Como base para o levantamento de quantitativos, o modelo 3D integrado deste estudo de caso, realizado em Autodesk Revit, foi modelado anteriormente por estudantes da Escola Politécnica da UFBA. Por conta de limitações do modelo, o levantamento limitou-se aos quantitativos de estrutura, sendo eles: concreto, aço e fôrma.

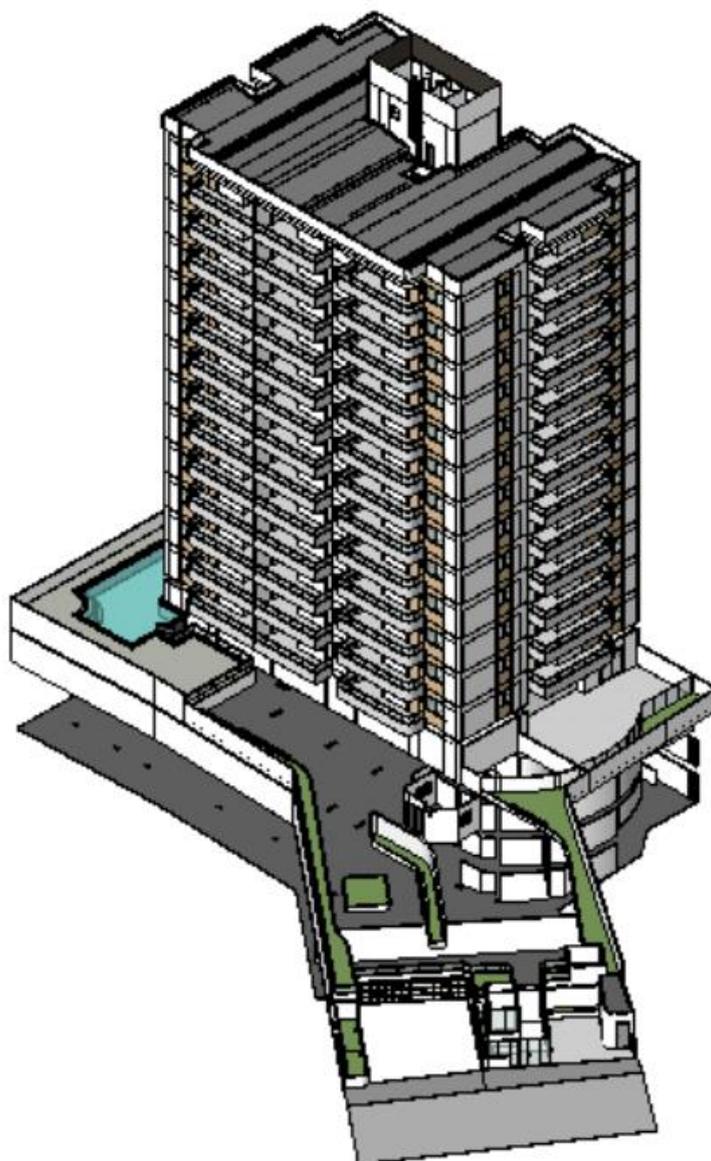


Figura 18 – Vista 3D do edifício estudado.

5.3 VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS NO MODELO ESTRUTURAL

Utilizando o modelo estrutural do edifício no Revit, foi realizada a verificação das interferências do modelo, com a finalidade de verificar a ocorrência de possíveis erros de modelagem no modelo utilizado, tais como sobreposição de elementos duplicados, que resultariam num erro de levantamento de quantitativos.

Na aba Colaborar → Coordenar → Verificação de interferências, a caixa de diálogo “Executar verificação de interferência” é aberta e permite a seleção do

projeto em que se deseja realizar a verificação, assim como a escolha dos itens que devem ser verificados.

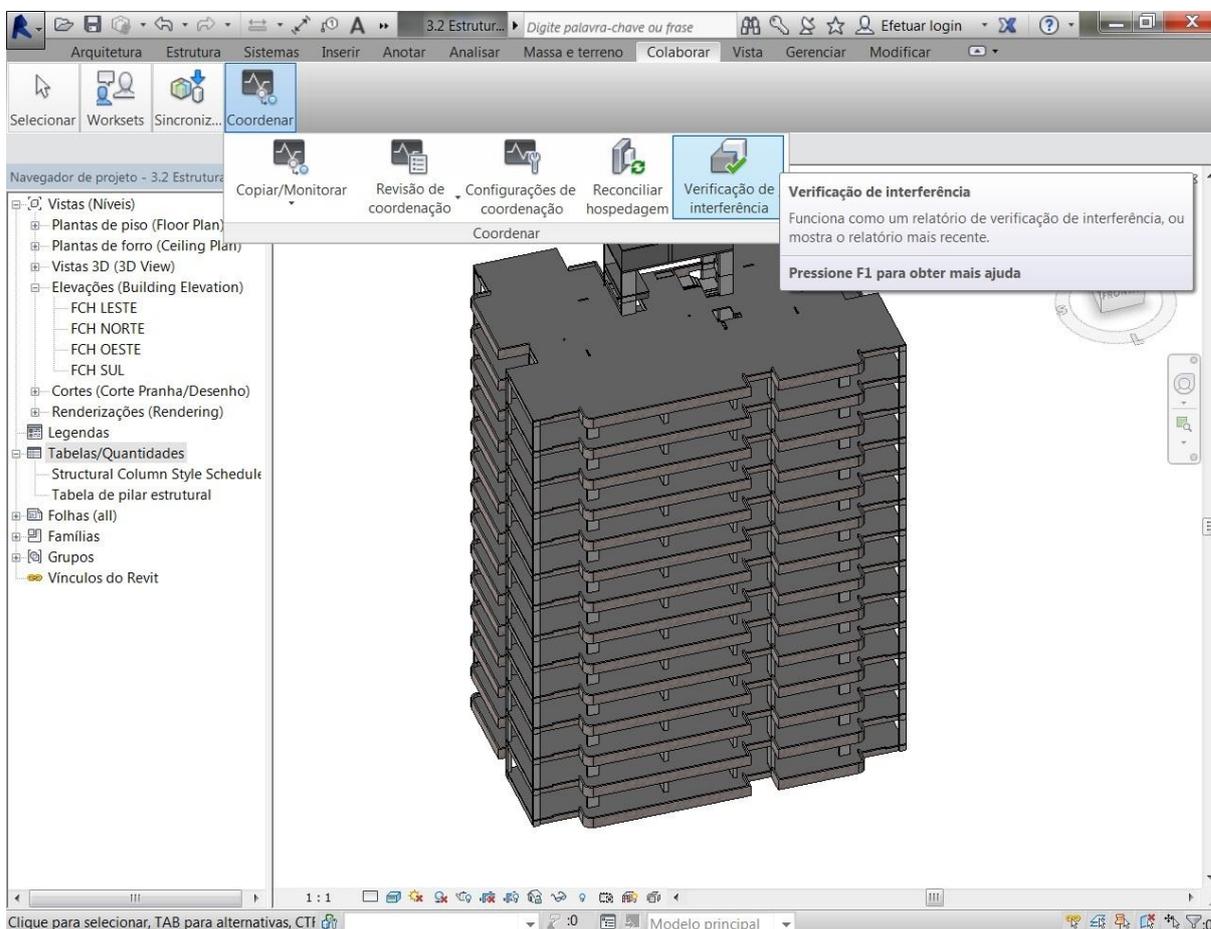


Figura 19 – Verificação de interferências no modelo estrutural.

A fim de verificar a ocorrência de possíveis erros de modelagem no modelo utilizado, tais como sobreposição de elementos duplicados, que resultariam num erro de levantamento de quantitativos, realizaremos a verificação de interferência de todos os elementos do projeto estrutural.

Após a escolha dos elementos a serem verificados no projeto, como demonstra a figura 20, executa-se a verificação das interferências clicando em “OK”. Quanto maior a quantidade de elementos a serem verificados, mais demorada será a análise do programa, o que faz com que devamos selecionar apenas os elementos relevantes à análise que está sendo feita. Não existindo interferências a reportar, uma caixa de diálogo exibirá informações sobre isto. Caso existam interferências no

projeto, a caixa de diálogo “Relatório de interferência” será exibida, relacionando todos os elementos que estejam em conflito no projeto.

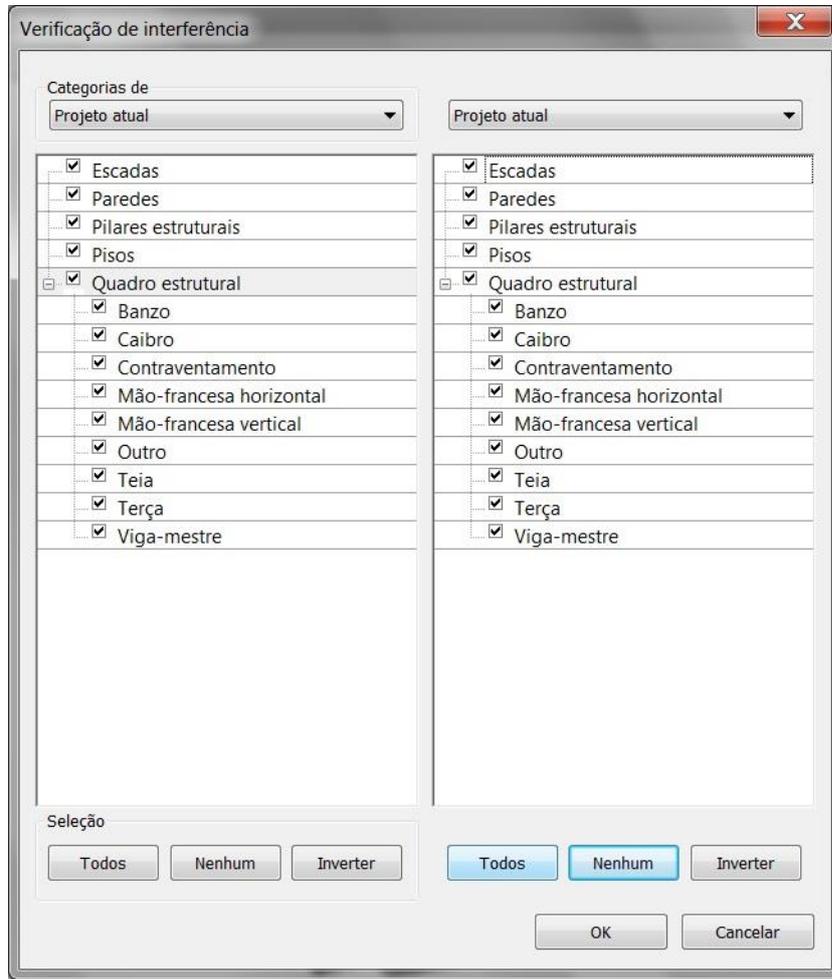


Figura 20 – Janela de verificação de interferência.

Como pode ser visto na figura 21 a seguir, a caixa de diálogo gerada após a verificação de interferências atesta que não há interferências no projeto, ou seja, cada elemento estrutural está representado uma única vez, sem ocorrência de quantidades duplicadas que gerariam um levantamento de quantitativos equivocado.



Figura 21 – Caixa de diálogo de interferência.

5.4 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE CONCRETO ATRAVÉS DO REVIT

Programas CAD tradicionais criam desenhos bidimensionais utilizando entidades geométricas como linhas, retângulos e círculos. A modelagem em BIM difere de desenhos CAD na medida em que, ao utilizar BIM, o usuário elabora um projeto usando componentes ao invés de apenas linhas. O modelo contém propriedades pré-definidas, ou propriedades definidas pelo usuário, o que permite rastrear e apurar quantidades de materiais e qualquer outra informação adicional do modelo, contribuindo para o levantamento do escopo do projeto (EASTMAN ET AL., 2011).

Para a realização do levantamento de quantitativo de concreto realizado através do software Autodesk Revit, foi necessário o desenvolvimento dos modelos, criados previamente à elaboração desse trabalho, com base nos desenhos em plataforma CAD 2D da unidade habitacional, conforme anteriormente descrito.

Com os modelos feitos e a caracterização paramétrica de seus objetos, é possível realizar a elaboração de tabelas de quantitativos de serviços. Basicamente, o software Revit permite a quantificação dos serviços com base em seus componentes criados para representá-los, ou seja, a criação de tabelas baseia-se na quantificação direta do elemento (ou material) escolhido para representar o objeto/componente.

Não foi possível, no entanto, gerar a quantificação dos insumos de cada serviço, pois o Revit não apresenta a capacidade de fornecer ou permitir o cadastro destes e relacioná-los com os serviços. Da mesma forma que na quantificação manual, o engenheiro orçamentista ainda deve se basear em outras referências para chegar à quantificação dos materiais, mão-de-obra e equipamentos incluídos em determinada atividade.

A extração dos quantitativos no Revit foi feita segundo o procedimento abaixo:

a) Na janela “Navegador de projeto”, onde são localizadas as visualizações do modelo, foi escolhida a opção “Tabelas/Quantidades”, clicando-a com o botão direito e a opção “Novo levantamento de material” foi selecionada (Figura 22).

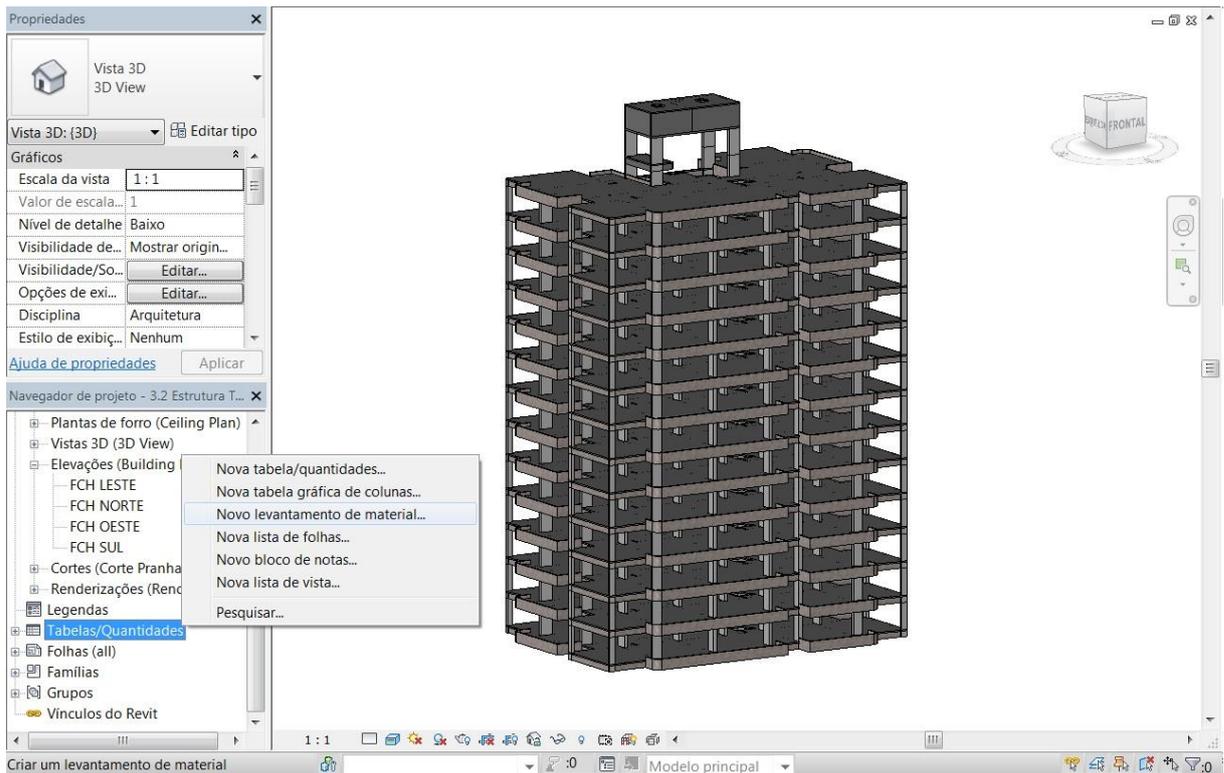


Figura 22 – Criação de novo levantamento de material.

b) Dentro da janela “Novo levantamento de material”, foi escolhida a categoria “Multi-Categorias”, e confirmou-se no OK (Figura 23). Esse tipo de categoria permite que os materiais de qualquer tipo presentes no modelo tenham seus quantitativos extraídos.

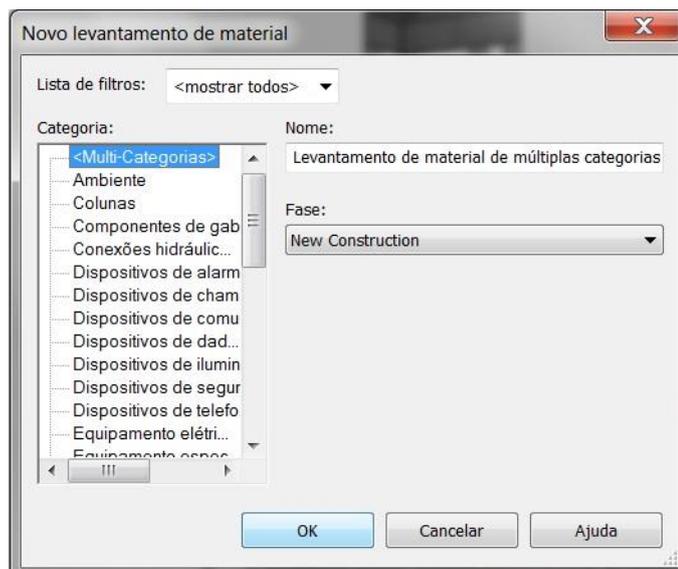


Figura 23 – Janela de novo levantamento de material.

c) Dentre os campos disponíveis, selecionou-se as opções: “Material: Nome”, “Material: Área”, “Material: Volume” e “Tipo”, confirmando-se com “OK” (Figura 24).

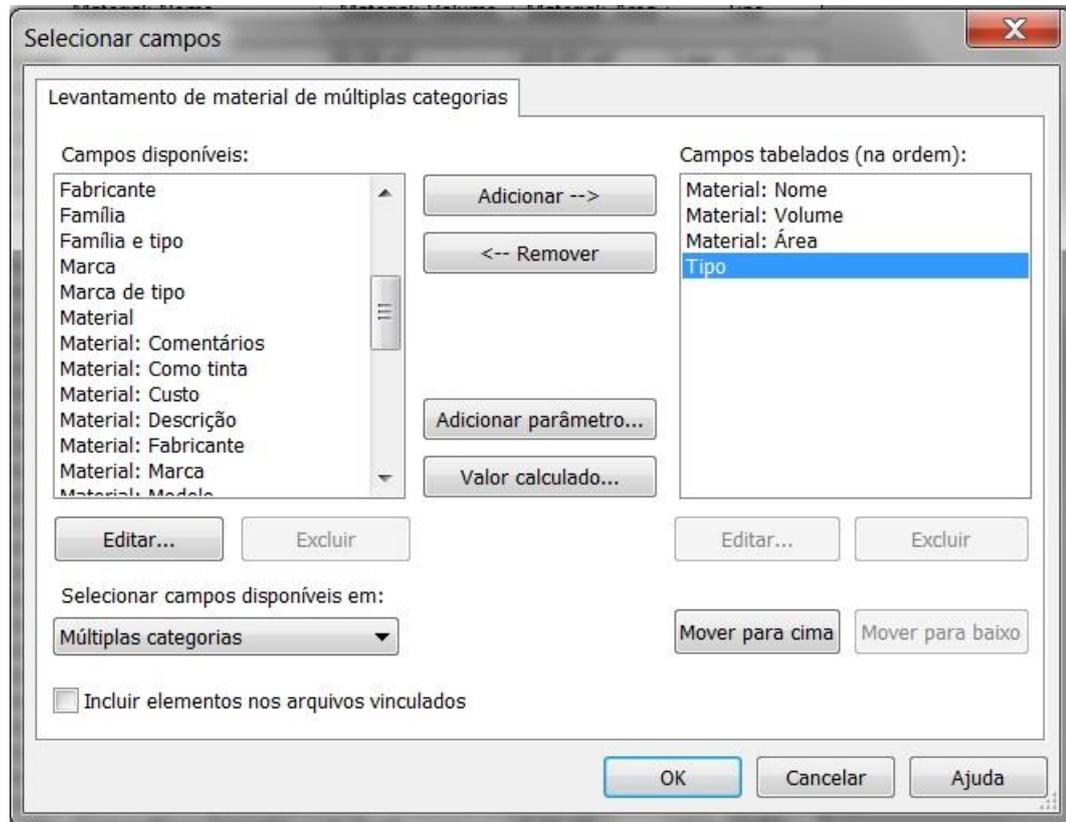


Figura 24 – Seleção de campos para levantamento.

d) Após a seleção, foi gerada a uma tabela com os quantitativos de cada item vinculado ao objeto do modelo. Essa tabela é composta pelos elementos estruturais: Pilares, vigas, lajes e escadas do projeto. A Figura 25 a seguir mostra um trecho da tabela gerada.

<Levantamento de material de múltiplas categorias>			
A	B	C	D
Material: Nome	Material: Volume	Material: Area	Tipo
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	0,00 m³	0,03 m²	Laje - 2cm (Escada)
Concreto	3,52 m³	35,15 m²	Laje - 10cm
Concreto	0,06 m³	0,56 m²	Laje - 10cm
Concreto	0,87 m³	8,69 m²	Laje - 10cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm

Figura 25 – Trecho da tabela de levantamento de material.

e) Uma vez gerada a tabela com os quantitativos, a mesma foi exportada para o Excel, através da opção Exportar → Relatórios → Tabelas.

f) Nesse processo o arquivo de texto é salvo em formato de bloco de notas, sendo então necessário abrir o Excel e importar os dados provenientes do Revit, através da opção Dados → Obter Dados Externos → de Texto, como exemplifica a figura 26.

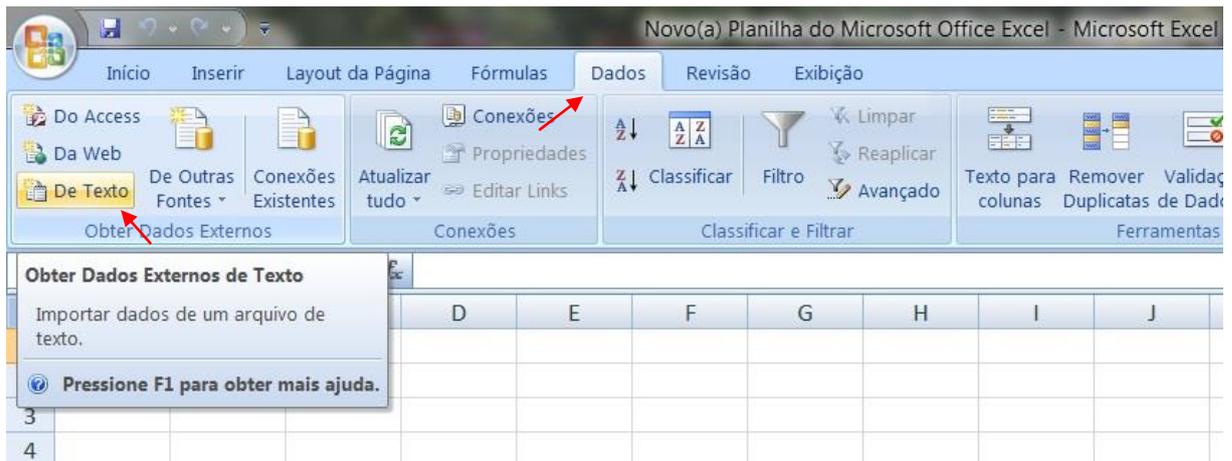


Figura 26 – Exportação dos dados da tabela para o Excel.

5.5 ANÁLISE DO QUANTITATIVO DE PILARES

Com o objetivo de explorar as funcionalidades das tabelas geradas pelo software, foi escolhida uma categoria de elementos (pilares) para fazer um levantamento de quantitativos mais refinado.

a) Na janela “Navegador de projeto” foi selecionada novamente a opção “Tabelas/Quantidades”, clicando-a com o botão direito, escolhendo agora a opção “Nova tabela/quantidades” (Figura 27).

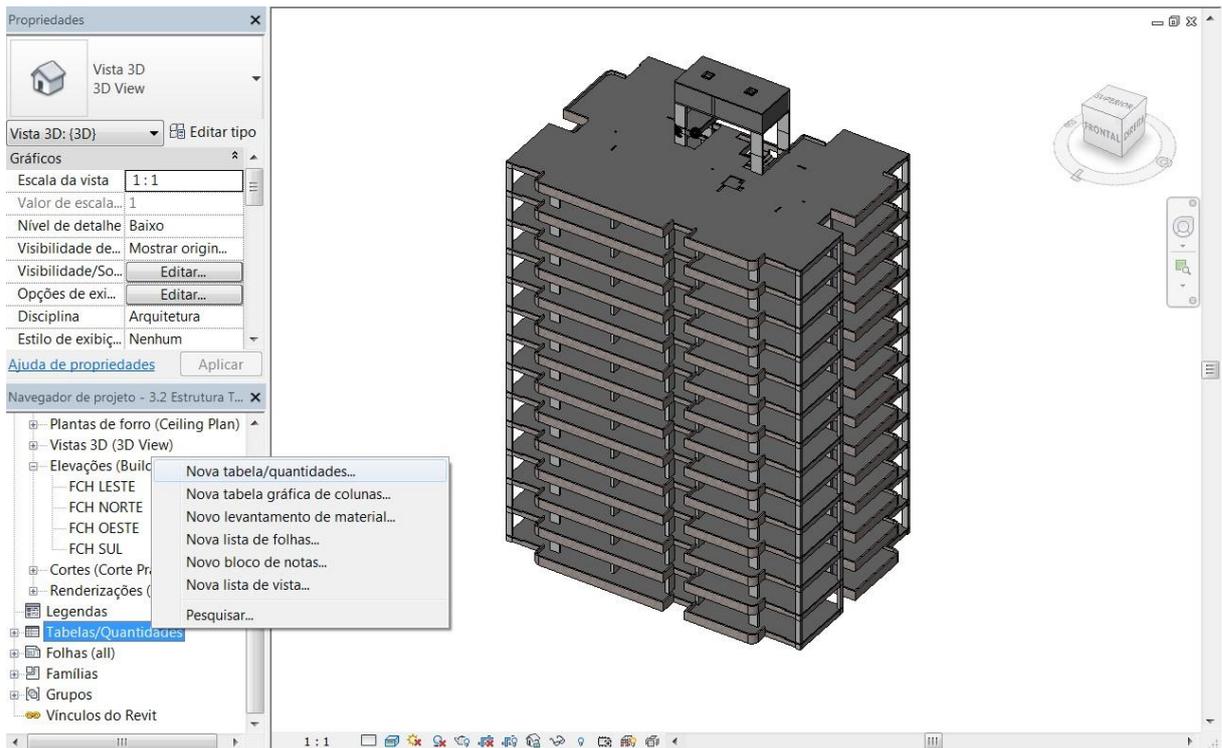


Figura 27 – Criação da tabela de levantamento de pilares.

b) Dentro da janela “Nova tabela/quantidades”, foi escolhida a categoria “Pilares estruturais”, e confirmou-se no OK (Figura 28). Com essa escolha, serão relacionados na tabela apenas os elementos de pilares.

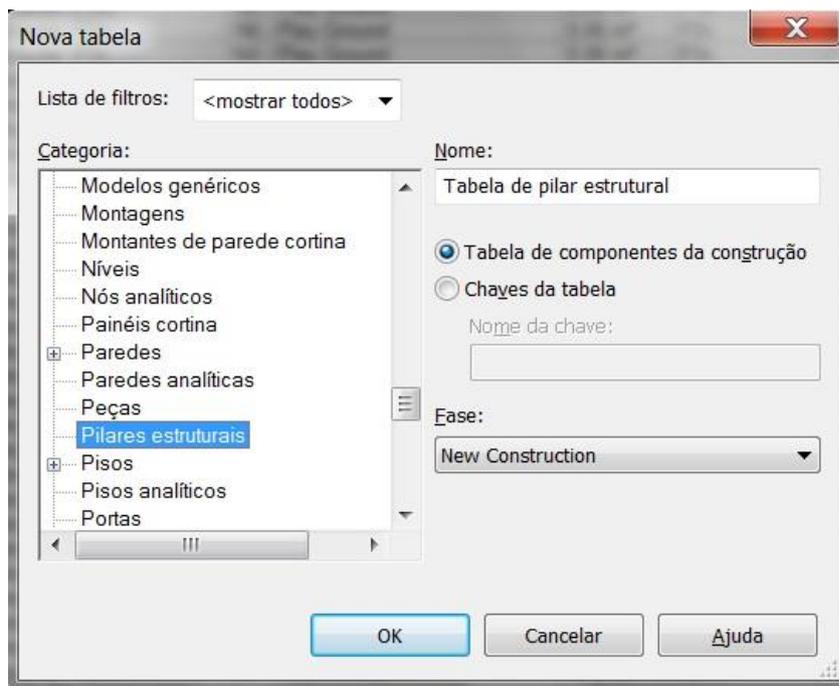


Figura 28 – Seleção da categoria dos elementos.

c) Dentre os campos disponíveis, selecionou-se as opções: “Contador”, “Família e tipo”, “Nível base”, “Volume” e “Altura”, confirmando-se com “OK” (Figura 29).

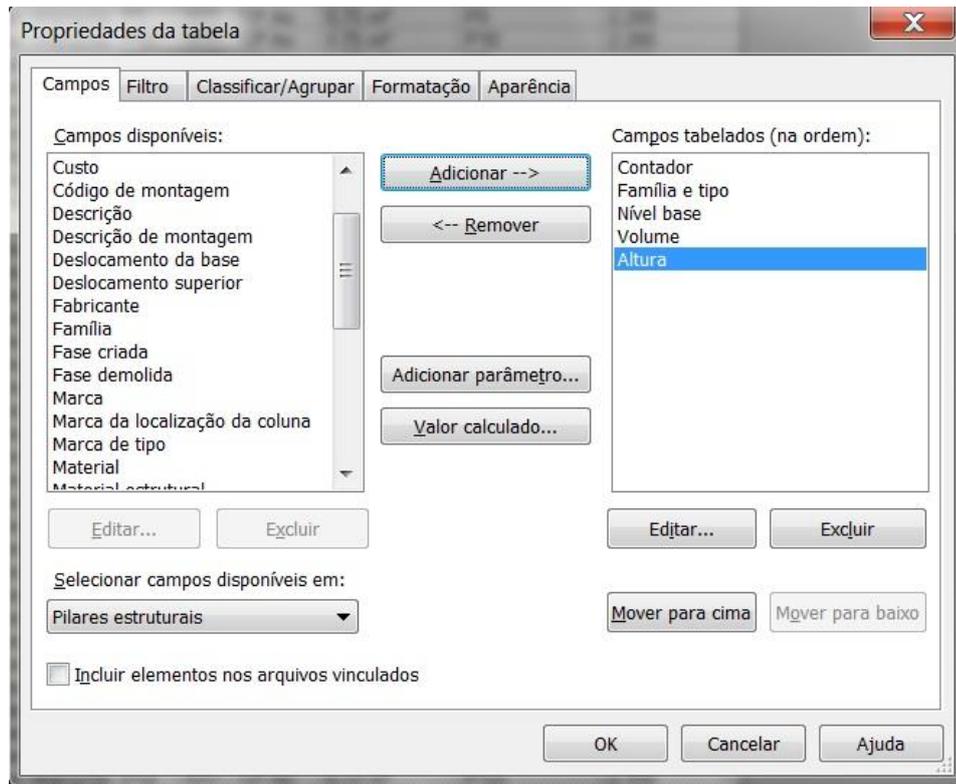


Figura 29 – Propriedades da tabela de levantamento de pilares.

d) Após a seleção, foi gerada a uma tabela com os quantitativos referentes aos pilares. A Figura 30 a seguir mostra uma parte da tabela gerada.

<Tabela de pilar estrutural>				
A	B	C	D	E
Qtd	Família e tipo	Nível base	Volume	Altura
1	Pilar retangular: P1c	N4 - Play Ground	0,06 m³	0,490
1	Pilar retangular: P2c	N4 - Play Ground	0,06 m³	0,490
1	Pilar retangular: P3c	N4 - Play Ground	0,06 m³	0,490
1	Pilar retangular: P4c	N4 - Play Ground	0,06 m³	0,490
1	Pilar retangular: P5c	N4 - Play Ground	0,16 m³	0,490
1	Pilar retangular: P6c	N4 - Play Ground	0,10 m³	0,490
1	Pilar retangular: P7c	N4 - Play Ground	0,13 m³	0,490
1	Pilar retangular: P8c	N4 - Play Ground	0,13 m³	0,490
1	Pilar retangular: P9c	N4 - Play Ground	0,10 m³	0,490
1	Pilar retangular: P10c	N4 - Play Ground	0,16 m³	0,490
1	Pilar retangular: P11c	N4 - Play Ground	0,13 m³	0,490
1	Pilar retangular: P12c	N4 - Play Ground	0,13 m³	0,490
1	Pilar retangular: P14c	N4 - Play Ground	0,13 m³	0,490
1	Pilar retangular: P15c	N4 - Play Ground	0,06 m³	0,490
1	Pilar retangular: P16c	N4 - Play Ground	0,12 m³	0,490
1	Pilar retangular: P17c	N4 - Play Ground	0,10 m³	0,490
1	Pilar retangular: P18c	N4 - Play Ground	0,10 m³	0,490
1	Pilar retangular: P19c	N4 - Play Ground	0,10 m³	0,490
1	Pilar retangular: P20c	N4 - Play Ground	0,12 m³	0,490
1	Pilar retangular: P13c	N4 - Play Ground	0,13 m³	0,490
1	Pilar retangular: P21c	N4 - Play Ground	0,06 m³	0,490
1	Pilar retangular: P28c	N4 - Play Ground	0,06 m³	0,490
1	Pilar retangular: P22c	N4 - Play Ground	0,06 m³	0,490
1	Pilar retangular: P23c	N4 - Play Ground	0,10 m³	0,490
1	Pilar retangular: P24c	N4 - Play Ground	0,15 m³	0,490
1	Pilar retangular: P25c	N4 - Play Ground	0,12 m³	0,490
1	Pilar retangular: P26c	N4 - Play Ground	0,12 m³	0,490
1	Pilar retangular: P27c	N4 - Play Ground	0,10 m³	0,490
N4 - Play Ground: 28				
1	Pilar retangular: P1	N5 - 1º Andar	0,29 m³	2,280
1	Pilar retangular: P2	N5 - 1º Andar	0,29 m³	2,280
1	Pilar retangular: P3	N5 - 1º Andar	0,29 m³	2,280
1	Pilar retangular: P4	N5 - 1º Andar	0,29 m³	2,280
1	Pilar retangular: P6	N5 - 1º Andar	0,48 m³	2,280
1	Pilar retangular: P9	N5 - 1º Andar	0,48 m³	2,280
1	Pilar retangular: P5	N5 - 1º Andar	0,75 m³	2,280
1	Pilar retangular: P10	N5 - 1º Andar	0,75 m³	2,280
1	Pilar retangular: P7	N5 - 1º Andar	0,60 m³	2,280
1	Pilar retangular: P8	N5 - 1º Andar	0,60 m³	2,280
1	Pilar retangular: P12	N5 - 1º Andar	0,60 m³	2,280
1	Pilar retangular: P11	N5 - 1º Andar	0,60 m³	2,280
1	Pilar retangular: P15	N5 - 1º Andar	0,29 m³	2,280
1	Pilar retangular: P21	N5 - 1º Andar	0,29 m³	2,280

Figura 30 – Trecho da tabela de levantamento de pilares.

5.6 CRIAÇÃO DE NOVOS PARÂMETROS

Conforme a figura acima, podemos ver que os pilares modelados possuem duas alturas diferentes: 0,49 metro e 2,28 metro. O modelo foi concebido dessa forma por que se adotou, para efeito de modelagem, a premissa de que o fck do concreto que compõe os pilares, vigas e lajes era igual. Com isso, cada pilar foi subdividido em dois elementos, a fim de dividir também as etapas de concretagem, concretando primeiramente os trechos de pilar com altura de 2,28 metro, e posteriormente os trechos de altura 0,49 metro, juntamente com as vigas e lajes, como mostra a figura 31 abaixo. Essa foi uma decisão tomada previamente à elaboração deste trabalho.

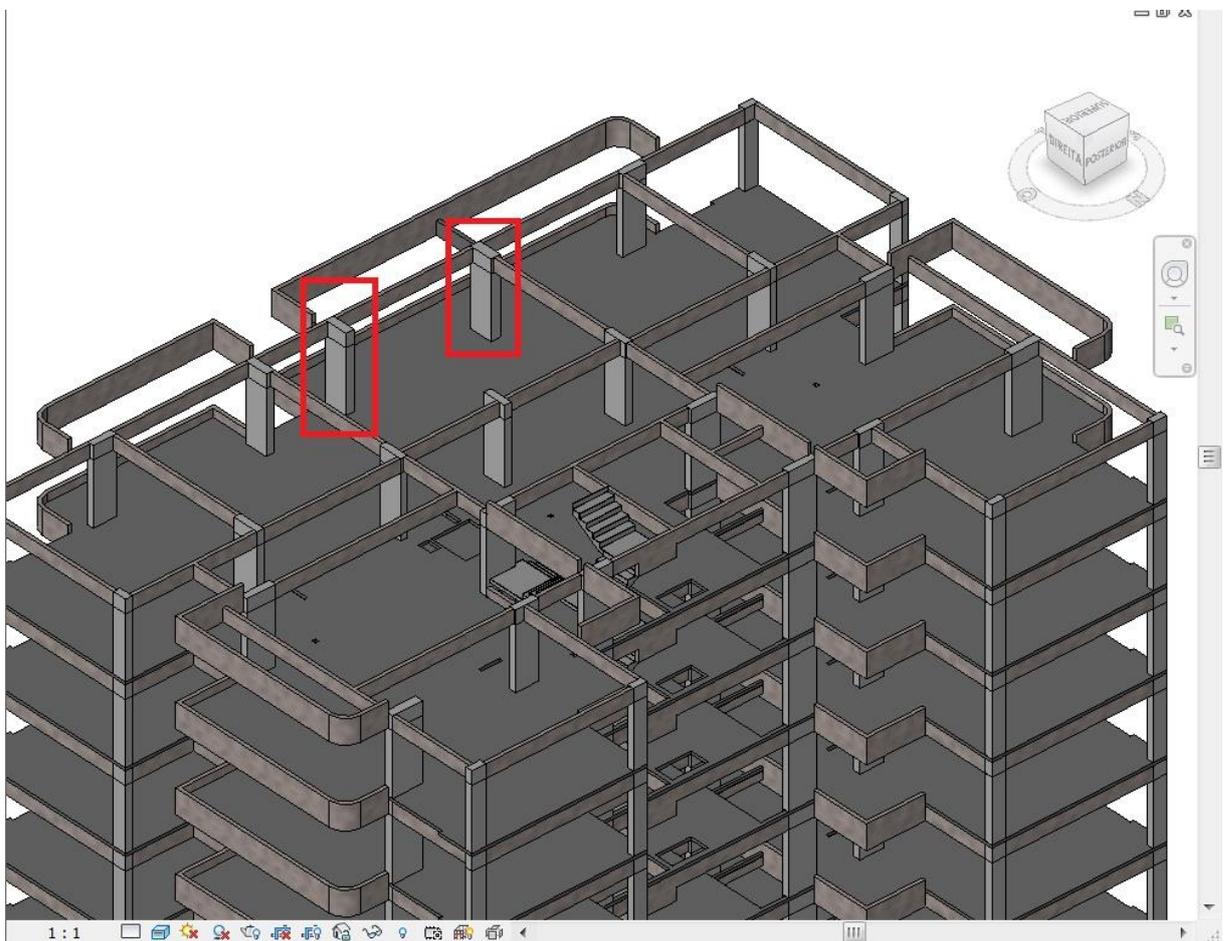


Figura 31 – Subdivisão da altura dos pilares.

Com a finalidade de refinar a organização e qualificação dos quantitativos de pilares, foi criado um novo parâmetro, chamado aqui de “NomePilar”, a fim de unificar cada pilar e seu respectivo complemento sob um único parâmetro.

No Revit, existem quatro tipos de parâmetros que podem ser criados:

Parâmetros do Sistema - System Parameters: são parâmetros que não podem ser alterados, mas estão sempre disponíveis. Isso significa que eles aparecem em tags, tabelas, projetos e famílias.

Parâmetros de projeto - Project Parameters: são parâmetros personalizados que pode-se adicionar a um projeto. Ao adicionar um parâmetro de projeto, ele fica automaticamente disponível para todos os objetos da categoria especificada ao longo do projeto e pode aparecer em tabelas, mas não em tags.

Parâmetros da família - Family Parameters: estão disponíveis apenas para a família na qual são adicionados. Esses parâmetros não aparecem em tags ou tabelas, nem em outras famílias da mesma categoria. No entanto, pode-se criar um parâmetro personalizado (projeto ou família) disponível para as etiquetas e tabelas, tornando-o um parâmetro compartilhado (Shared Parameter).

Parâmetros compartilhados - Shared Parameters: são parâmetros definidos em um arquivo de texto externo (um arquivo compartilhado de parâmetro). Todos os parâmetros compartilhados serão criados a partir deste arquivo de fonte única.

Para criar um novo parâmetro, selecionamos a aba Gerenciar → Configurações → Parâmetros do projeto. Uma caixa de texto é aberta (Figura 32), relacionando os parâmetros já estabelecidos no modelo, e selecionamos a opção “Adicionar”.

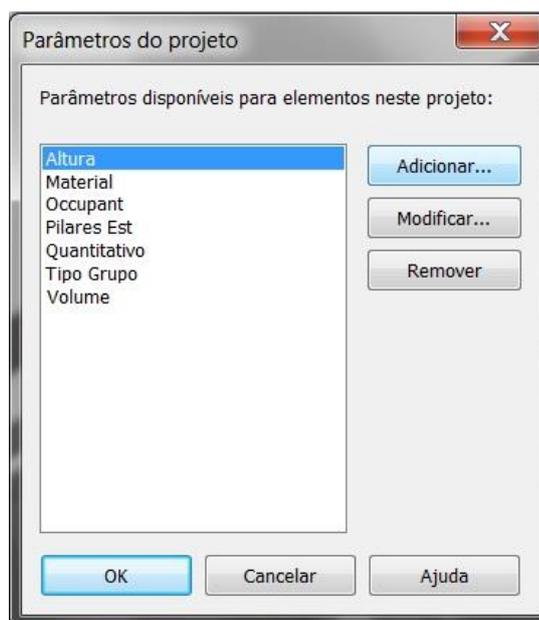


Figura 32 – Janela de parâmetros do projeto.

A caixa de texto “Propriedades de parâmetros” será aberta, e serão definidas as especificações do novo parâmetro que será criado, como mostra a figura 33. Como estamos criando um parâmetro que será utilizado numa tabela, selecionamos a opção de “Parâmetros compartilhados”, o que significa que esse parâmetro poderá ser replicado em Tags e Tabelas no arquivo do modelo do projeto.

Em seguida, definimos o nome do novo parâmetro, e o tipo ao qual ele corresponde. Como o “NomePilar” é um parâmetro que diz respeito a uma nomeação diferenciada dos pilares, selecionamos o tipo “Texto”. Também convém selecionar a qual categoria de elemento desejamos adicionar esse novo parâmetro, para que ele não seja adicionado em elementos com os quais não se relaciona, como vigas ou lajes. Assim, selecionamos a categoria “Pilares estruturais”.

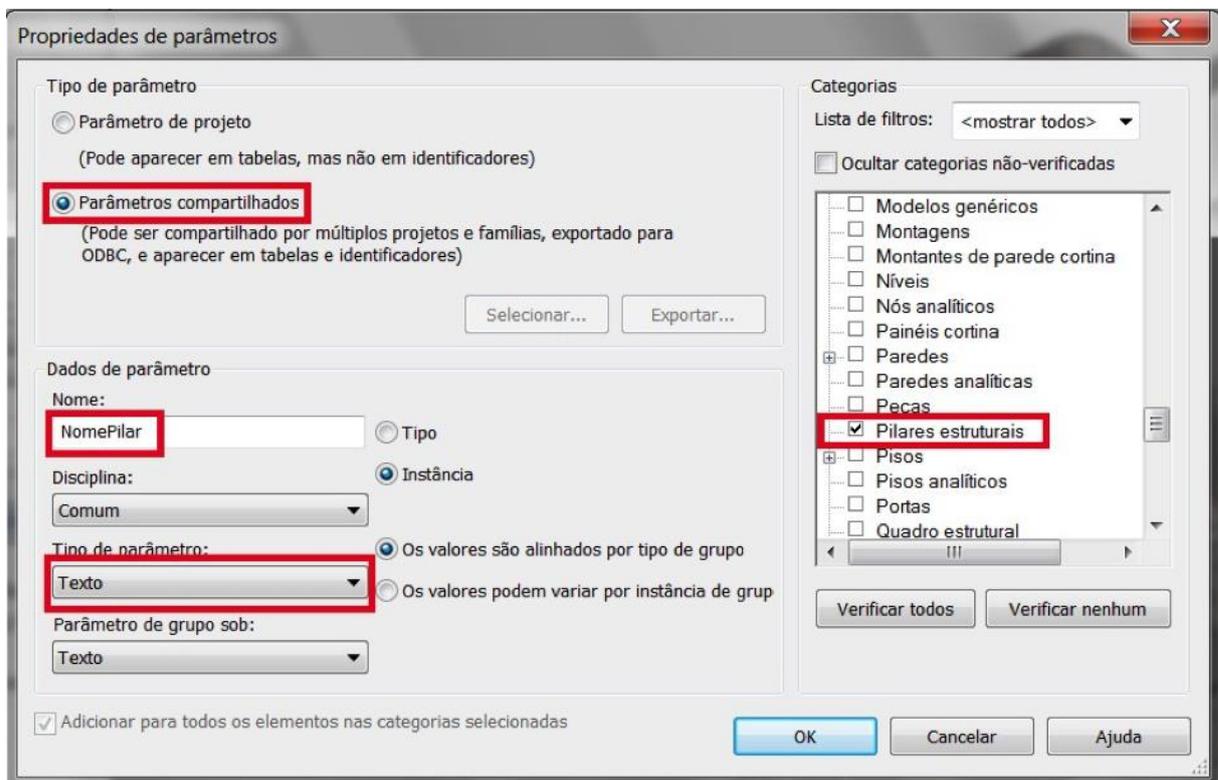


Figura 33 – Janela de propriedades de parâmetros.

Ao clicarmos em “OK”, o novo parâmetro já será automaticamente criado, e poderá ser visto nas Propriedades do elemento, juntamente com os outros parâmetros já estabelecidos.

Com o parâmetro “NomePilar” criado, selecionamos cada pilar e seu respectivo complemento, e colocamos ambos os elementos sob a mesma categoria de “NomePilar”, como mostra a figura 34 a seguir.

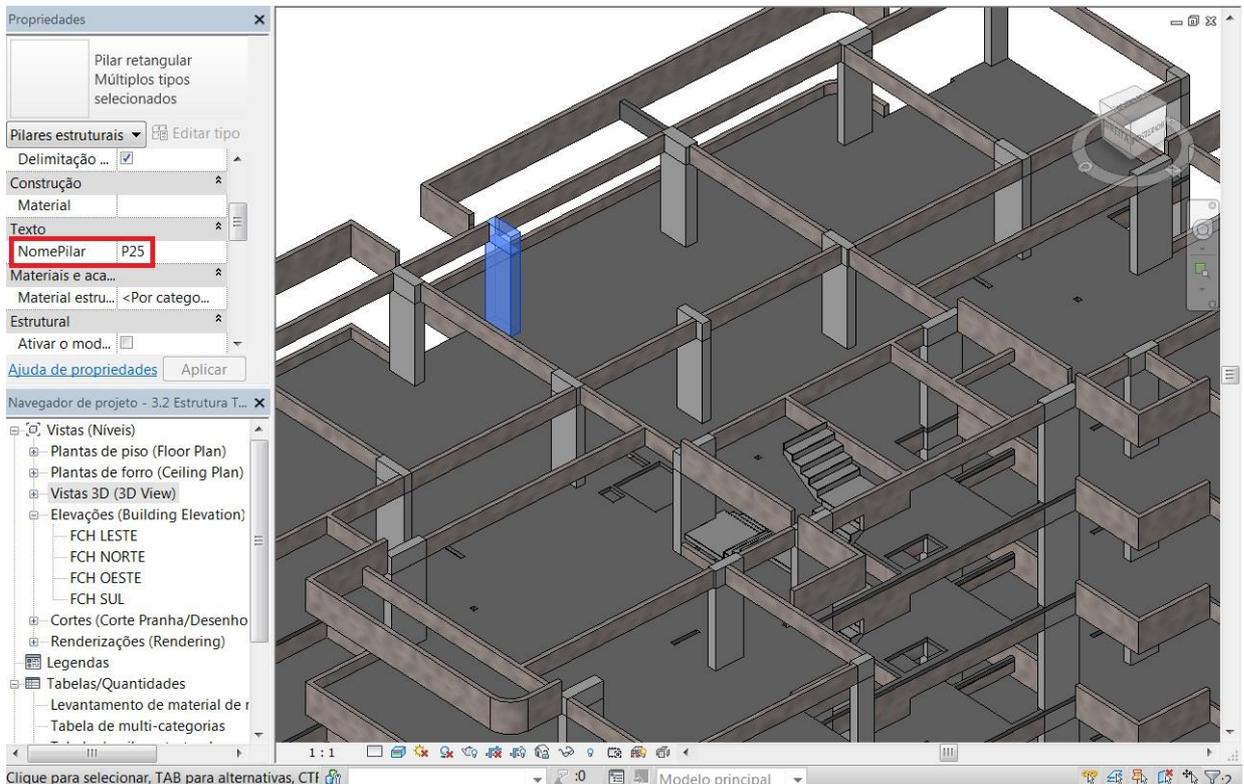


Figura 34 – Novo parâmetro “NomePilar” criado.

Retornando à tabela de pilar estrutural criada anteriormente, e clicando com o botão direito sobre a mesma, selecionamos a opção “Inserir coluna”. A janela de “Propriedades da tabela” será aberta, e com isso adicionaremos dois novos campos à tabela existente: “Tipo” e “NomePilar”, como exemplifica a figura 35.

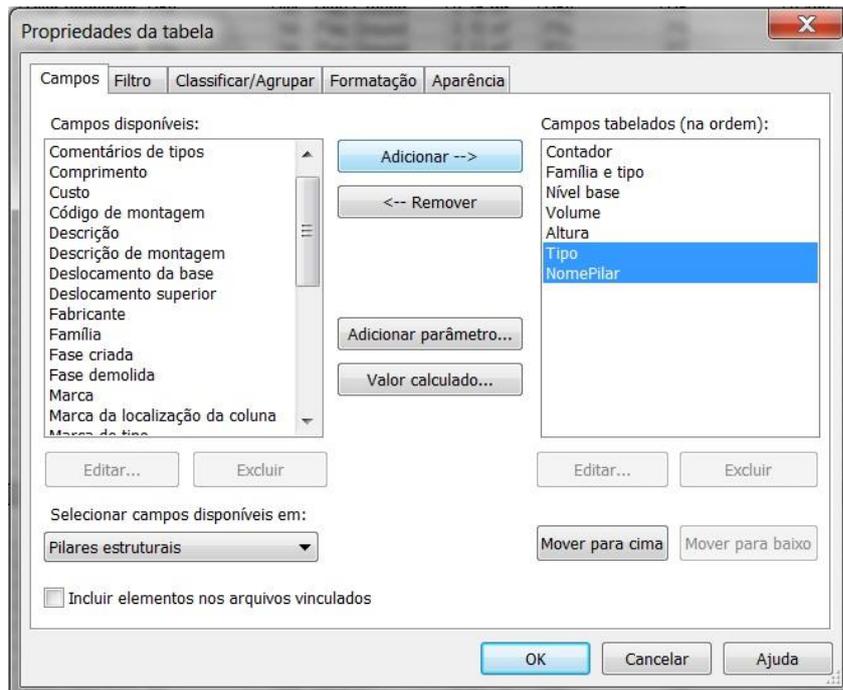


Figura 35 – Janela de propriedades da tabela.

Para que a tabela forneça o total de determinadas colunas, é preciso selecionar a aba “Formatação”, e em seguida definir para quais campos queremos calcular o somatório de valores. Selecionaremos os campos “Volume” e “Comprimento”, e então marcamos a caixa “Calcular totais”, como mostra a figura 36.

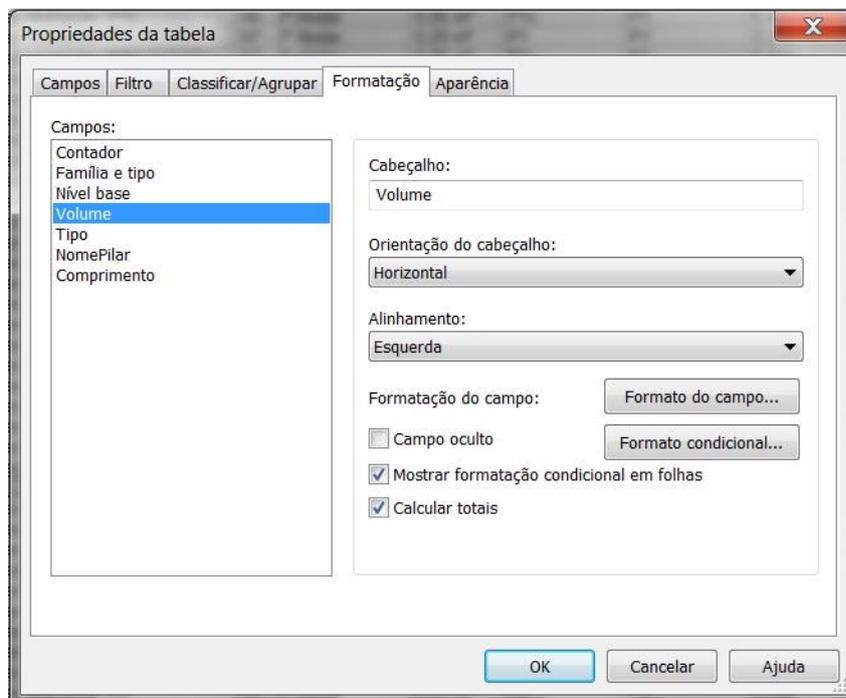


Figura 36 – Aba de formatação de propriedades da tabela.

Ainda na caixa de texto de “Propriedades da tabela”, é possível ajustarmos a forma de classificação dos itens dispostos na tabela. Selecionando a aba “Classificar/Agrupar”, definimos o primeiro critério de classificação como sendo “Nível base” e o segundo como sendo “NomePilar”, como demonstra a figura 37 a seguir.

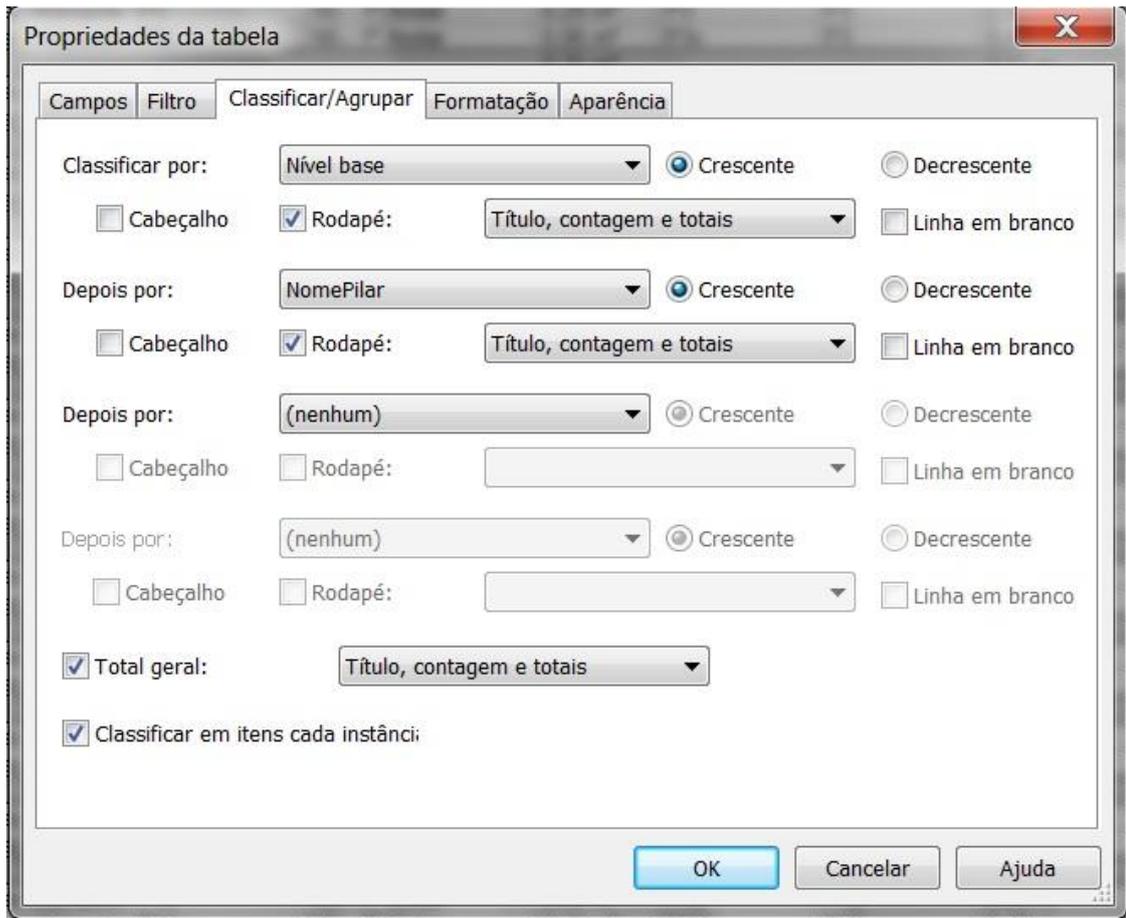


Figura 37 – Aba de classificar/agrupar propriedades da tabela

Com essa definição, os elementos na tabela sofrem uma nova reorganização, na qual os elementos na tabela passam a ser organizados primeiramente por ordem crescente de “Nível base”, e então por ordem crescente de “NomePilar”. Com isso, tanto os elementos correspondente ao pilar (altura de 2,28 m) como os correspondentes ao complemento do pilar (altura de 0,49 m) passam a ser classificados conjuntamente, resultando num total de volume e altura equivalente ao pilar por inteiro. Na figura 38 podemos ver uma parte da tabela gerada com essa

configuração, na qual é possível vermos os totais de volume e altura de cada pilar do 1º pavimento tipo.

<Tabela de pilar estrutural>						
A	B	C	D	E	F	G
Qtd	Família e tipo	Nível base	Volume	Tipo	NomePilar	Altura
1	Pilar retangular: P1	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P1	P1	2,28 m
1	Pilar retangular: P1c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P1c	P1	0,49 m
2			0,35 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P2	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P2	P2	2,28 m
1	Pilar retangular: P2c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P2c	P2	0,49 m
2			0,35 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P3	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P3	P3	2,28 m
1	Pilar retangular: P3c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P3c	P3	0,49 m
2			0,35 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P4	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P4	P4	2,28 m
1	Pilar retangular: P4c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P4c	P4	0,49 m
2			0,35 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P5	N5 - 1º Andar	0,75 m³	P5	P5	2,28 m
1	Pilar retangular: P5c	N5 - 1º Andar	0,16 m³	P5c	P5	0,49 m
2			0,91 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P6	N5 - 1º Andar	0,48 m³	P6	P6	2,28 m
1	Pilar retangular: P6c	N5 - 1º Andar	0,10 m³	P6c	P6	0,49 m
2			0,59 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P7	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P7	P7	2,28 m
1	Pilar retangular: P7c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P7c	P7	0,49 m
2			0,73 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P8	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P8	P8	2,28 m
1	Pilar retangular: P8c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P8c	P8	0,49 m
2			0,73 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P9	N5 - 1º Andar	0,48 m³	P9	P9	2,28 m
1	Pilar retangular: P9c	N5 - 1º Andar	0,10 m³	P9c	P9	0,49 m
2			0,59 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P10	N5 - 1º Andar	0,75 m³	P10	P10	2,28 m
1	Pilar retangular: P10c	N5 - 1º Andar	0,16 m³	P10c	P10	0,49 m
2			0,91 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P11	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P11	P11	2,28 m
1	Pilar retangular: P11c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P11c	P11	0,49 m
2			0,73 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P12	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P12	P12	2,28 m
1	Pilar retangular: P12c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P12c	P12	0,49 m
2			0,73 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P13	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P13	P13	2,28 m
1	Pilar retangular: P13c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P13c	P13	0,49 m
2			0,73 m³			2,77 m
1	Pilar retangular: P14	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P14	P14	2,28 m
1	Pilar retangular: P14c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P14c	P14	0,49 m
2			0,73 m³			2,77 m

Figura 38 - Trecho da tabela de levantamento de pilares agrupados por pilar.

Outra forma de organizar essa tabela seria definir o primeiro critério de classificação como sendo “Nível base” e o segundo como sendo “Altura”, com o objetivo de agruparmos os pilares que serão concretados numa primeira leva, daqueles que serão concretados juntamente com as vigas e lajes, por serem

“complementos” dos pilares. Com isso, a informação do total de volume de concreto passa a ser dividida por fase de concretagem, como mostra a figura 39.

<Tabela de pilar estrutural>						
A	B	C	D	E	F	G
Qtd	Familia e tipo	Nível base	Volume	Tipo	NomePilar	Altura
1	Pilar retangular: P1c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P1c	P1	0,49 m
1	Pilar retangular: P2c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P2c	P2	0,49 m
1	Pilar retangular: P3c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P3c	P3	0,49 m
1	Pilar retangular: P4c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P4c	P4	0,49 m
1	Pilar retangular: P5c	N5 - 1º Andar	0,16 m³	P5c	P5	0,49 m
1	Pilar retangular: P6c	N5 - 1º Andar	0,10 m³	P6c	P6	0,49 m
1	Pilar retangular: P7c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P7c	P7	0,49 m
1	Pilar retangular: P8c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P8c	P8	0,49 m
1	Pilar retangular: P9c	N5 - 1º Andar	0,10 m³	P9c	P9	0,49 m
1	Pilar retangular: P10c	N5 - 1º Andar	0,16 m³	P10c	P10	0,49 m
1	Pilar retangular: P11c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P11c	P11	0,49 m
1	Pilar retangular: P12c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P12c	P12	0,49 m
1	Pilar retangular: P13c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P13c	P13	0,49 m
1	Pilar retangular: P14c	N5 - 1º Andar	0,13 m³	P14c	P14	0,49 m
1	Pilar retangular: P15c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P15c	P15	0,49 m
1	Pilar retangular: P16c	N5 - 1º Andar	0,12 m³	P16c	P16	0,49 m
1	Pilar retangular: P17c	N5 - 1º Andar	0,10 m³	P17c	P17	0,49 m
1	Pilar retangular: P18c	N5 - 1º Andar	0,10 m³	P18c	P18	0,49 m
1	Pilar retangular: P19c	N5 - 1º Andar	0,10 m³	P19c	P19	0,49 m
1	Pilar retangular: P20c	N5 - 1º Andar	0,12 m³	P20c	P20	0,49 m
1	Pilar retangular: P21c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P21c	P21	0,49 m
1	Pilar retangular: P22c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P22c	P22	0,49 m
1	Pilar retangular: P23c	N5 - 1º Andar	0,10 m³	P23c	P23	0,49 m
1	Pilar retangular: P24c	N5 - 1º Andar	0,15 m³	P24c	P24	0,49 m
1	Pilar retangular: P25c	N5 - 1º Andar	0,12 m³	P25c	P25	0,49 m
1	Pilar retangular: P26c	N5 - 1º Andar	0,12 m³	P26c	P26	0,49 m
1	Pilar retangular: P27c	N5 - 1º Andar	0,10 m³	P27c	P27	0,49 m
1	Pilar retangular: P28c	N5 - 1º Andar	0,06 m³	P28c	P28	0,49 m
28			2,94 m³			13,72 m
1	Pilar retangular: P1	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P1	P1	2,28 m
1	Pilar retangular: P2	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P2	P2	2,28 m
1	Pilar retangular: P3	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P3	P3	2,28 m
1	Pilar retangular: P4	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P4	P4	2,28 m
1	Pilar retangular: P5	N5 - 1º Andar	0,75 m³	P5	P5	2,28 m
1	Pilar retangular: P6	N5 - 1º Andar	0,48 m³	P6	P6	2,28 m
1	Pilar retangular: P7	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P7	P7	2,28 m
1	Pilar retangular: P8	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P8	P8	2,28 m
1	Pilar retangular: P9	N5 - 1º Andar	0,48 m³	P9	P9	2,28 m
1	Pilar retangular: P10	N5 - 1º Andar	0,75 m³	P10	P10	2,28 m
1	Pilar retangular: P11	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P11	P11	2,28 m
1	Pilar retangular: P12	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P12	P12	2,28 m
1	Pilar retangular: P13	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P13	P13	2,28 m
1	Pilar retangular: P14	N5 - 1º Andar	0,60 m³	P14	P14	2,28 m
1	Pilar retangular: P15	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P15	P15	2,28 m
1	Pilar retangular: P16	N5 - 1º Andar	0,54 m³	P16	P16	2,28 m
1	Pilar retangular: P17	N5 - 1º Andar	0,48 m³	P17	P17	2,28 m
1	Pilar retangular: P18	N5 - 1º Andar	0,48 m³	P18	P18	2,28 m
1	Pilar retangular: P19	N5 - 1º Andar	0,48 m³	P19	P19	2,28 m
1	Pilar retangular: P20	N5 - 1º Andar	0,54 m³	P20	P20	2,28 m
1	Pilar retangular: P21	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P21	P21	2,28 m
1	Pilar retangular: P22	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P22	P22	2,28 m
1	Pilar retangular: P23	N5 - 1º Andar	0,48 m³	P23	P23	2,28 m
1	Pilar retangular: P24	N5 - 1º Andar	0,68 m³	P24	P24	2,28 m
1	Pilar retangular: P25	N5 - 1º Andar	0,58 m³	P25	P25	2,28 m
1	Pilar retangular: P26	N5 - 1º Andar	0,58 m³	P26	P26	2,28 m
1	Pilar retangular: P27	N5 - 1º Andar	0,48 m³	P27	P27	2,28 m
1	Pilar retangular: P28	N5 - 1º Andar	0,29 m³	P28	P28	2,28 m
28			13,69 m³			63,84 m

Figura 39 - Trecho da tabela de levantamento de pilares agrupados por fase de concretagem.

Conforme abordado anteriormente, do modo como foi pensada a execução da obra durante a concepção do modelo BIM, a concretagem de cada pavimento seria dividida em duas etapas, adotando-se a premissa de que todos os elementos estruturais da edificação seriam feitos de concreto com um mesmo fck. Num primeiro momento, seriam concretados então os pilares até certa altura (2,28 m) e o complemento final dos pilares (0,49 m) seria concretado juntamente com as vigas e as lajes. Assim sendo, na primeira etapa de concretagem teríamos um volume de 13,69 m³ de concreto, correspondente ao volume de concreto dos pilares de um pavimento tipo até a altura de 2,28 metros, e numa segunda etapa de concretagem teríamos um volume de 72,32m³, correspondente ao volume de concreto dos complementos dos pilares, juntamente com as vigas e as lajes de um pavimento, conforme mostra a tabela 1 abaixo.

FASE 1 - Concretagem dos pilares de um pavimento tipo		
Elemento	Volume de Concreto	Unidade
Pilares (h = 2,28m)	13,69	m ³
TOTAL	13,69	m³
FASE 2 - Concretagem de complemento dos pilares + vigas + laje de um pavimento tipo		
Elemento	Volume de Concreto	Unidade
Pilares (h = 0,49m)	2,94	m ³
Vigas	18,8	m ³
Lajes	50,58	m ³
TOTAL	72,32	m³

Tabela 1 – Quantitativos de volume de concreto por fase de concretagem.

5.7 LEVANTAMENTO MANUAL DE QUANTITATIVOS DE CONCRETO

Com a finalidade de compararmos e analisarmos os quantitativos obtidos através do Revit, foi também realizado de forma manual o levantamento de quantitativos de estrutura (Pilares, vigas, lajes e escadas), com base em plantas 2D de AutoCAD fornecidas pela Construtora X. Devido às limitações do modelo estrutural adotado, o levantamento de quantitativos foi realizado levando-se em consideração apenas a torre (13 pavimentos tipo), excluindo-se áreas comuns, playground e garagens do empreendimento.

Em um recente estudo sobre cálculo de índices de perdas na construção civil realizado pelo Departamento de Construção e Estrutura da Faculdade Politécnica da UFBA, foi estabelecido que o levantamento de quantitativos estruturais deve ser feito levando-se em conta as seguintes considerações:

- Pilares: altura de base à base do pilar subsequente (sem descontar espessura da laje).

- Vigas: comprimento considerado de face a face entre os pilares, e altura da viga considerada sem descontar altura da laje.

- Lajes: área contida entre as faces das vigas em torno.

No projeto estrutural fornecido pela construtora X, pudemos observar que os critérios adotados para o levantamento de quantitativos foram os mesmos descritos acima. Esses são os critérios tradicionalmente utilizados na prática, uma vez que elementos de pilar, viga e lajes costumam ser feitos com concretos de diferentes fck. Logo, não faz sentido termos altura laje passando entre pilares, ou altura de laje descontada da altura da viga.

Entretanto, como podemos notar na figura 40, o critério utilizado para conceber o modelo estrutural durante o processo de modelagem no Revit diverge dessas considerações. No software, o modelo foi projetado como tendo as lajes compreendidas entre os pilares e também sobre as vigas, pensando prioritariamente na sequência de execução e adotando que todos os elementos teriam o mesmo concreto, com o mesmo fck.

As considerações adotadas seguem descritas abaixo:

- Pilares: altura compreendida entre o topo e a base da laje subsequente ($h = 2,77$ m).

- Vigas: espessura da laje descontada da altura total da viga.

- Lajes: área da laje cobrindo todo o perímetro do pavimento tipo ($h = 0,11$ m).

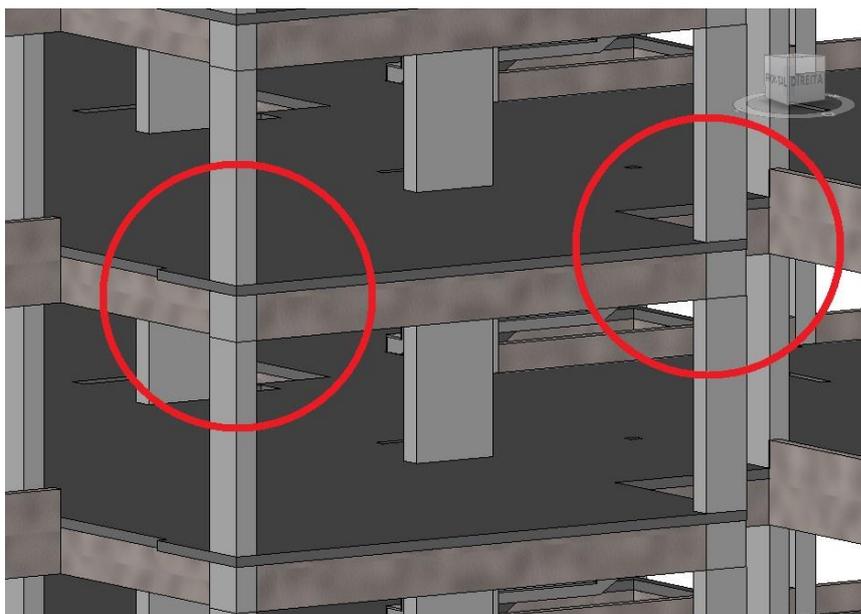


Figura 40 – Laje compreendida entre pilares.

Assim sendo, a fim de verificarmos a confiabilidade do levantamento de quantitativos extraído do software, foi adotado para o levantamento manual o mesmo critério de levantamento utilizado na elaboração do modelo.

Com o uso do software AutoCAD, o levantamento manual foi realizado diretamente do arquivo em plataforma 2D. Os valores foram registrados em uma planilha, onde foram indicados a relação dos elementos estruturais e o quantitativo total de material levantado para cada um. O que se verificou, nos trabalhos de levantamento de quantitativos feitos de forma manual, foi o uso extensivo de plantas (ou arquivos de desenho CAD) e uso de planilhas para manter uma memória do levantamento, almejando a preparação destes dados para a possível utilização de um software de orçamento.

Os quantitativos obtidos através do levantamento manual estão representados nas tabelas 2, 3, 4 e 5:

ESCADAS				
Escadas	Qty.	Área (m)	Largura (m)	Volume (m³)
e1	13	0,47	1,28	7,821
e2	13	0,31	1,28	5,158
e3	13	0,47	1,28	7,821
e4	13	0,31	1,28	5,158
Volume Total (m³)				25,958

Tabela 2 – Levantamento quantitativo manual de concreto de escadas.

LAJES					
Laje	Qty.	Área (m²)	Altura (m)	Desconto Vãos (m²)	Volume (m³)
L1	14	488,60	0,11	23,31	716,547
TOTAL					716,547

Tabela 3 – Levantamento quantitativo manual de concreto de lajes.

PILARES					
Pilar	Qtd.	Altura (m)	a (m)	b (m)	Volume (m³)
P1	1	0,49	0,50	0,25	0,061
P2	1	0,49	0,50	0,25	0,061
P3	1	0,49	0,50	0,25	0,061
P4	1	0,49	0,50	0,25	0,061
P5	1	0,49	1,10	0,30	0,162
P6	1	0,49	0,85	0,25	0,104
P7	1	0,49	1,05	0,25	0,129
P8	1	0,49	1,05	0,25	0,129
P9	1	0,49	0,85	0,25	0,104
P10	1	0,49	1,10	0,30	0,162
P11	1	0,49	1,05	0,25	0,129
P12	1	0,49	1,05	0,25	0,129
P13	1	0,49	1,05	0,25	0,129
P14	1	0,49	1,05	0,25	0,129
P15	1	0,49	0,50	0,25	0,061
P16	1	0,49	0,25	0,95	0,116
P17	1	0,49	0,25	0,85	0,104
P18	1	0,49	0,25	0,85	0,104
P19	1	0,49	0,25	0,85	0,104
P20	1	0,49	0,25	0,95	0,116
P21	1	0,49	0,50	0,25	0,061
P22	1	0,49	0,50	0,25	0,061
P23	1	0,49	0,25	0,85	0,104
P24	1	0,49	0,35	0,85	0,146
P25	1	0,49	0,30	0,85	0,125
P26	1	0,49	0,30	0,85	0,125
P27	1	0,49	0,85	0,25	0,104
P28	1	0,49	0,50	0,25	0,061
P1	13	2,77	0,50	0,25	4,501
P2	13	2,77	0,50	0,25	4,501
P3	13	2,77	0,50	0,25	4,501
P4	13	2,77	0,50	0,25	4,501
P5	13	2,77	1,10	0,30	11,883
P6	13	2,77	0,85	0,25	7,652
P7	13	2,77	1,05	0,25	9,453
P8	13	2,77	1,05	0,25	9,453
P9	13	2,77	0,85	0,25	7,652
P10	13	2,77	1,10	0,30	11,883
P11	13	2,77	1,05	0,25	9,453
P12	13	2,77	1,05	0,25	9,453
P13	13	2,77	1,05	0,25	9,453
P14	13	2,77	1,05	0,25	9,453
P15	13	2,77	0,50	0,25	4,501
P16	13	2,77	0,25	0,95	8,552
P17	13	2,77	0,25	0,85	7,652
P18	13	2,77	0,25	0,85	7,652
P19	13	2,77	0,25	0,85	7,652
P20	13	2,77	0,25	0,95	8,552
P21	13	2,77	0,50	0,25	4,501
P22	13	2,77	0,50	0,25	4,501
P23	13	2,77	0,25	0,85	7,652
P24	13	2,77	0,35	0,85	10,713
P25	13	2,77	0,30	0,85	9,183
P26	13	2,77	0,30	0,85	9,183
P27	13	2,77	0,85	0,25	7,652
P28	13	2,77	0,50	0,25	4,501
P7	1	4,15	1,05	0,25	1,089
P8	1	4,15	1,05	0,25	1,089
P11	1	4,15	1,05	0,25	1,089
P12	1	4,15	1,05	0,25	1,089
Volume Total (m³)					223,540

Tabela 4 – Levantamento quantitativo manual de concreto de pilares.

VIGAS					
Viga	Qtd.	Comprimento (m)	Base (m)	Altura (m)	Volume (m³)
V1	14	5,18	0,13	0,78	7,354
V2	14	5,18	0,13	0,78	7,354
V3	14	4,06	0,13	0,78	5,764
V4	14	4,06	0,13	0,78	5,764
V5	14	4,20	0,13	0,78	5,962
V5.	14	1,28	0,13	1,05	2,446
V6	14	4,89	0,13	0,78	6,942
V6.	14	1,60	0,13	0,50	1,456
V7	14	4,89	0,13	0,78	6,942
V7.	14	1,60	0,13	0,50	1,456
V8	14	1,80	0,09	0,40	0,907
V9	14	6,40	0,13	0,78	9,085
V10	14	2,25	0,13	0,78	3,194
V11	14	6,61	0,13	0,65	7,820
V12	14	6,61	0,13	0,65	7,820
V13	14	2,25	0,13	0,78	3,194
V14	14	4,60	0,13	0,78	6,530
V14.	14	5,03	0,13	0,65	5,950
V15	14	4,14	0,13	0,65	4,898
V16	14	8,52	0,13	0,65	10,079
V16.	14	4,60	0,13	0,78	6,530
V17	14	6,22	0,13	0,78	8,830
V17.	14	2,51	0,13	0,73	3,335
V18	14	6,03	0,13	0,78	8,560
V19	14	5,54	0,13	0,78	7,865
V20	14	6,43	0,13	0,78	9,128
V21	14	2,67	0,13	0,73	3,547
V21.	14	7,17	0,13	0,78	10,179
V22	14	1,93	0,13	0,78	2,740
V23	14	13,70	0,13	0,78	19,449
V24	14	5,07	0,13	0,78	7,197
V25	14	4,65	0,13	0,78	6,601
V26	14	6,07	0,13	0,78	8,617
V26.	14	3,28	0,13	0,65	3,880
V27	14	3,72	0,13	0,78	5,281
V28	14	3,96	0,13	0,65	4,685
V29	14	3,96	0,13	0,65	4,685
V30	14	1,50	0,13	0,78	2,129
V31	14	6,07	0,13	0,78	8,617
V31.	14	3,28	0,13	0,65	3,880
V32	14	3,72	0,13	0,78	5,281
V33	14	4,65	0,13	0,78	6,601
V34	14	5,07	0,13	0,78	7,197
V35	14	1,93	0,13	0,78	2,740
V36	14	2,67	0,13	0,73	3,547
V36.	14	7,17	0,13	0,78	10,179
V37	14	5,54	0,13	0,78	7,865
V38	14	9,42	0,13	0,78	13,373
TOTAL					282,195

Tabela 5 – Levantamento quantitativo manual de concreto de vigas.

5.8. PRECISÃO E CONFIABILIDADE DOS QUANTITATIVOS ESTRUTURAIS EXTRAÍDOS DO MODELO BIM

A partir de agora será feita uma análise dos resultados obtidos, avaliando a precisão e a confiabilidade dos quantitativos gerados através do software Revit, em comparação com os quantitativos levantados manualmente, com base em plantas do software AutoCAD.

A tabela 6 a seguir apresenta os quantitativos estruturais extraídos do modelo BIM lado a lado com os quantitativos levantados manualmente, e a diferença relativa do segundo (manual) para o primeiro (BIM):

Quantitativos de Concreto					
	und.	QTDE BIM	QTDE Lev. Manual	Diferença	Diferença (%)
Pilares	m ³	223,33	223,54	0,00094	0,09%
Vigas	m ³	263,28	282,20	0,07184	7,18%
Lajes	m ³	708,10	716,55	0,01193	1,19%
Escadas	m ³	25,74	25,96	0,00848	0,85%
TOTAL	m ³	1.220,45	1.248,24	0,02277	2,28%

Tabela 6 – Quantitativos de concreto do modelo BIM, do levantamento manual e diferenças relativas.

A fórmula adotada para o cálculo da diferença é dada por:

$$E(\%) = \frac{(\text{valor teórico} - \text{valor medido})}{\text{valor medido}} \times 100$$

Na qual o valor teórico é representado pelo valor obtido através do levantamento manual e o valor medido é representado pelo valor dado pelo software.

Através de uma análise da tabela 6, podemos observar que a maioria dos quantitativos estruturais extraídos do modelo BIM pouco diferem em relação aos quantitativos levantados manualmente. Nos quesitos Pilares, Lajes e Escadas a diferença é da ordem de 1%, não constituindo assim nenhuma representatividade para qualquer circunstância. No quesito vigas, podemos observar certa discrepância entre os resultados obtidos, que pode ser atribuída a erros presentes na modelo.

Para tentar encontrar a origem dessas discrepâncias, foi feita uma verificação das vigas modeladas, analisando suas dimensões, formas e possíveis diferenças com as plantas fornecidas em AutoCAD.

Na análise das vigas do modelo, foi possível notar que certas vigas que possuem dimensão variável ao longo do seu comprimento no projeto original fornecido pela Construtora X, no modelo em BIM foram representadas como tendo dimensões constantes em todo o comprimento, constituindo assim um erro de modelagem que influi diretamente nos quantitativos gerados pelo software.

Na figura 41 a seguir é possível notar que, no projeto fornecido em AutoCAD, a viga V6 possui altura variável ao longo de seu comprimento, sendo $h = 0,78$ m no trecho compreendido entre os pilares P5 e P6, e $h = 0,50$ m no trecho compreendido entre os pilares P6 e P7.

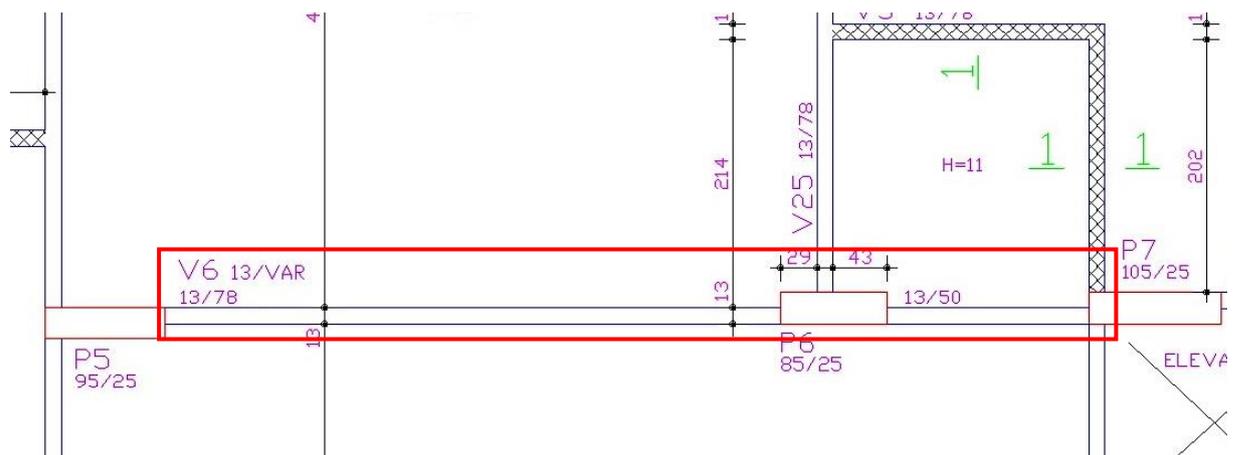


Figura 41 – Viga V6 com altura variável no projeto.

Entretanto, na figura 42 podemos ver que a viga foi modelada com altura constante ($h = 0,50$ m) em ambos os trechos, sendo assim divergente ao projeto.

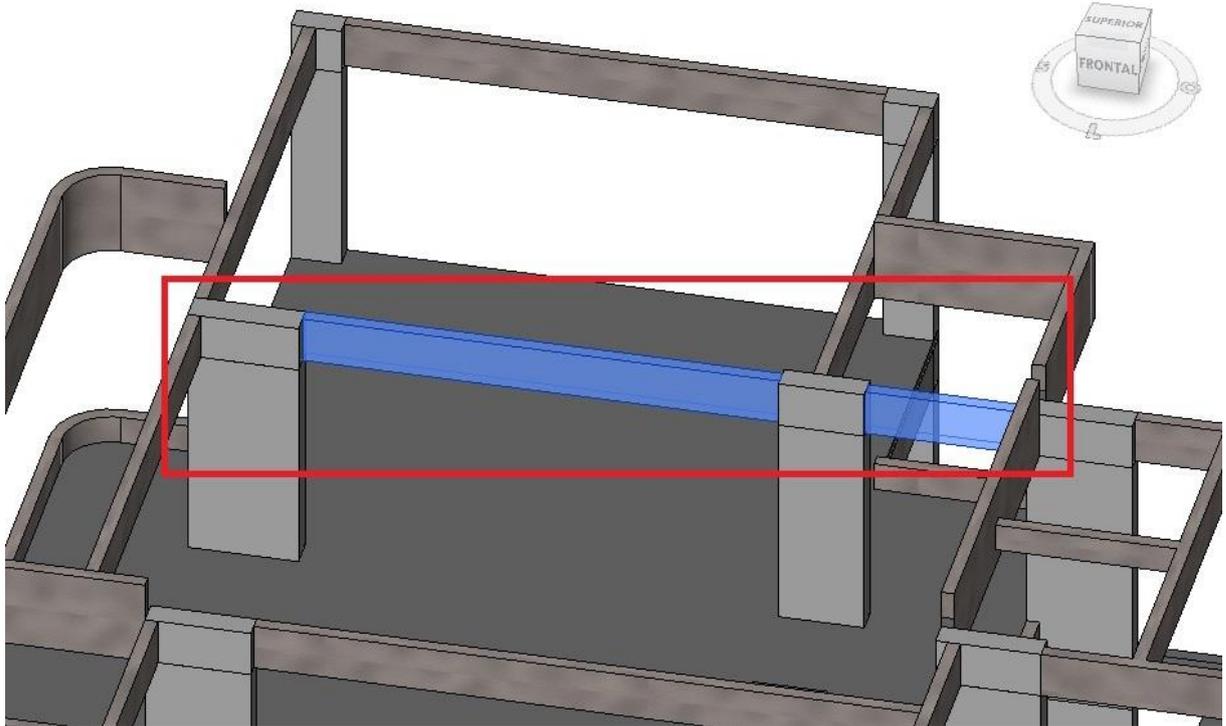


Figura 42 – Viga V6 modelada com altura constante.

Analogamente, na figura 43 a seguir é possível perceber que, no projeto fornecido em AutoCAD, a viga V14 também possui altura variável ao longo de seu comprimento, sendo $h = 0,78$ m no trecho compreendido entre os pilares P15 e P16, e $h = 0,65$ m no trecho compreendido entre os pilares P16 e P17.

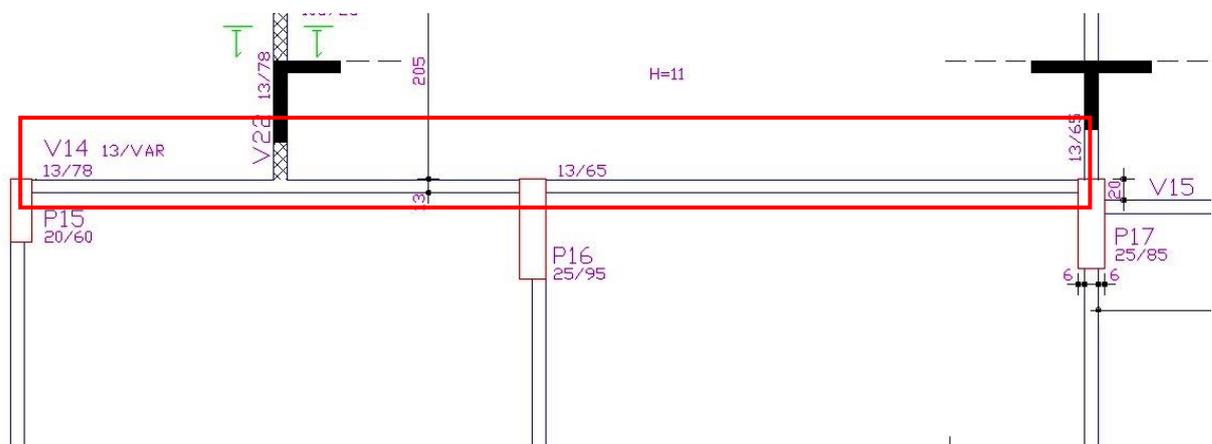


Figura 43 – Viga V14 com altura variável no projeto.

Contudo, na figura 44 abaixo podemos ver que essa viga também foi modelada com altura constante ($h = 0,50$ m) em ambos os trechos, sendo assim também divergente ao especificado em projeto.

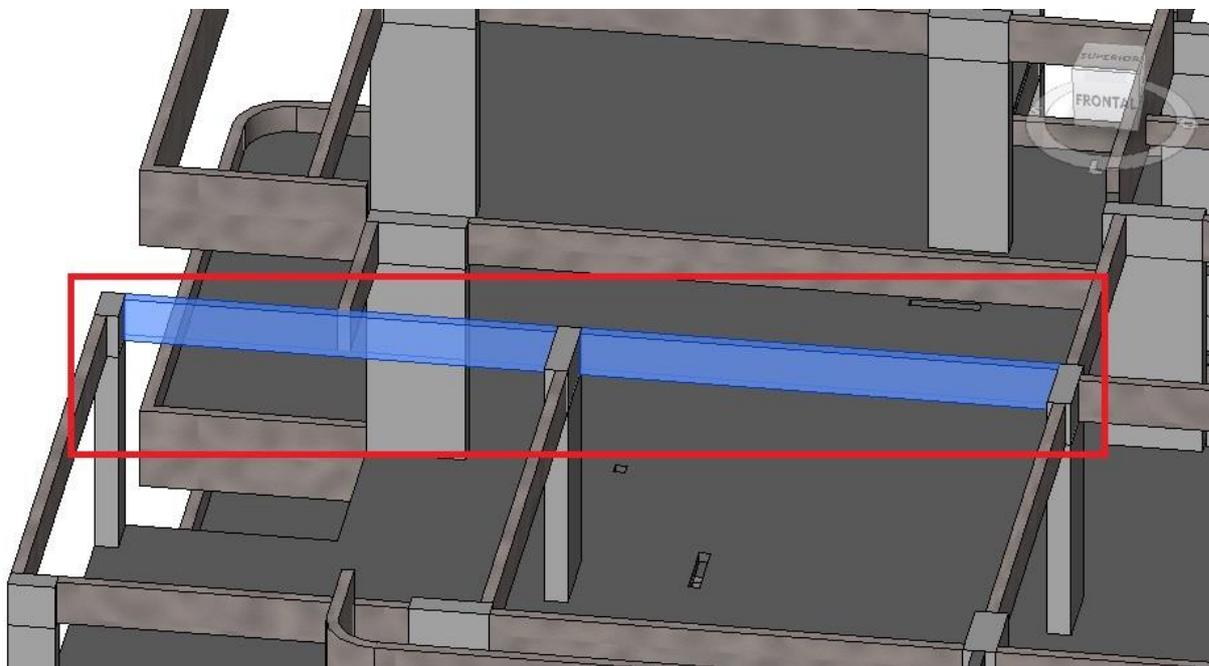


Figura 44 – Viga V14 modelada com altura constante.

Erros análogos foram encontrados em outras vigas do modelo, e repetidos em todos os pavimentos tipo, o que gerou um volume menor de concreto nas vigas representadas no modelo BIM, influenciando diretamente no total de concreto extraído do software, e resultando num levantamento de quantitativo de concreto no software abaixo do quantitativo obtido manualmente.

Com isso, é possível concluir que a origem dessas discrepâncias entre o levantamento manual estrutural e o levantamento através do modelo BIM se deu por conta de considerações construtivas reais divergentes das considerações adotadas na elaboração do modelo, e não por erro do software.

5.9 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE ARMADURA NO REVIT

O modelo em Revit usado para a realização do estudo de caso não conta com a modelagem das armaduras na estrutura. Com isso, o levantamento do quantitativo de armadura será realizado de forma indireta, da mesma forma como é feito na realização de um orçamento preliminar, através da adoção de uma taxa de aço

média para cada elemento da edificação, a fim de medir o quantitativo de armadura como função do volume total de concreto no software. As taxas abaixo foram adotadas com base na análise das plantas estruturais em AutoCAD fornecidas pela construtora X.

Taxa de armadura média adotada	
Elemento Estrutural	Taxa de aço (kg/m ³)
Pilares	180 kg/m ³
Vigas	120 kg/m ³
Lajes	70 kg/m ³
Escadas	70 kg/m ³

Quadro 6 – Taxa de armadura média adotada por elemento.

Para adicionar o parâmetro da taxa de aço em cada elemento, foi repetido o processo abordado na seção “5.6 Criação de novos parâmetros”. Acessamos a tabela “Levantamento de material de múltiplas categorias” criada anteriormente, e através do painel de Propriedades da tabela selecionamos a opção “Adicionar parâmetro”, como mostra a figura 45 a seguir.

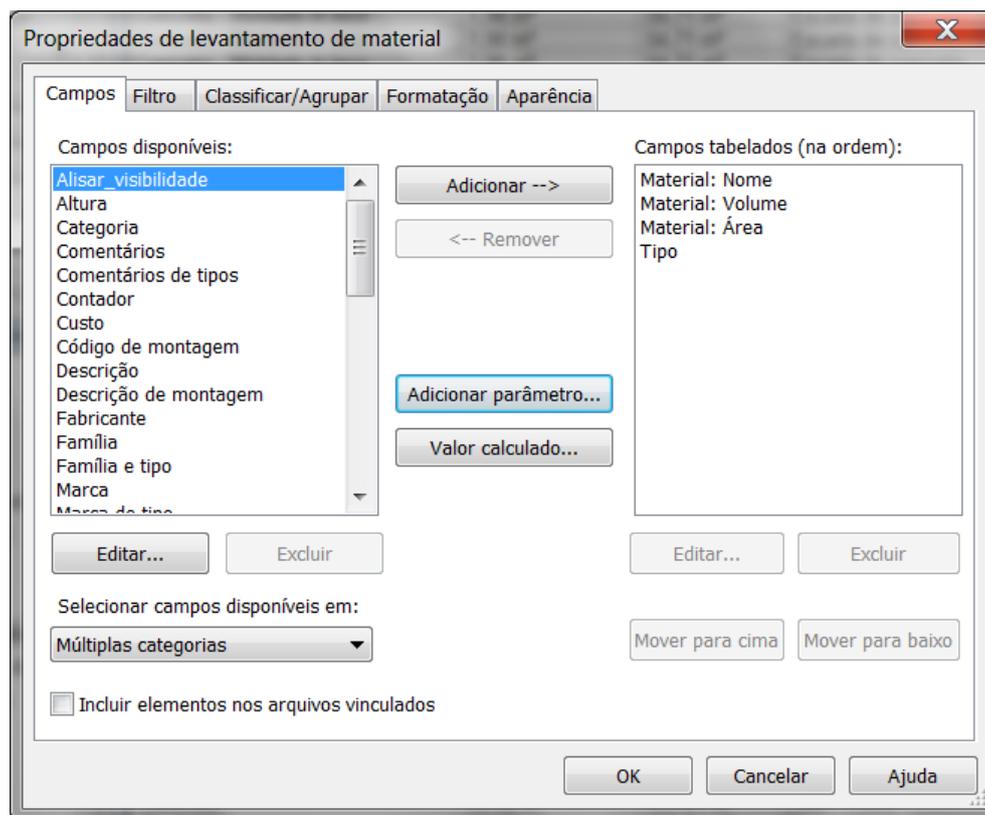


Figura 45 – Janela de propriedades de levantamento de material.

A caixa de texto “Propriedades de parâmetros” será aberta, e serão definidas as especificações do novo parâmetro que será criado, como mostra a figura 46 abaixo. Como estamos criando um parâmetro que será utilizado numa tabela, selecionamos a opção de “Parâmetros de projeto”. Em seguida, definimos o nome do novo parâmetro, e o tipo ao qual ele corresponde. Como a taxa de aço é um parâmetro que quantifica um valor e será usado posteriormente em uma fórmula na tabela para calcular a quantidade de aço por elemento, ele deve ser necessariamente criado como “Número”, como mostrado na figura 46. Ao clicarmos em “OK”, o novo parâmetro já será automaticamente criado, e poderá ser visto nas Propriedades do elemento, juntamente com os outros parâmetros já estabelecidos.

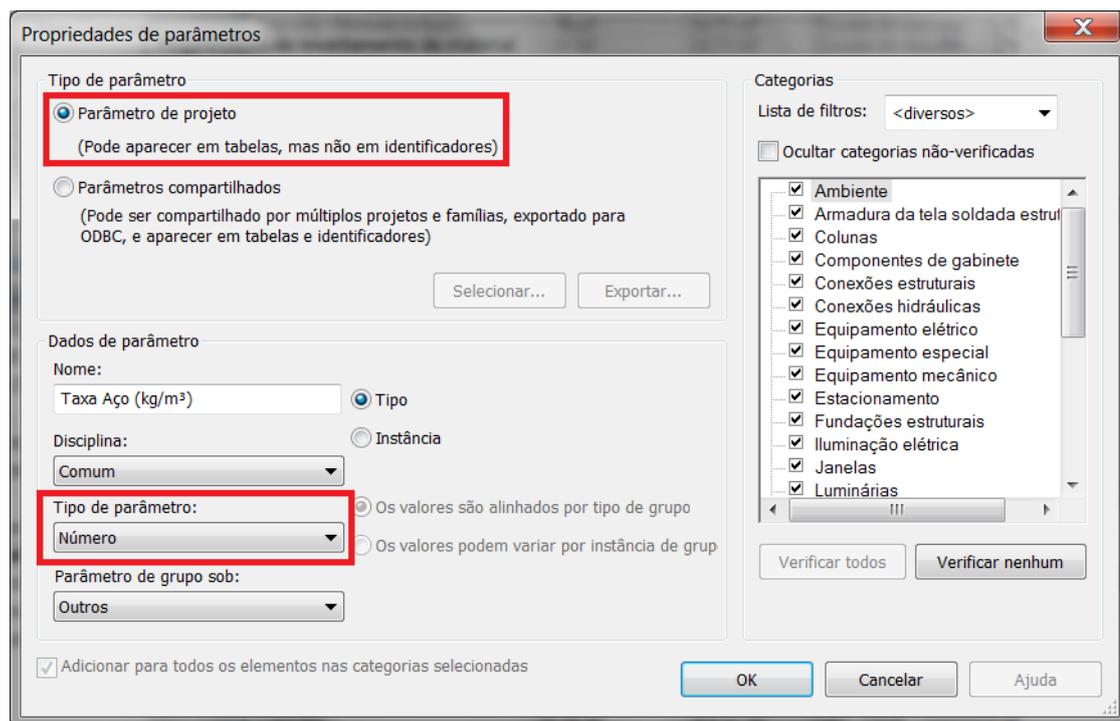


Figura 46 – Janela de propriedades de parâmetros.

Ao final da criação desse novo parâmetro, voltamos à vista 3D da edificação e iremos atribuir os valores das taxas de aço a cada elemento separadamente. A forma menos trabalhosa de se fazer tal alteração é visualizar cada conjunto de elementos separadamente, ocultando os elementos que têm valor de taxa de aço diferente, a fim de alterar todas as peças que possuem o mesmo valor de taxa de aço de uma só vez. A figura 47 mostra o processo de atribuição de valor da taxa de aço sendo feito para as vigas da estrutura. Repetimos o mesmo processo para lajes, pilares e escadas.

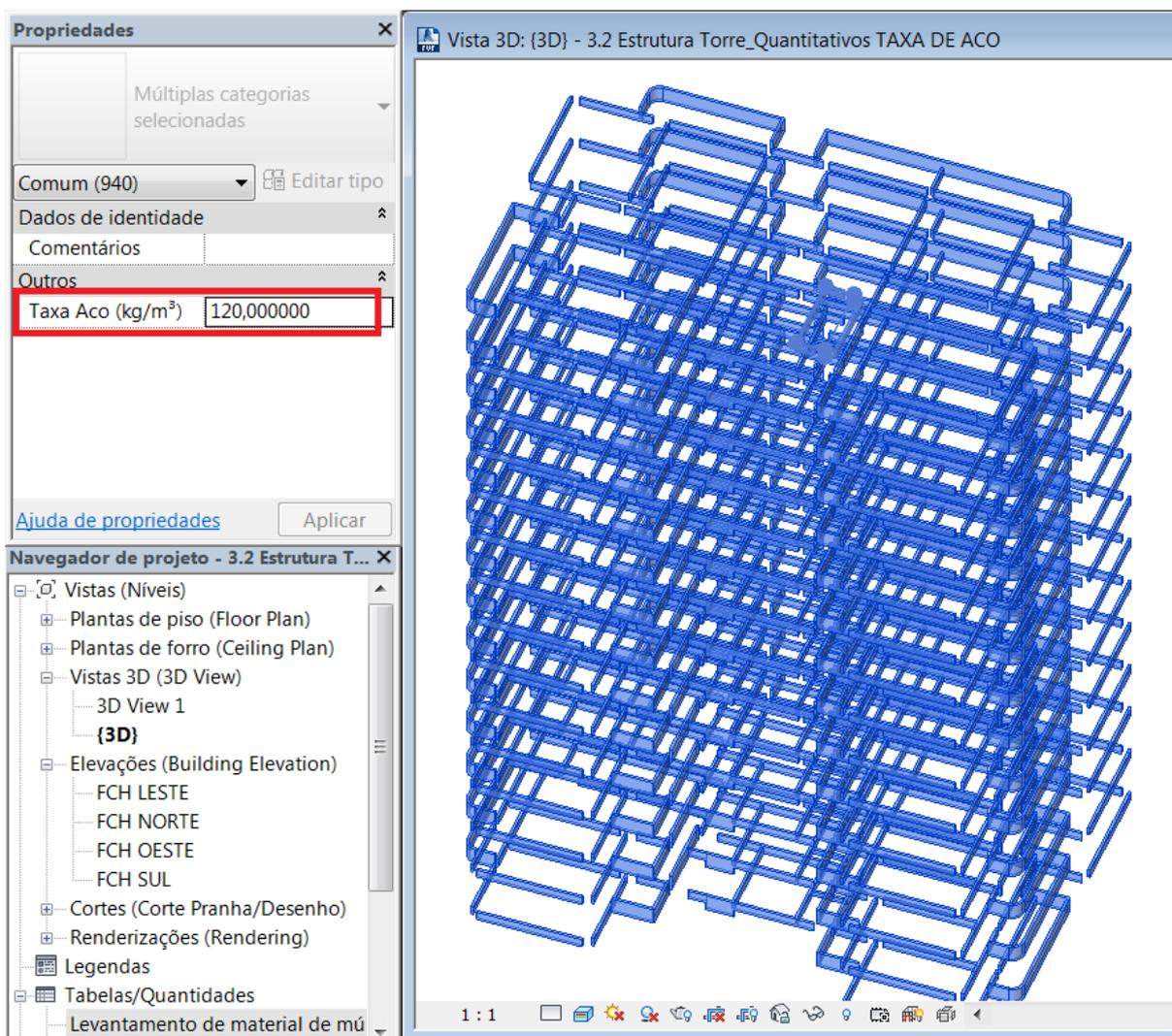


Figura 47 – Atribuição do valor da taxa de aço para vigas.

Após atribuirmos valores de taxas de aço a todos os elementos estruturais, retornamos à tabela “Levantamento de material de múltiplas categorias”, e acessamos a aba de Propriedades da tabela, a mesma utilizada para criar o parâmetro de taxa de aço anteriormente, com a diferença que agora iremos selecionar a opção “Valor calculado”, como mostra a figura 48, a fim de inserirmos na tabela a fórmula que irá calcular automaticamente a quantidade de aço por elemento estrutural, com base no volume da peça e a categoria à qual pertence.

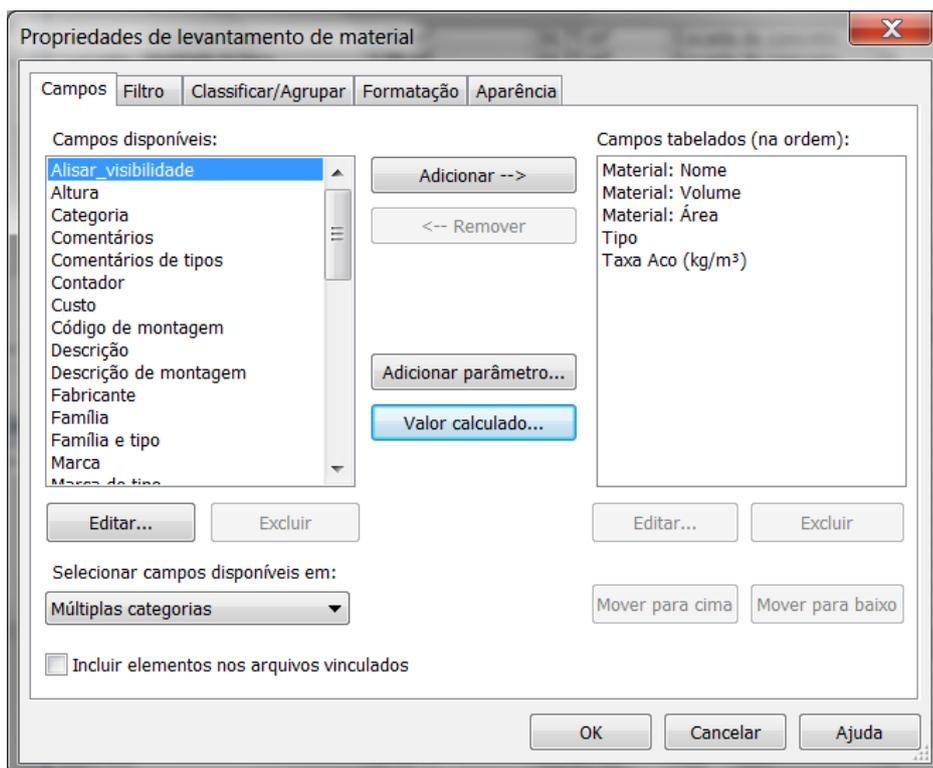


Figura 48 – Janela de propriedades de levantamento de material.

Ao selecionarmos o botão “Valor calculado”, a janela mostrada na figura 49 é aberta. Nela iremos definir o nome da nova coluna da tabela, a qual chamamos de “Quantidade de aço”, o tipo do valor, e a fórmula. Apesar de estarmos calculando a quantidade em kg, é necessário selecionar o Tipo como “Volume”, pois o Revit só permite que os resultados das fórmulas sejam dados no mesmo formato dos dados da fórmula. Logo, como na fórmula estamos multiplicando um objeto Volume (Material: Volume) por um objeto Número (Taxa de Aço), é necessário que selecionemos a opção Volume no campo “Tipo”.

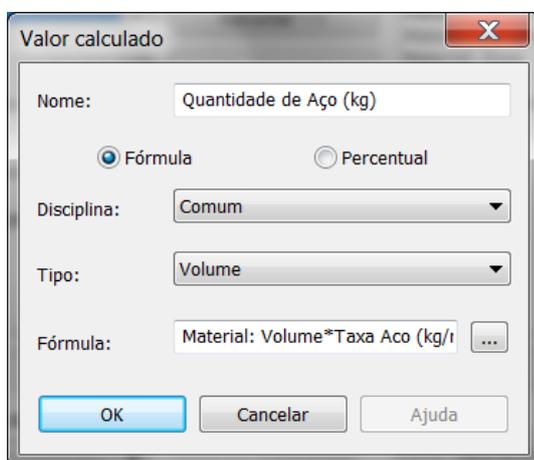


Figura 49 – Janela de valor calculado.

Após finalizarmos esse processo, as colunas de taxas de aço e quantidades de aço já serão automaticamente calculadas e adicionadas à tabela, como mostra a figura 50, em que temos um trecho da tabela reproduzido.

<Levantamento de material de múltiplas categorias>					
A	B	C	D	E	F
Material: Nome	Material: Volume	Material: Área	Tipo	Taxa Aço (kg/)	Aço (kg)
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto - Moldado in loco	1,98 m³	54,71 m²	Escada de concreto	70	138,93
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	50,58 m³	459,81 m²	Laje - 11cm	70	3540,51
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,10 m³	1,99 m²	Viga 13x60 (49)	120	11,47
Concreto	0,24 m³	4,82 m²	Viga 13x60 (50)	120	29,02
Concreto	0,06 m³	1,33 m²	Viga 13x60 (50)	120	7,41
Concreto	0,06 m³	1,30 m²	Viga 13x60 (50)	120	7,04
Concreto	0,26 m³	5,27 m²	Viga 13x60 (50)	120	31,65

Figura 50 – Trecho da tabela de quantidade de armadura.

Vale ressaltar que essa é apenas uma estimativa fornecida pelo Revit da quantidade de aço que será usada na edificação, com base na adoção de taxas de armadura médias estimadas após análise dos projetos.

A quantidade total de aço calculada através do Revit é expressa na tabela 7 a seguir:

Quantitativos de Aço (kg)			
	Taxa Aço (kg/m³)	Qtd. Aço (kg)	Qtd. Aço (m³)
Pilares	180	40.199,52	5,13
Vigas	120	31.829,22	4,07
Lajes	70	50.245,56	6,42
Escadas	70	1.806,09	0,23
Total		124.080,39	15,85

Tabela 7 – Quantitativos de aço fornecido pelo Modelo BIM.

É interessante ressaltarmos que esse volume de aço não é descontado do volume de concreto calculado, pois apesar da armadura ocupar certo espaço dentro da peça de concreto, esse valor não é representativo perante o volume total de concreto, e termina sendo compensado por perdas inerentes à etapa de concretagem. Essas perdas incluem, por exemplo, o fato do concreto ser fornecido pelas concreteiras com ar incorporado, e na obra ele ser adensado na hora da concretagem, fazendo com que seu volume diminua. Outras perdas também incluem imprecisão na execução da forma, eventuais erros na quantidade entregue no caminhão-betoneira, o material que cai ao longo do trajeto externo à obra vencido pelas gericas carregadas por operários, o material restante na tubulação da bomba e no coxo e que não tenha sido reaproveitado (para o caso de concreto bombeável), a sobra não utilizada ao final do descarregamento do último caminhão-betoneira e a parcela rejeitada de concreto de uma entrega por se ter ultrapassado o tempo máximo para uso do material após sua mistura.

Em linhas gerais, as perdas de concreto ocorrem toda vez que se utiliza uma quantidade de material superior à teoricamente necessária. Por exemplo, quando não se deduz do volume da estrutura o volume de todos os embutimentos, tais como as armaduras e os eletrodutos, que muitas vezes podem representar por volta de 1,5% do volume total.

Tais perdas são normalmente expressas percentualmente. Se houver uma necessidade teórica de 100 m³ de concreto para uma certa concretagem e computar-se, pela soma das quantidades citadas em todas as notas fiscais relativas à mesma, um volume de 110 m³, a perda registrada será de 10%.

É importante notarmos que maiores ou menores valores de perdas podem ser alcançados não somente em função de um melhor ou pior desempenho na produção, mas também como fruto da maior ou menor probabilidade de perdas que certas concepções do produto e do processo podem induzir. No caso da existência de componentes muito esbeltos ou de dimensões reduzidas, a perda percentual por uso de material excessivo será provavelmente maior do que em uma estrutura mais robusta, onde um erro de 5 mm na dimensão do componente representa uma perda percentualmente menor. No entanto, falando-se de valores absolutos e não percentuais, um erro numa peça mais robusta resultará numa maior perda efetiva do que um erro numa peça mais esbelta. Por exemplo, é fácil visualizarmos que um desvio de 5 mm na altura de uma laje resultará em uma perda de concreto muito maior do que um desvio de 5 mm na altura de um pilar ou viga, uma vez que a área de superfície da laje é muito maior.

5.10 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE FÔRMAS NO REVIT

Como já foi abordado anteriormente, durante a realização de levantamentos de quantitativos alguns problemas podem surgir caso a edificação não tenha sido modelada de forma minuciosa. No caso do levantamento de fôrmas, o quantitativo extraído do Revit será apenas o da área de fôrma a ser utilizada, tendo como base a área de superfície dos elementos a serem concretados, e não especificando o quantitativo de materiais inerentes ao processo, tais como gravatas, escoras ou pontaletes, uma vez que não é um serviço que fique incorporado à edificação. Esses quantitativos, no entanto, podem ser estimados através de taxas, analogamente ao que foi realizado no levantamento de armadura. Nesse estudo de caso, nos limitaremos a calcular apenas a área de fôrma dos elementos.

Para calcularmos a área de forma de cada elemento, primeiramente precisaremos configurar os parâmetros que serão utilizados para o cálculo da área (comprimento, largura e altura). Clicando duas vezes no elemento a ser ajustado, será aberta a área de edição do elemento, na qual definiremos as cotas de cada dimensão. Para definirmos o parâmetro de Largura e Comprimento do pilar, na aba Anotar → Cota → Alinhada e selecionamos as faces opostas do pilar, como mostra a figura 51:

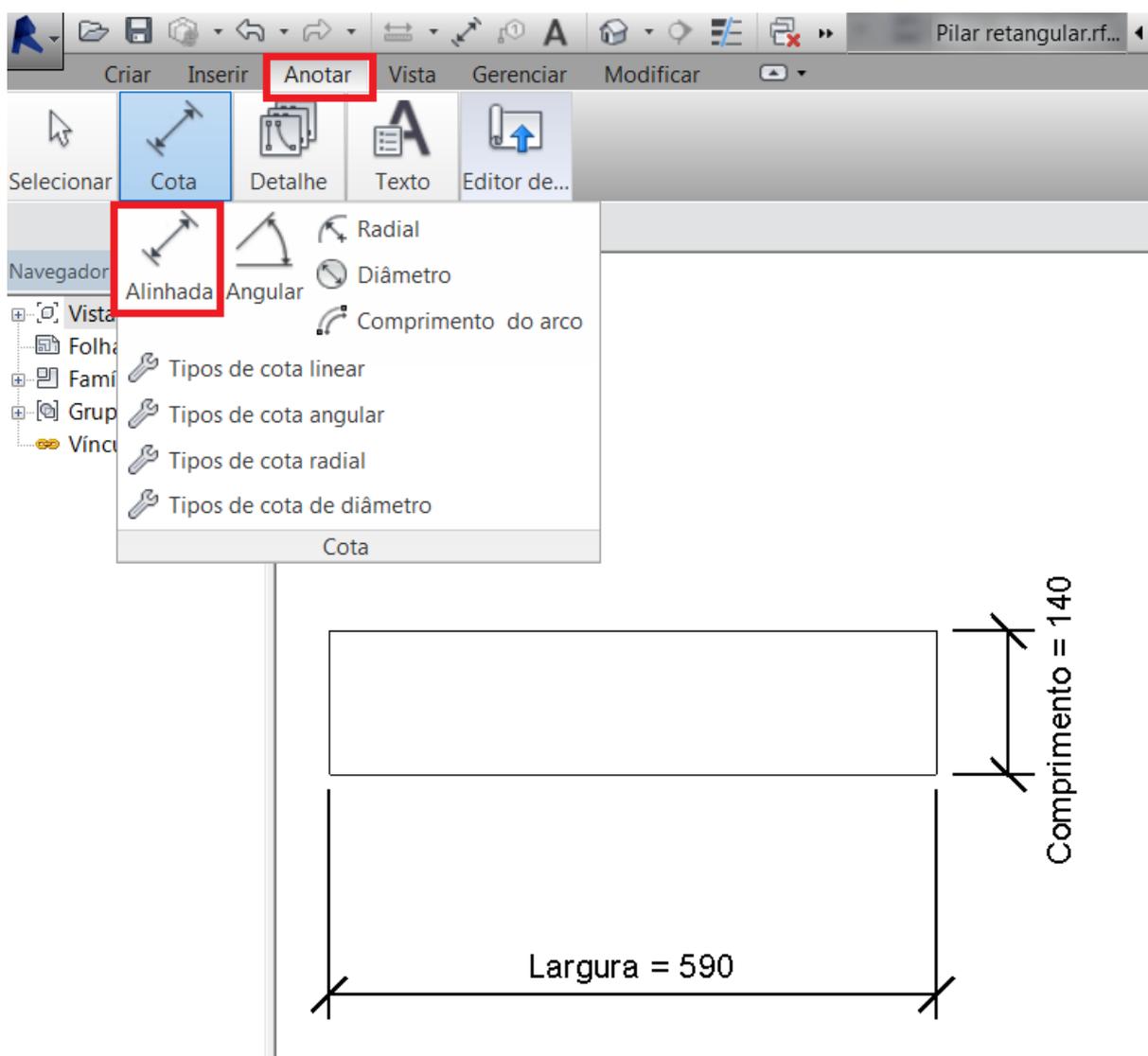


Figura 51 – Atribuição de cotas ao pilar.

Em seguida, procedemos para a criação do parâmetro, através do comando “Criar Parâmetros”, já abordado anteriormente. Devemos ressaltar que todos os parâmetros que serão criados para a finalidade do cálculo de fôrmas devem ser criados na categoria de “Parâmetros Compartilhados”, uma vez que serão compartilhados entre múltiplos elementos com valores diferentes, e também serão utilizados em tabelas.

Na janela de “Propriedades de Parâmetros”, como mostra a figura 52 a seguir, deve ser selecionado também as opções “Parâmetro de Instância” e “Reportar Parâmetro”, uma vez que esses parâmetros serão utilizados para extrair valores de condições geométricas e então reportá-los em fórmula ou tabela.

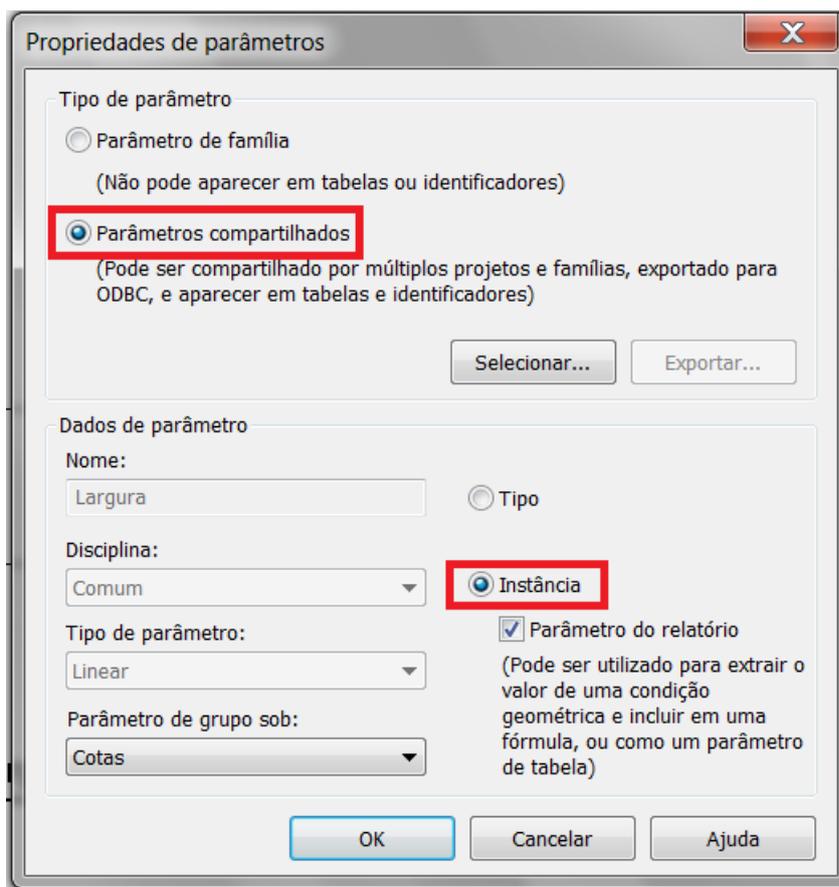


Figura 52 – Janela de propriedades de parâmetros.

O mesmo procedimento de criação de parâmetros também deve ser repetido para as demais dimensões (comprimento, largura e altura) dos demais elementos (vigas, pilares e lajes). Ao final de tal procedimento, é imprescindível que a configuração seja aplicada ao restante do projeto, através do botão Carregar no projeto, localizado na aba Modificar → Editor de família → Carregar no projeto.

Prosseguiremos então para a criação da tabela de quantitativo de fôrmas de pilares, através da aba Tabelas/Quantidades → Nova tabela/quantidades.

Na janela de propriedades da tabela, adicionaremos os campos de: Família, Tipo, Altura, Comprimento e Largura, como demonstrado na figura 53 a seguir. Através do botão Valor Calculado, iremos inserir também a fórmula usada para o cálculo da fôrma dos pilares, dada por:

$$A = (Altura \times Comprimento \times 2) + (Altura \times Largura \times 2)$$

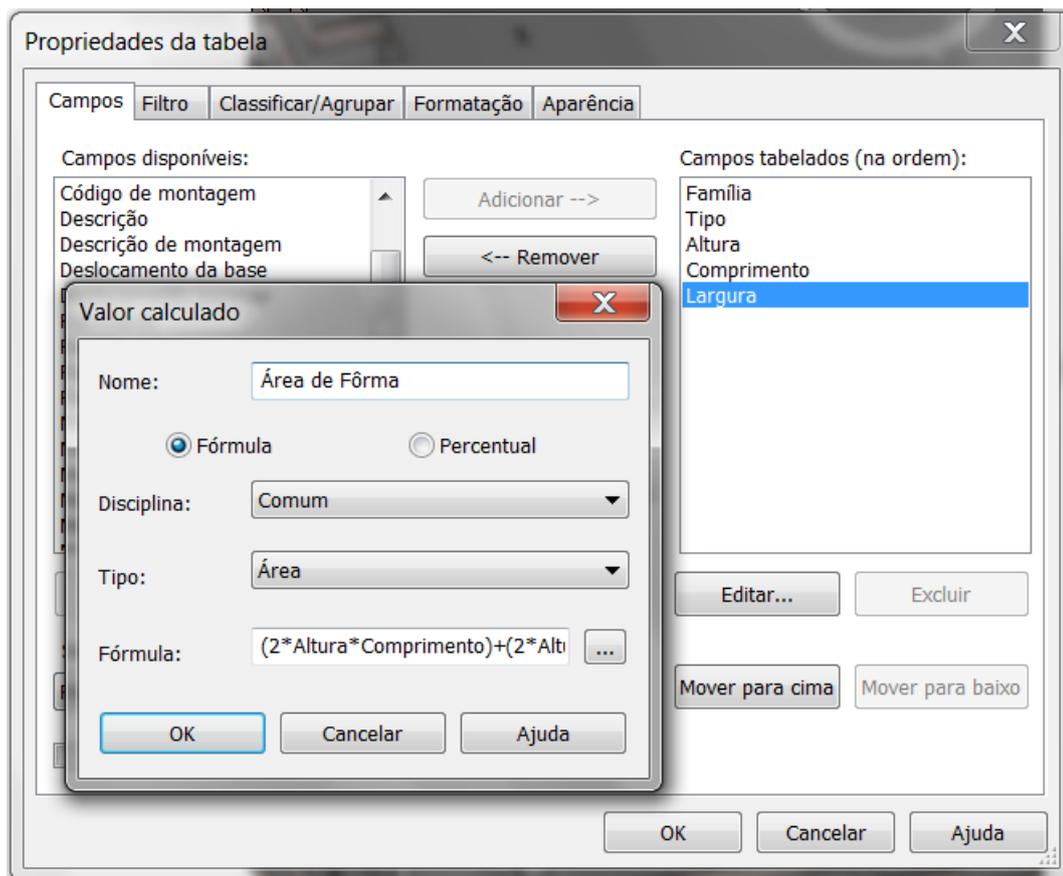


Figura 53 – Janela de valor calculado.

Ao término dessas configurações, a tabela de quantitativos de fôrmas já será gerada automaticamente no software. Um trecho da tabela está reproduzido na figura 54.

<Structural Column Schedule>					
A	B	C	D	E	F
Family	Type	Alt	Comp	Larg	Área de Forma
Pilar retangular	P1	2,280	0,500	0,250	3,42 m ²
Pilar retangular	P2	2,280	0,500	0,250	3,42 m ²
Pilar retangular	P3	2,280	0,500	0,250	3,42 m ²
Pilar retangular	P4	2,280	0,500	0,250	3,42 m ²
Pilar retangular	P6	2,280	0,250	0,850	5,02 m ²
Pilar retangular	P9	2,280	0,250	0,850	5,02 m ²
Pilar retangular	P5	2,280	0,300	1,100	6,38 m ²
Pilar retangular	P10	2,280	0,300	1,100	6,38 m ²
Pilar retangular	P7	2,280	0,250	1,050	5,93 m ²
Pilar retangular	P8	2,280	0,250	1,050	5,93 m ²
Pilar retangular	P12	2,280	0,250	1,050	5,93 m ²
Pilar retangular	P11	2,280	0,250	1,050	5,93 m ²
Pilar retangular	P15	2,280	0,500	0,250	3,42 m ²
Pilar retangular	P21	2,280	0,500	0,250	3,42 m ²
Pilar retangular	P22	2,280	0,500	0,250	3,42 m ²
Pilar retangular	P28	2,280	0,500	0,250	3,42 m ²
Pilar retangular	P16	2,280	0,250	0,950	5,47 m ²
Pilar retangular	P20	2,280	0,250	0,950	5,47 m ²
Pilar retangular	P27	2,280	0,250	0,850	5,02 m ²
Pilar retangular	P19	2,280	0,250	0,850	5,02 m ²
Pilar retangular	P18	2,280	0,250	0,850	5,02 m ²
Pilar retangular	P17	2,280	0,250	0,850	5,02 m ²
Pilar retangular	P14	2,280	0,250	1,050	5,93 m ²
Pilar retangular	P23	2,280	0,250	0,850	5,02 m ²
Pilar retangular	P25	2,280	0,300	0,850	5,24 m ²
Pilar retangular	P26	2,280	0,300	0,850	5,24 m ²
Pilar retangular	P24	2,280	0,350	0,850	5,47 m ²
Pilar retangular	P13	2,280	0,250	1,050	5,93 m ²

Figura 54 – Trecho da tabela de quantitativo de fôrma.

Após gerarmos as tabelas de formas de pilares, vigas e lajes, a tabela 8 apresenta os quantitativos de área de fôrma extraídos do modelo BIM lado a lado com os quantitativos levantados manualmente durante a elaboração desse trabalho, e a diferença relativa do segundo (manual) para o primeiro (BIM):

Quantitativos de Fôrmas					
	und.	QTDE BIM	QTDE Lev. Manual	Diferença	Diferença (%)
Pilares	m ²	2.204,60	2.247,00	0,01923	1,92%
Vigas	m ²	5.580,94	5.080,49	-0,08967	-8,97%
Lajes	m ²	6.701,46	6.840,40	0,02067	2,07%
TOTAL	m ²	14.487,00	14.167,49	-0,02206	-2,21%

Tabela 8 – Quantitativos de fôrmas do modelo BIM, do levantamento manual e diferenças relativas.

A fórmula adotada para o cálculo da diferença é dada por:

$$E(\%) = \frac{(\text{valor teórico} - \text{valor medido})}{\text{valor medido}} \times 100$$

Na qual o valor teórico é representado pelo valor obtido através do levantamento manual e o valor medido é representado pelo valor dado pelo software.

Através de uma análise da tabela 8, podemos observar que o único quantitativo gerado que apresenta uma discrepância exagerada do resultado esperado é o quantitativo de fôrmas de vigas. Conforme abordado anteriormente, o modelo BIM utilizado para a elaboração desse trabalho possui um erro na modelagem das vigas, o que interfere diretamente no quantitativo gerado pelo software, uma vez que o software apenas reproduz o cálculo daquilo que já está modelado. Contribuindo com esse erro, também está o fato de que o software Revit apresenta uma falha específica no levantamento de quantitativos de forma, conforme abordado na seção 3.3 desse trabalho, em que em algumas circunstâncias, as fôrmas podem ser medidas com base na superfície dos elementos envolvidos no modelo, porém quando ocorre a intersecção de elementos, o quantitativo de fôrmas será superestimado, pois o software contabiliza a intersecção, quando a mesma deveria ser desprezada para efeito de levantamento de fôrmas.

No quesito pilares e lajes, a diferença relativa gira em torno de 2%, não constituindo assim nenhuma representatividade para qualquer circunstância.

Através da realização desse estudo de caso, foi possível determinar os quantitativos estruturais da edificação através da ferramenta BIM com mais agilidade e maior grau de confiabilidade quando comparados aos quantitativos manuais, que

se mostraram mais demorados de serem obtidos e mais passíveis de erros humanos, inerentes ao processo. Tais erros, por sua vez, estão sujeitos a serem propagados por todo o processo de orçamentação e análise de custos, causando assim o surgimento de novas falhas. No levantamento de quantitativos utilizando-se a ferramenta BIM, no entanto, percebeu-se que os quantitativos obtidos são conseqüências diretas da modelagem, isto é, se o modelo foi criado de forma apropriada, os quantitativos serão precisos. Além disso, caso haja necessidade de realizar-se alterações posteriores no projeto, os levantamentos provenientes do software BIM utilizado são atualizados instantaneamente, evitando retrabalho e desperdício de tempo, fato que não ocorre no método convencional. Com isso, tem-se na tecnologia BIM um novo meio de se realizar levantamentos de quantitativos de obras, tendo como principais vantagens sobre o método tradicional a precisão e a rapidez dos levantamentos.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como finalidade demonstrar de que forma a tecnologia BIM pode ser incorporada ao processo de orçamentação de uma edificação, com foco no levantamento de quantitativos. Isso se faz necessário devido à competitividade acirrada no mercado da construção civil no atual momento, levando as construtoras a necessitarem cada vez mais de ferramentas que automatizem e facilitem a elaboração do orçamento, que tradicionalmente é realizado de forma manual. O processo de levantamento de quantitativos é etapa fundamental no processo de orçamentação de uma obra, tendo em vista que um erro na etapa de levantamento de quantitativos de um projeto pode afetar perigosamente a tomada de decisão das empresas envolvidas, podendo chegar até mesmo a inviabilizar a construção da obra em questão.

Os objetivos iniciais desse trabalho eram compreender o processo de orçamentação de obras civis, com foco na etapa de levantamento de quantitativos, e conhecer os principais conceitos, usos e benefícios do BIM no processo de levantamento de quantitativos de obras civis. Esses objetivos foram atingidos com êxito através da realização de uma revisão bibliográfica, englobando artigos, monografias, teses, dissertações e livros, e a posterior realização de um referencial teórico sobre os diferentes tipos de orçamento na construção civil e suas etapas, assim como um referencial teórico sobre BIM, expondo conceitos, benefícios, aplicações e ferramentas oferecidos pelo BIM.

O terceiro objetivo desse trabalho foi a aplicação da ferramenta BIM para o levantamento de quantitativos do projeto estrutural de uma obra através de um estudo de caso, que envolveu o levantamento de quantitativos de uma edificação previamente modelada. Esse objetivo também foi atingido integralmente, tendo como base os projetos fornecidos pela construtora "X", softwares AutoCAD, Revit e Microsoft Excel, e sendo realizado os levantamentos manuais e automatizados dos elementos estruturais.

Por fim, o último objetivo do trabalho foi avaliar os resultados obtidos em um estudo de caso de aplicação da ferramenta BIM no processo de levantamento de quantitativos de uma obra. Com isso, identificou-se as vantagens e limitações da

aplicação do BIM no levantamento de quantitativos de uma obra, avaliando a precisão e a confiabilidade dos quantitativos obtidos através da ferramenta.

Conforme abordado no capítulo 3 desse trabalho, o BIM oferece uma tecnologia potencialmente transformadora, por meio da sua capacidade de fornecer um recurso compartilhado digital simultaneamente para todos os participantes envolvidos na gestão do ciclo de projeto e construção de uma edificação, desde a fase de estudos preliminares até a fase de manutenção. Por ser um banco de dados visual dos componentes do edifício, o BIM pode fornecer a quantificação exata e automatizada de componentes, e ajudar na redução significativa da variabilidade das estimativas de custos.

A ainda restrita disseminação do uso do BIM no Brasil e a resistência de grande parte das construtoras e projetistas em adotarem esse novo método podem ser apontadas como duas das desvantagens da tecnologia BIM. Com isso, existe a necessidade de conhecimento dos softwares que se pretende utilizar, sejam eles de modelagem ou de extração de quantitativos. Ainda, é importante ressaltar que a extração dos quantitativos depende inteiramente do tipo de modelagem feita. Neste trabalho, por exemplo, as armaduras dos componentes estruturais não haviam sido modeladas, o que fez com que o levantamento de quantitativo de aço tivesse que ser obtido por meio de estimativa.

Desse modo, com esse trabalho chega-se à conclusão de que a tecnologia BIM vem para facilitar e encurtar prazos de entregas de orçamento de empreendimentos da construção civil, diminuindo erros, desvios e aumentando a precisão de uma orçamentação assertiva.

REFERÊNCIAS

ALDER, M. A. **Comparing time and accuracy of building information modeling to on-screen takeoff for a quantity takeoff on a conceptual estimate.** Dissertação (Master of Science). Provo: School of Technology Brigham Young University, 2006.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA). **Integrated Project Delivery: A Guide.** Version1. California: AIA California Council, 2007.

AMORIM, S. R. L., LYRIO, A. M. & SOUZA L. L. A. **Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: Oportunidades no mercado imobiliário.** Volume 4. São Paulo: USP, 2009.

ANDRADE, A.C., SOUZA U. E. L. **Críticas ao processo orçamentário tradicional e recomendações para a confecção de um orçamento integrado ao processo de produção de um empreendimento.** São Carlos: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.721: **Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (AsBEA). **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM.** Fascículo 1. São Paulo: AsBEA, 2013.

AU - ARQUITETURA E URBANISMO. São Paulo: Pini. v. 208, jul. 2011

AVILA, A. V., LIBRELOTTO, L. I., LOPES, O. C. **Orçamento de obras.** Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2003.

BADRA, P. A. **Orçamentação com BIM.** Revista Construção Mercado. São Paulo: Pini, ed. 135, out. 2012

BARONI, L. L. **Os desafios para implementação do BIM no Brasil.** Revista Construção Mercado. São Paulo: Pini, ed. 115, fev. 2011

CABRAL, E. C. C. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1988.

CALVERT, N. **Why we care about BIM.** Directions Magazine. Glencoe: Directions Media, dez. 2013.

COELHO, R. S. A. **Orçamento de obras prediais.** São Luís: Editora UEMA, 2001.

DIAS, P. R. V. **Engenharia de Custos: Uma metodologia de orçamentação para obras civis.** São Paulo: Pini, 2002.

DISPENZA, K. **The Daily Life of Building Information Modeling (BIM).** Ohio: Design News, 2010.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.** Hoboken: Wiley, 2011.

FARIA, R. **Construção Integrada.** Revista Técnica. São Paulo: Pini, n. 127, out. 2007.

GALVÃO, M. A. de S.; HEINECK, L. F.; KLIEMANN, F. J. **Orçamentos operacionais e sua aplicação na gerência de construção civil.** Belo Horizonte: Encontro nacional de engenharia de produção, 1990.

GOLDMAN, P. **Sistema de planejamento e controle de custos na construção civil: subsetor edificações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Niterói: Universidade Federal Fluminense, 1999.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Noções de orçamento e planejamento de obras.** São Leopoldo: UNISINOS, 2007.

GRAZIANO, F. P. **Porque os escritórios de engenharia precisam adotar o BIM.** AU - ARQUITETURA E URBANISMO. São Paulo: Pini, v. 208, jul. 2011.

JUNGLES, A. E., AVILA, A. V. **Gerenciamento na Construção Civil.** Chapecó: Editora Argos, 2006.

KYMMELL, W. **Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations**. New York: McGraw Hill, 2008.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. Tese (Doutorado em Engenharia) – São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.

MARION, J. C. **Contabilidade Básica**. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. São Paulo: Editora Atlas, 1995.

MATIPA, W. M. **Total cost management at the design stage using a building product model**. Tese (PhD in Philosophy Engineering). Cork: Faculty of Engineering, National University of Ireland, 2008.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: Pini, 2006.

MONTEIRO, A., MARTINS, J. P. P. **A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design**. Porto: Faculty of Engineering, University of Porto, 2013.

SABOL, L. **Challenges in cost estimating with Building Information Modeling**. San Diego: IFMA World Workplace, 2008.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Pini, 2006.

WITICOVSKI, L. C. **Levantamento de Quantitativos em Projeto: Uma Análise Comparativa do Fluxo de Informações entre as Representações em 2D e o Modelo de Informações da Construção (BIM)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2011.

XAVIER, I. S. L. **Orçamento, Planejamento e Custos de Obras**. São Paulo: FUPAM, 2008.

APÊNDICE A

Levantamento manual de quantitativos de estrutura

PILARES						
Pilar	Qtd.	Altura (m)	a (m)	b (m)	Volume (m ³)	Fôrmas (m ²)
P1	1	0,49	0,50	0,25	0,061	0,735
P2	1	0,49	0,50	0,25	0,061	0,735
P3	1	0,49	0,50	0,25	0,061	0,735
P4	1	0,49	0,50	0,25	0,061	0,735
P5	1	0,49	1,10	0,30	0,162	1,372
P6	1	0,49	0,85	0,25	0,104	1,078
P7	1	0,49	1,05	0,25	0,129	1,274
P8	1	0,49	1,05	0,25	0,129	1,274
P9	1	0,49	0,85	0,25	0,104	1,078
P10	1	0,49	1,10	0,30	0,162	1,372
P11	1	0,49	1,05	0,25	0,129	1,274
P12	1	0,49	1,05	0,25	0,129	1,274
P13	1	0,49	1,05	0,25	0,129	1,274
P14	1	0,49	1,05	0,25	0,129	1,274
P15	1	0,49	0,50	0,25	0,061	0,735
P16	1	0,49	0,25	0,95	0,116	1,176
P17	1	0,49	0,25	0,85	0,104	1,078
P18	1	0,49	0,25	0,85	0,104	1,078
P19	1	0,49	0,25	0,85	0,104	1,078
P20	1	0,49	0,25	0,95	0,116	1,176
P21	1	0,49	0,50	0,25	0,061	0,735
P22	1	0,49	0,50	0,25	0,061	0,735
P23	1	0,49	0,25	0,85	0,104	1,078
P24	1	0,49	0,35	0,85	0,146	1,176
P25	1	0,49	0,30	0,85	0,125	1,127
P26	1	0,49	0,30	0,85	0,125	1,127
P27	1	0,49	0,85	0,25	0,104	1,078
P28	1	0,49	0,50	0,25	0,061	0,735
P1	13	2,77	0,50	0,25	4,501	54,015
P2	13	2,77	0,50	0,25	4,501	54,015
P3	13	2,77	0,50	0,25	4,501	54,015
P4	13	2,77	0,50	0,25	4,501	54,015
P5	13	2,77	1,10	0,30	11,883	100,828
P6	13	2,77	0,85	0,25	7,652	79,222
P7	13	2,77	1,05	0,25	9,453	93,626
P8	13	2,77	1,05	0,25	9,453	93,626
P9	13	2,77	0,85	0,25	7,652	79,222
P10	13	2,77	1,10	0,30	11,883	100,828
P11	13	2,77	1,05	0,25	9,453	93,626
P12	13	2,77	1,05	0,25	9,453	93,626
P13	13	2,77	1,05	0,25	9,453	93,626
P14	13	2,77	1,05	0,25	9,453	93,626

P15	13	2,77	0,50	0,25	4,501	54,015
P16	13	2,77	0,25	0,95	8,552	86,424
P17	13	2,77	0,25	0,85	7,652	79,222
P18	13	2,77	0,25	0,85	7,652	79,222
P19	13	2,77	0,25	0,85	7,652	79,222
P20	13	2,77	0,25	0,95	8,552	86,424
P21	13	2,77	0,50	0,25	4,501	54,015
P22	13	2,77	0,50	0,25	4,501	54,015
P23	13	2,77	0,25	0,85	7,652	79,222
P24	13	2,77	0,35	0,85	10,713	86,424
P25	13	2,77	0,30	0,85	9,183	82,823
P26	13	2,77	0,30	0,85	9,183	82,823
P27	13	2,77	0,85	0,25	7,652	79,222
P28	13	2,77	0,50	0,25	4,501	54,015
P7	1	4,15	1,05	0,25	1,089	10,790
P8	1	4,15	1,05	0,25	1,089	10,790
P11	1	4,15	1,05	0,25	1,089	10,790
P12	1	4,15	1,05	0,25	1,089	10,790
TOTAL					223,540	2247,760

LAJES						
Laje	Qtd.	Área (m ²)	Altura (m)	Desconto Vãos (m ²)	Volume (m ³)	Fôrmas (m ²)
L1	14	488,60	0,11	23,31	716,547	6840,400
TOTAL					716,547	6840,400

VIGAS						
Viga	Qty.	Comprimento (m)	Base (m)	Altura (m)	Volume (m³)	Fôrmas (m²)
V1	14	5,18	0,13	0,78	7,354	122,5588
V2	14	5,18	0,13	0,78	7,354	122,5588
V3	14	4,06	0,13	0,78	5,764	96,0596
V4	14	4,06	0,13	0,78	5,764	96,0596
V5	14	4,20	0,13	0,78	5,962	99,372
V5.	14	1,28	0,13	1,05	2,446	39,9616
V6	14	4,89	0,13	0,78	6,942	115,6974
V6.	14	1,60	0,13	0,50	1,456	25,312
V7	14	4,89	0,13	0,78	6,942	115,6974
V7.	14	1,60	0,13	0,50	1,456	25,312
V8	14	1,80	0,09	0,40	0,907	22,428
V9	14	6,40	0,13	0,78	9,085	151,424
V10	14	2,25	0,13	0,78	3,194	53,235
V11	14	6,61	0,13	0,65	7,820	132,3322
V12	14	6,61	0,13	0,65	7,820	132,3322
V13	14	2,25	0,13	0,78	3,194	53,235
V14	14	4,60	0,13	0,78	6,530	108,836
V14.	14	5,03	0,13	0,65	5,950	100,7006
V15	14	4,14	0,13	0,65	4,898	82,8828
V16	14	8,52	0,13	0,65	10,079	170,5704
V16.	14	4,60	0,13	0,78	6,530	108,836
V17	14	6,22	0,13	0,78	8,830	147,1652
V17.	14	2,51	0,13	0,73	3,335	55,8726
V18	14	6,03	0,13	0,78	8,560	142,6698
V19	14	5,54	0,13	0,78	7,865	131,0764
V20	14	6,43	0,13	0,78	9,128	152,1338
V21	14	2,67	0,13	0,73	3,547	59,4342
V21.	14	7,17	0,13	0,78	10,179	169,6422
V22	14	1,93	0,13	0,78	2,740	45,6638
V23	14	13,70	0,13	0,78	19,449	324,142
V24	14	5,07	0,13	0,78	7,197	119,9562
V25	14	4,65	0,13	0,78	6,601	110,019
V26	14	6,07	0,13	0,78	8,617	143,6162
V26.	14	3,28	0,13	0,65	3,880	65,6656
V27	14	3,72	0,13	0,78	5,281	88,0152
V28	14	3,96	0,13	0,65	4,685	79,2792
V29	14	3,96	0,13	0,65	4,685	79,2792
V30	14	1,50	0,13	0,78	2,129	35,49
V31	14	6,07	0,13	0,78	8,617	143,6162
V31.	14	3,28	0,13	0,65	3,880	65,6656
V32	14	3,72	0,13	0,78	5,281	88,0152
V33	14	4,65	0,13	0,78	6,601	110,019

V34	14	5,07	0,13	0,78	7,197	119,9562
V35	14	1,93	0,13	0,78	2,740	45,6638
V36	14	2,67	0,13	0,73	3,547	59,4342
V36.	14	7,17	0,13	0,78	10,179	169,6422
V37	14	5,54	0,13	0,78	7,865	131,0764
V38	14	9,42	0,13	0,78	13,373	222,8772
TOTAL					282,195	5080,488

APÊNDICE B

Levantamento de quantitativos de estrutura no Revit

<Quantitativos - Pilares>						
A	B	C	D	E	F	G
Família	Tipo	Altura	Comprimento	Largura	Volume	Área de Fôrma
Pilar retangular	P1	2,280	0,500	0,250	3,71 m ³	44,46 m ²
P1: 13					3,71 m ³	44,46 m ²
Pilar retangular	P1c	0,490	0,500	0,250	0,86 m ³	10,29 m ²
P1c: 14					0,86 m ³	10,29 m ²
Pilar retangular	P2	2,280	0,500	0,250	3,71 m ³	44,46 m ²
P2: 13					3,71 m ³	44,46 m ²
Pilar retangular	P2c	0,490	0,500	0,250	0,86 m ³	10,29 m ²
P2c: 14					0,86 m ³	10,29 m ²
Pilar retangular	P3	2,280	0,500	0,250	3,71 m ³	44,46 m ²
P3: 13					3,71 m ³	44,46 m ²
Pilar retangular	P3c	0,490	0,500	0,250	0,86 m ³	10,29 m ²
P3c: 14					0,86 m ³	10,29 m ²
Pilar retangular	P4	2,280	0,500	0,250	3,71 m ³	44,46 m ²
P4: 13					3,71 m ³	44,46 m ²
Pilar retangular	P4c	0,490	0,500	0,250	0,86 m ³	10,29 m ²
P4c: 14					0,86 m ³	10,29 m ²
Pilar retangular	P5	2,280	0,300	1,100	9,78 m ³	82,99 m ²
P5: 13					9,78 m ³	82,99 m ²
Pilar retangular	P5c	0,490	0,300	1,100	2,26 m ³	19,21 m ²
P5c: 14					2,26 m ³	19,21 m ²
Pilar retangular	P6	2,280	0,250	0,850	6,30 m ³	65,21 m ²
P6: 13					6,30 m ³	65,21 m ²
Pilar retangular	P6c	0,490	0,250	0,850	1,46 m ³	15,09 m ²
P6c: 14					1,46 m ³	15,09 m ²
Pilar retangular	P7	2,280	0,250	1,050	7,78 m ³	77,06 m ²
P7: 13					7,78 m ³	77,06 m ²
Pilar retangular	P7				0,32 m ³	0,00 m ²
P7: 1					0,32 m ³	0,00 m ²
Pilar retangular	P7a				0,58 m ³	0,00 m ²
P7a: 1					0,58 m ³	0,00 m ²
Pilar retangular	P7c	0,490	0,250	1,050	1,80 m ³	17,84 m ²
P7c: 14					1,80 m ³	17,84 m ²
Pilar retangular	P7c				0,13 m ³	0,00 m ²
P7c: 1					0,13 m ³	0,00 m ²
Pilar retangular	P8	2,280	0,250	1,050	7,78 m ³	77,06 m ²
P8: 13					7,78 m ³	77,06 m ²
Pilar retangular	P8				0,47 m ³	0,00 m ²
P8: 1					0,47 m ³	0,00 m ²
Pilar retangular	P8a				0,58 m ³	0,00 m ²
P8a: 1					0,58 m ³	0,00 m ²
Pilar retangular	P8c	0,490	0,250	1,050	1,80 m ³	17,84 m ²
P8c: 14					1,80 m ³	17,84 m ²
Pilar retangular	P9	2,280	0,250	0,850	6,30 m ³	65,21 m ²
P9: 13					6,30 m ³	65,21 m ²
Pilar retangular	P9c	0,490	0,250	0,850	1,46 m ³	15,09 m ²
P9c: 14					1,46 m ³	15,09 m ²
Pilar retangular	P10	2,280	0,300	1,100	9,78 m ³	82,99 m ²
P10: 13					9,78 m ³	82,99 m ²
Pilar retangular	P10c	0,490	0,300	1,100	2,26 m ³	19,21 m ²
P10c: 14					2,26 m ³	19,21 m ²

Pilar retangular	P11	2,280	0,250	1,050	7,78 m ³	77,06 m ²
P11: 13					7,78 m ³	77,06 m ²
Pilar retangular	P11				0,32 m ³	0,00 m ²
P11: 1					0,32 m ³	0,00 m ²
Pilar retangular	P11a				0,58 m ³	0,00 m ²
P11a: 1					0,58 m ³	0,00 m ²
Pilar retangular	P11c	0,490	0,250	1,050	1,80 m ³	17,84 m ²
P11c: 14					1,80 m ³	17,84 m ²
Pilar retangular	P11c				0,13 m ³	0,00 m ²
P11c: 1					0,13 m ³	0,00 m ²
Pilar retangular	P12	2,280	0,250	1,050	7,78 m ³	77,06 m ²
P12: 13					7,78 m ³	77,06 m ²
Pilar retangular	P12				0,47 m ³	0,00 m ²
P12: 1					0,47 m ³	0,00 m ²
Pilar retangular	P12a				0,58 m ³	0,00 m ²
P12a: 1					0,58 m ³	0,00 m ²
Pilar retangular	P12c	0,490	0,250	1,050	1,80 m ³	17,84 m ²
P12c: 14					1,80 m ³	17,84 m ²
Pilar retangular	P13	2,280	0,250	1,050	7,78 m ³	77,06 m ²
P13: 13					7,78 m ³	77,06 m ²
Pilar retangular	P13c	0,490	0,250	1,050	1,80 m ³	17,84 m ²
P13c: 14					1,80 m ³	17,84 m ²
Pilar retangular	P14	2,280	0,250	1,050	7,78 m ³	77,06 m ²
P14: 13					7,78 m ³	77,06 m ²
Pilar retangular	P14c	0,490	0,250	1,050	1,80 m ³	17,84 m ²
P14c: 14					1,80 m ³	17,84 m ²
Pilar retangular	P15	2,280	0,500	0,250	3,71 m ³	44,46 m ²
P15: 13					3,71 m ³	44,46 m ²
Pilar retangular	P15c	0,490	0,500	0,250	0,86 m ³	10,29 m ²
P15c: 14					0,86 m ³	10,29 m ²
Pilar retangular	P16	2,280	0,250	0,950	7,04 m ³	71,14 m ²
P16: 13					7,04 m ³	71,14 m ²
Pilar retangular	P16c	0,490	0,250	0,950	1,63 m ³	16,46 m ²
P16c: 14					1,63 m ³	16,46 m ²
Pilar retangular	P17	2,280	0,250	0,850	6,30 m ³	65,21 m ²
P17: 13					6,30 m ³	65,21 m ²
Pilar retangular	P17c	0,490	0,250	0,850	1,46 m ³	15,09 m ²
P17c: 14					1,46 m ³	15,09 m ²
Pilar retangular	P18	2,280	0,250	0,850	6,30 m ³	65,21 m ²
P18: 13					6,30 m ³	65,21 m ²
Pilar retangular	P18c	0,490	0,250	0,850	1,46 m ³	15,09 m ²
P18c: 14					1,46 m ³	15,09 m ²
Pilar retangular	P19	2,280	0,250	0,850	6,30 m ³	65,21 m ²
P19: 13					6,30 m ³	65,21 m ²
Pilar retangular	P19c	0,490	0,250	0,850	1,46 m ³	15,09 m ²
P19c: 14					1,46 m ³	15,09 m ²
Pilar retangular	P20	2,280	0,250	0,950	7,04 m ³	71,14 m ²
P20: 13					7,04 m ³	71,14 m ²
Pilar retangular	P20c	0,490	0,250	0,950	1,63 m ³	16,46 m ²
P20c: 14					1,63 m ³	16,46 m ²
Pilar retangular	P21	2,280	0,500	0,250	3,71 m ³	44,46 m ²
P21: 13					3,71 m ³	44,46 m ²
Pilar retangular	P21c	0,490	0,500	0,250	0,86 m ³	10,29 m ²
P21c: 14					0,86 m ³	10,29 m ²
Pilar retangular	P22	2,280	0,500	0,250	3,71 m ³	44,46 m ²
P22: 13					3,71 m ³	44,46 m ²

Pilar retangular	P22c	0,490	0,500	0,250	0,86 m ³	10,29 m ²
P22c: 14					0,86 m ³	10,29 m ²
Pilar retangular	P23	2,280	0,250	0,850	6,30 m ³	65,21 m ²
P23: 13					6,30 m ³	65,21 m ²
Pilar retangular	P23c	0,490	0,250	0,850	1,46 m ³	15,09 m ²
P23c: 14					1,46 m ³	15,09 m ²
Pilar retangular	P24	2,280	0,350	0,850	8,82 m ³	71,14 m ²
P24: 13					8,82 m ³	71,14 m ²
Pilar retangular	P24c	0,490	0,350	0,850	2,04 m ³	16,46 m ²
P24c: 14					2,04 m ³	16,46 m ²
Pilar retangular	P25	2,280	0,300	0,850	7,56 m ³	68,17 m ²
P25: 13					7,56 m ³	68,17 m ²
Pilar retangular	P25c	0,490	0,300	0,850	1,75 m ³	15,78 m ²
P25c: 14					1,75 m ³	15,78 m ²
Pilar retangular	P26	2,280	0,300	0,850	7,56 m ³	68,17 m ²
P26: 13					7,56 m ³	68,17 m ²
Pilar retangular	P26c	0,490	0,300	0,850	1,75 m ³	15,78 m ²
P26c: 14					1,75 m ³	15,78 m ²
Pilar retangular	P27	2,280	0,250	0,850	6,30 m ³	65,21 m ²
P27: 13					6,30 m ³	65,21 m ²
Pilar retangular	P27c	0,490	0,250	0,850	1,46 m ³	15,09 m ²
P27c: 14					1,46 m ³	15,09 m ²
Pilar retangular	P28	2,280	0,500	0,250	3,71 m ³	44,46 m ²
P28: 13					3,71 m ³	44,46 m ²
Pilar retangular	P28c	0,490	0,500	0,250	0,86 m ³	10,29 m ²
P28c: 14					0,86 m ³	10,29 m ²
Grand total: 766					223,33 m ³	2204,60 m ²

<Quantitativos - Lajes>						
A	B	C	D	E	F	G
Familia	Tipo	Área	Perímetro	Espessura	Volume	Área de Fôrma
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
Floor	Laje - 11cm	459,81 m ²	171,531	0,110	50,58 m ³	478,68 m ²
478,68 m ² : 14					708,10 m ³	6701,46 m ²
Grand total: 14					708,10 m ³	6701,46 m ²

<Quantitativos - Vigas>						
A	B	C	D	E	F	G
Família	Tipo	Altura	Comprimento	Largura	Volume	Área de Fôrma
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 9x40cm (0,290	1,852	0,130	0,95 m³	36,82 m²
1,32 m²: 14					0,95 m³	36,82 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x60cm	0,490	1,219	0,130	112,93 m³	1174,67 m²
1,35 m²: 434					112,93 m³	1174,67 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900		0,130	2,73 m³	90,20 m²
1,61 m²: 28					2,73 m³	90,20 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	0,840	0,130	1,38 m³	45,41 m²
1,62 m²: 14					1,38 m³	45,41 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	0,856	0,130	1,40 m³	46,26 m²
1,65 m²: 14					1,40 m³	46,26 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	1,007	0,130	1,55 m³	50,55 m²
1,94 m²: 13					1,55 m³	50,55 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	1,030	0,130	1,69 m³	55,66 m²
1,99 m²: 14					1,69 m³	55,66 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	1,219	0,130	30,00 m³	404,73 m²
2,35 m²: 86					30,00 m³	404,73 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x105c	0,940	1,255	0,130	2,41 m³	70,61 m²
2,52 m²: 14					2,41 m³	70,61 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	1,488	0,130	2,48 m³	74,64 m²
2,87 m²: 13					2,48 m³	74,64 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	1,994	0,130	6,14 m³	200,15 m²
3,85 m²: 26					6,14 m³	200,15 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	2,008	0,130	0,47 m³	15,50 m²
3,87 m²: 2					0,47 m³	15,50 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	2,017	0,130	7,08 m³	218,03 m²
3,89 m²: 28					7,08 m³	218,03 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	2,225	0,130	3,62 m³	111,63 m²
4,29 m²: 13					3,62 m³	111,63 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	2,237	0,130	0,28 m³	8,64 m²
4,32 m²: 1					0,28 m³	8,64 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x60cm	0,490	3,935	0,130	3,53 m³	122,29 m²
4,37 m²: 14					3,53 m³	122,29 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x60cm	0,490	4,045	0,130	3,63 m³	125,71 m²
4,49 m²: 14					3,63 m³	125,71 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x60cm	0,490	4,625	0,130	8,29 m³	287,47 m²
5,13 m²: 28					8,29 m³	287,47 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x60cm	0,490	4,695	0,130	4,21 m³	145,91 m²
5,21 m²: 14					4,21 m³	145,91 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x60cm	0,490	5,355	0,130	4,80 m³	166,42 m²
5,94 m²: 14					4,80 m³	166,42 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x60cm	0,490	5,367	0,130	4,80 m³	166,82 m²
5,96 m²: 14					4,80 m³	166,82 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x60cm	0,490	5,685	0,130	5,09 m³	176,68 m²
6,31 m²: 14					5,09 m³	176,68 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	3,694	0,130	0,44 m³	14,26 m²
7,13 m²: 1					0,44 m³	14,26 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	3,707	0,130	11,75 m³	386,37 m²
7,16 m²: 27					11,75 m³	386,37 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x60cm	0,490	6,585	0,130	5,89 m³	204,65 m²
7,31 m²: 14					5,89 m³	204,65 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x60cm	0,490	6,597	0,130	5,89 m³	205,04 m²
7,32 m²: 14					5,89 m³	205,04 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	6,127	0,130	10,06 m³	331,12 m²
11,83 m²: 14					10,06 m³	331,12 m²
M_Concrete-Rectangular Beam	Viga 13x90cm	0,900	11,930	0,130	19,78 m³	644,70 m²
23,03 m²: 14					19,78 m³	644,70 m²
Grand total: 910					263,28 m³	5580,94 m²