



**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO BIM**

MARIANA COSTA DE FARIAS

**A UTILIZAÇÃO DO PROCESSO *BIM* NA ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTOS DE OBRAS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Salvador

2016

MARIANA COSTA DE FARIAS

**A UTILIZAÇÃO DO PROCESSO *BIM* NA ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTOS DE OBRAS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Especialização em Gerenciamento *BIM* – Modelagem da Informação da Construção da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito final para a obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dra. Larissa da S. Paes Cardoso

Salvador

2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

F224u Farias, Mariana Costa de

A utilização do processo BIM na elaboração de orçamentos de obras de construção civil / Mariana Costa de Farias. – Salvador, 2016.

54 f. : il. color.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Larissa da Silva Paes Cardoso.

Monografia (Gerenciamento em BIM – Modelagem da Informação da Construção) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2016.

Inclui referências.

1. BIM (Building Information Modeling). 2. Orçamento de obras. 3. Quantificação – Construção civil. 4. 5D – Processo BIM. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Cardoso, Larissa da Silva Paes. III. Título.

CDD: 624

MARIANA COSTA DE FARIAS

**A UTILIZAÇÃO DO PROCESSO *BIM* NA ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTOS DE OBRAS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Especialização em Gerenciamento *BIM* – Modelagem da Informação da Construção da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito final para a obtenção do título de Especialista.

Aprovado em 04 de novembro de 2016.

Banca Examinadora:

Larissa da S. Paes Cardoso – Orientadora _____

Doutora em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil

Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Carla Carvalho Simões _____

Mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil

Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Emerson de Andrade Marques Pereira _____

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

Universidade Federal da Bahia UFBA

Dedico este trabalho a todos os meus colegas do curso de gerenciamento *BIM*.

AGRADECIMENTOS

À professora Larissa Paes, pelo auxílio e orientação na elaboração deste trabalho.

Às minhas companheiras e amigas do Núcleo de Inovação *BIM* (NIB).

Aos meus colegas de trabalho por todos os ensinamentos e aprendizado.

Aos familiares e a todos que de alguma forma, contribuíram para esta construção deste projeto final de curso.

RESUMO

Building Information Modeling (BIM) ou modelagem da informação da construção é um processo que propõe a integração entre as diferentes disciplinas envolvidas no projeto em um modelo único, buscando assim criar um novo nível de compartilhamento de dados. Dentre os dados a serem incorporados ao modelo, estão os custos relativos à construção. O uso do modelo integrado, na elaboração do orçamento, pretende minimizar alguns erros comuns, principalmente referente ao levantamento de quantitativos. Diversas ferramentas BIM permitem a inclusão de informações relacionadas aos custos das construções, com o intuito de facilitar e aprimorar o trabalho de orçamentação. Neste estudo, inicialmente foi realizada uma análise do processo de orçamento tradicional através de pesquisa bibliográfica. Diante de dificuldades e falhas do processo atual, foram analisadas as ferramentas disponíveis no mercado que permitem a integração entre orçamento e o modelo BIM, para então selecionar aquelas que melhor supriam as necessidades levantadas. Essa escolha foi embasada em informações no referencial teórico e na utilização prévia das ferramentas em uma etapa de experimentação. Foram aplicados então três métodos de integração entre o orçamento e o modelo BIM, com o objetivo de fazer uma análise comparativa entre os processos, verificando também quais as diferenças em relação à forma de orçamentação tradicional. Como resultado, pode-se notar que a utilização do modelo viabiliza uma melhor gestão das informações de custo, principalmente no que se refere aos quantitativos, permitindo também maior facilidade de absorção das alterações de projeto e do estudo de alternativas técnicas.

Palavras-chave: *BIM*. Orçamento. 5D. Quantificação.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) or modeling of the construction information is a process that proposes the integration of the different disciplines involved in the project in a single model, thus seeking to create a new data sharing level. Among the data to be incorporated into the model are the costs of construction. The use of the integrated model, in preparing the budget, want to minimize some common mistakes, especially regarding the quantitative survey. Several BIM tools allow the inclusion of information related to the construction costs, in order to facilitate and improve the budgeting work. This study was initially conducted an analysis of the traditional budget process through literature. In the face of difficulties and failures of the current process were analyzed tools available that allow integration between budget and the BIM model, and then select those that best supriam the raised requirements. This choice was based on information in the theoretical framework and previous use of the tools in a trial stage. They were then applied three methods of integration between the budget and the BIM model, in order to make a comparative analysis of the processes, checking also that the differences in the form of traditional budgeting. As a result, it can be noted that the use of this model enables better management of the cost information, especially with regard to quantitative. also allowing easier absorption of design changes and technical alternatives study.

Keywords: BIM. Estimated cost. 5D .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de etapas do orçamento convencional	Pág. 21.
Figura 2: Evolução do processo de projeto. Fluxo de trabalho centrado	Pág. 28.
Figura 3: Evolução do processo de projeto. Fluxo de trabalho <i>BIM</i>	Pág. 29.
Figura 4: Estimativa de quantitativo tradicional x quantificação baseada em <i>BIM</i> .	Pág. 30.
Figura 5: Imagem e planta baixa do projeto .	Pág. 33.
Figura 6: Fluxo de trabalho do método de estudo 01	Pág. 36.
Figura 7: Trecho da listagem com a classificação dos elementos	Pág. 37.
Figura 8: Associação do keynote aos materiais aplicados no modelo	Pág.37.
Figura 9: Associação do keynote aos materiais aplicados no modelo	Pág. 38.
Figura 10: Trecho da tabela de quantitativos gerada no Revit	Pág. 38.
Figura 11: Trecho da tabela de quantitativos exportada para Excel. Destaque do código atribuído ao serviço através do parâmetro keynote	Pág. 39.
Figura 12: Destaque do código da composição no <i>software</i> de orçamento.	Pág. 39.
Figura 13: Fluxo de trabalho do método de estudo 02	Pág. 40.
Figura 14: Importação do arquivo no formato IFC.	Pág. 41
Figura 15: Elementos de revestimento externos destacados na visualização	Pág. 41.
Figura 16: Alvenarias de blocos cerâmicos destacados na visualização	Pág. 42
Figura 17: Tabela de quantitativo padrão 01 exportada do Solibri	Pág. 42
Figura 18: Tabela de quantitativo padrão 02, exportada do Solibri.	Pág. 43.
Figura 19: Fluxo de trabalho do método de estudo 03.	Pág. 44
Figura 20: Tabela de quantidades com destaque de uma determinada esquadria.	Pág. 44
Figura 21: Visualização dos diferentes itens quantificados de um elemento. Destaque para a face externa da alvenaria.	Pág. 45
Figura 22: Associação das quantidades aos serviços da planilha orçamentária	Pág. 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos orçamentos.	Pág. 19.
Tabela 2: Comparativo das relações do projeto e orçamento	Pág. 21.
Tabela 3: Resumo das principais funcionalidades das ferramentas	Pág. 31.
Tabela 4: Nomenclatura de famílias	Pág. 35.
Tabela 5: Exemplo de tabela de camadas de revestimentos	Pág. 35.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BIM - Building Information Modeling

CIMATEC - Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia

IFC - Industry Foundation Classes

WWW - World Wide Web

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 OBJETIVOS.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 ORÇAMENTO	15
2.1.1 CONCEITOS.....	15
2.1.2 IMPORTÂNCIA DO ORÇAMENTO.....	16
2.1.3 TIPOS DE ORÇAMENTO	18
2.1.4 ETAPAS DE ORÇAMENTAÇÃO.....	20
2.2 PROBLEMAS DO ORÇAMENTO “CONVENCIONAL”	24
2.3 BIM	25
2.4 ORÇAMENTAÇÃO E BIM - 5D.....	27
3. METODOLOGIA.....	31
3.1 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO	34
3.2 DESENVOLVIMENTO DO MODELO BIM.....	34
3.3 MÉTODO 01 – PLATAFORMA GENÉRICA – FERRAMENTA DE ORÇAMENTO.....	36
3.4 MÉTODO 02 - FERRAMENTA DE QUANTIFICAÇÃO – FERRAMENTA DE ORÇAMENTO	41
3.5 MÉTODO 03 - MODELO – FERRAMENTA DE ORÇAMENTO.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 Método 01.....	47
4.2 Método 02.....	48
4.3 Método 03.....	48
5. CONCLUSÃO.....	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

No mercado atual cada vez mais competitivo, e tendo consumidores mais exigentes para a execução de qualquer empreendimento, torna-se necessário um estudo de viabilidade econômica, um orçamento detalhado e um rigoroso acompanhamento físico-financeiro da obra (KNOLSEISEN, 2003).

Todos os envolvidos na indústria da construção civil têm interesse na qualidade dos orçamentos. Os contratantes, por exemplo, necessitam de um correto detalhamento do orçamento, uma vez que possíveis diferenças entre os custos definidos no orçamento e aqueles realmente gastos na execução, poderão implicar em prejuízos para os mesmos (GONÇALVES, 2011).

Toda estimativa orçamentária é passível de erro, sendo menor, quanto melhor for a qualidade de informações disponíveis e mais apurada e criteriosa for a orçamentação (LIMMER, 1997; MATTOS, 2006 *apud* BRAGA *et al.*, 2013).

Para a elaboração de um orçamento preciso, torna-se indispensável o conhecimento das características do projeto. Segundo Otero (2000), a estimativa de custos se baseia nas características físicas e tecnológicas do produto. Dessa forma, cria-se um retrato no qual são determinadas as quantidades de materiais, equipamentos e mão-de-obra, prazos para produção e conseqüentemente os custos a serem acarretados.

Os avanços na área de computação gráfica e de novos métodos de construção culminaram com o desenvolvimento dos sistemas de Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM). As novas ferramentas digitais comportam ir além das representações, no sentido de que permitem modelar o projeto tridimensionalmente em escala real, fazer percursos interativos, cálculos de iluminação global, simular zonas de conforto ambiental, emitir quantitativos de materiais, etc (ANDRADE, 2012).

De acordo com Sabol (2008),

“O *BIM* oferece uma tecnologia potencialmente transformadora, por meio da sua capacidade de fornecer um recurso digital comum para todos os participantes na gestão do ciclo de vida de um edifício, desde o desenho preliminar, até a gestão de instalações. Como uma base de dados visual dos componentes do edifício, o *BIM* pode fornecer a quantificação exata e automatizada e ajudam a reduzir de forma significativa a variabilidade das estimativas de custos”.

De acordo com Matipa (2008), com a utilização do modelo *BIM*, há uma produção de dados concretos nas fases iniciais do processo de projeto. O intercâmbio de informações de projetos na indústria da construção está evoluindo e se distanciando dos desenhos 2D em papel, seguindo para modelos digitais 3D semanticamente ricos. Esta abordagem está prevista para se tornar o principal meio de troca de informações entre as várias partes envolvidas em um projeto de construção (STEEL; DROGEMULLER; TOTH, 2010).

O uso do modelo paramétrico integrado à elaboração do orçamento pretende minimizar alguns erros comuns. Diversas ferramentas BIM permitem a inclusão das informações relacionadas aos custos das construções, buscando facilitar e aprimorar o trabalho de orçamentação (EASTMAN *et al.*, 2014). No gerenciamento de custos é necessário usar dados de diferentes profissionais. A falha na comunicação entre os profissionais, especialmente sobre a localização das informações, acaba bloqueando a troca de informação (KHOSROVSHAHI; KAKÁ, 1996 *apud* MATIPA, 2008).

“ A falta de comunicação entre setores resulta também na realização de nova quantificação de serviço, seja por não confiar no dado do orçamento, seja por ter havido modificações de projeto sem que as mesmas fossem consideradas no cálculo de quantitativo do orçamento” (ANDRADE; SOUZA, 2003).

A quantificação é tradicionalmente a etapa inicial na elaboração de orçamentos para obras de construção civil. Atualmente este processo é demorado, podendo consumir de 50% a 80% das horas de trabalho de um orçamentista durante um projeto. Além disso, o processo está suscetível a erros humanos, que tendem a propagar as imprecisões ao longo do projeto. Neste sentido, o BIM oferece a capacidade de gerar, quantidades e medidas diretamente do modelo, reduzindo erros e proporcionando um processo em que a informação permanece consistente ao longo da obra e as mudanças podem ser facilmente acomodadas (SABOL, 2008).

O principal objetivo da estimativa de custo é captar com precisão os dados de custo necessários no projeto do edifício e evitar o risco de superação orçamental em fase de construção. Com o modelo *BIM*, espera-se uma precisão destas estimativas de custos obtidas com a identificação automática dos componentes da construção (KUO; EASTMAN, 2009).

Em um projeto integrado, de acordo com a abordagem apresentada pelo BIM, os principais participantes estão envolvidos desde o primeiro momento prático. As decisões são tomadas tendo como referência informações mais completas, construídas com o conhecimento de todos os envolvidos. Este processo resulta na integração de concepção, projeto e execução da edificação (WITICOVSKI, 2008).

1.2 JUSTIFICATIVA

No Brasil, por enquanto, são poucas as empresas que estão incorporando o uso do *BIM* na orçamentação. A quantificação automática e precisa é a primeira e principal vantagem citada quando se trata do assunto, já que as ferramentas que suportam a tecnologia permitem calcular instantaneamente todos os quantitativos. Entretanto a interação as ferramentas BIM e de orçamentação demanda uma evolução, abarcando: (i) bibliotecas com dados precisos; (ii) profissionais capacitados a operar na lógica do modelo 3D; e, sobretudo, (iii) a disseminação de informação sobre o assunto (BRADA, 2012).

A integração entre o orçamento e modelo BIM tem se apresentado como uma grande melhoria (Diniz (2013, p.14), aborda que:.

“A elaboração de custos por meio de sistemas orçamentários informatizados e os estudos na área de modelagem nos sistemas *BIM* vêm contribuindo significativamente nos processos de projeto e de construção de edificações”.

Nesse contexto, o intuito da pesquisa é ilustrar de qual forma e em que nível as ferramentas de elaboração de orçamento poderão ser integradas ao processo *BIM*. Verificando quais as diferenças em relação à forma de orçamentação original, buscando uma análise mais profunda do processo em si.

Com este estudo pretende-se esclarecer se as ferramentas hoje disponíveis no mercado brasileiro, que propõem a integração entre modelos paramétricos e orçamento, atendem corretamente à demanda do processo *BIM*. E quais mudanças surgem no processo de elaboração das estimativas de custo com a utilização dessas ferramentas.

Poucos estudos mapeados na pesquisa bibliográfica possuem ênfase na área de orçamento aplicado ao BIM, e sua maioria aborda a análise das vantagens da quantificação automática. Por sua vez, apesar de ser um campo relevante, o estudo do processo de orçamentação é pouco explorado.

1.3 OBJETIVOS

Verificar quais as mudanças que ocorrem no processo de elaboração de estimativas de custo com a utilização de ferramentas de orçamento integradas ao processo *BIM*.

- Analisar se as ferramentas disponíveis no mercado brasileiro, que permitem a integração entre orçamento e o modelo, realmente atendem ao processo *BIM*.

- Verificar se as ferramentas de integração entre orçamento e o modelo estão adequadas à realidade brasileira.
- Averiguar as reais melhorias da utilização do processo *BIM* integrado à elaboração do orçamento de obras de construção civil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ORÇAMENTO

2.1.1 CONCEITOS

O orçamento é uma informação indispensável dentro do processo de empreender em construção civil. É naturalmente desenvolvido nas diferentes etapas da construção, desde a etapa de viabilidade inicial para compra do terreno e definição do produto a ser lançado, até a identificação dos custos incorridos e custos pós-obra, que irão compor dados históricos a serem utilizados em orçamentos futuros (ASSUMPÇÃO *et al.*, 1999 *apud* PARISOTTO, 2003).

Segundo Cardoso (2009) o orçamento é um documento valioso, pois uma obra iniciada e sem a definição do seu custo, ou sem previsão adequada dos recursos necessários, pode resultar em uma obra inacabada.

De acordo com Ávila e Jungles (2001), o conhecimento dos custos é uma informação de grande importância, principalmente em empresas de engenharia em que os custos acontecem continuamente e em valores expressivos e o faturamento ocorre de forma discreta (PARISOTTO, 2003).

Mattos (2006) define o orçamento como uma técnica que envolve a identificação, descrição, quantificação e análise de valor dos itens que deverão compor o preço de venda um empreendimento.

O orçamento de uma edificação é desenvolvido basicamente seguindo três fatores: caracterização física, com definição dos elementos construtivos; os recursos materiais e humanos a serem utilizados na produção destes elementos; e os custos relativos ao uso de tais recursos. Cada fator é sujeito a variações e a união de suas variabilidades determina os níveis de incerteza global e de precisão da estimativa (OTERO, 2000).

Os custos de uma construção são determinados somando-se os custos diretos: mão-de-obra, material, equipamento, e despesas indiretas: equipes de supervisão e apoio, despesas gerais do canteiro de obras, taxas, etc (MATTOS, 2006).

Os custos diretos são compostos pelos custos dos insumos; materiais, mão-de-obra e equipamentos; ligados diretamente à produção de um bem ou serviço e são previstos nas composições unitárias. Já as despesas indiretas decorrem da estrutura da obra e da empresa e não podem ser atribuídos exclusivamente à produção de um determinado bem ou execução de um serviço, mas são necessários para que os mesmos sejam realizados (JESUS; BARROS, 2009).

Entretanto, orçar não é apenas a soma destes valores e sim um estudo de vários itens, que para uma boa elaboração exige um conhecimento detalhado de cada serviço (e suas etapas) e suas especificações, para gerar orçamentos precisos (SCHEER, 2009).

Vários são os setores envolvidos com a atividade de estimar custos. Para cálculo do custo direto há a necessidade de projetos ou informações que relaciona dados de obras anteriores com a que será executada para quantificar os serviços; para definição das composições de custos tem-se a necessidade de indicadores de desempenho dos insumos, obtidos a partir de apropriação em obra, e de informações quanto ao preço dos insumos avaliados (ANDRADE; SOUZA, 2003, p.4).

Pode-se definir orçamento como um instrumento de planejamento e controle ligado aos planos de produção e investimento com a finalidade de otimizar os recursos físicos e monetários à disposição da empresa (GARCIA, 2011).

Desta forma, o processo orçamentário é um sistema de trabalho que envolve toda a empresa e tem por objetivo prever os custos a serem incorridos e o faturamento que cada serviço pode realizar, considerando um determinado período de tempo. Seu intuito é avaliar o desempenho do projeto e, conseqüentemente, sua expressão na projeção do balanço financeiro da empresa (PARISOTTO, 2003).

2.1.2 IMPORTÂNCIA DO ORÇAMENTO

No setor público, ou na iniciativa privada, antes mesmo do desenvolvimento detalhado de um projeto executivo já existe uma preocupação de se ter uma noção do custo do empreendimento. É a partir dessa avaliação prévia que será possível optar por aumento de escopo, ou corte de elementos, ou até mesmo abortar o projeto se o empreendedor não dispor dos recursos necessários. A estimativa preliminar do custo da obra é o primeiro ingrediente de qualquer estudo de viabilidade (MATTOS, 2006).

Goldman (1997) também ressalta o valor da estimativa de custo, “o orçamento detalhado de uma obra, é sem dúvida, a mais importante ferramenta para o planejamento e acompanhamento dos custos de construção”.

Andrade e Souza (2003) afirmam que a qualidade da previsão dos custos é fundamental para a sobrevivência de uma empresa de Construção Civil, entretanto a estimativa deve ser útil não somente para definir o preço para a execução da obra, mas também como ferramenta auxiliar para várias outras atividades associadas ao processo construtivo.

Segundo Otero (2013), Mattos (2006) e Goldman (1997), a estimativa de custos funciona como uma ferramenta para o gerenciamento de obras. O propósito do orçamento não se resume à definição do custo da obra. Ele tem uma abrangência maior, servindo de subsídio para outras aplicações, tais como:

- Controle das despesas efetivadas dentro do processo de produção tendo em vista os valores definidos na estimativa.
- Elaboração de índices de custo, de consumo de recursos e de formação equipes de trabalho.
- Realização de simulações - cenários alternativos de orçamento com diferentes metodologias construtivas, produtividades, jornadas de trabalho, etc.
- Geração de cronogramas físico e financeiro - o cronograma físico retrata a evolução dos serviços ao longo do tempo. O cronograma financeiro é a distribuição temporal dos valores.
- Análise da viabilidade econômico-financeira - o balanço entre os custos e as receitas mensais.
- Cálculo de recursos necessários à realização de cada sub-etapa de serviço e, deste modo, permite a programação de sua execução e ao correto abastecimento destes recursos dentro da obra.
- Delimitação, dentro de um quadro de medição, das partes componentes do edifício de maneira a permitir o acompanhamento do cronograma de produção.

O estudo do custo deve acompanhar o desenvolvimento do processo de projeto desde suas fases iniciais até a conclusão do projeto executivo fornecendo o embasamento para a tomada de decisões (GONÇALVES, 2011).

2.1.3 TIPOS DE ORÇAMENTO

O método utilizado para se alcançar o custo de uma construção está ligado ao nível de detalhamento do projeto, com o tempo disponível para análise e com o uso a que se destina. Entretanto, os métodos invariavelmente contam com os dados históricos de projetos anteriores, seja de obras próprias; seja de referenciais aos quais compreendem as composições, os quantitativos e as relações entre as variáveis geométricas (OLIVEIRA, 1990).

Além disso, cada obra apresenta particularidades que a distingue das demais, o que implica que o orçamento deva ser elaborado levando-se em conta as condições de contorno relativas ao empreendimento estudado. Deve-se considerar também, a data de elaboração e o grau de precisão, pois são elementos importantes que caracterizam o orçamento da obra (BARROS, JESUS, 2009).

Para Lichtenberg (1985), cada etapa do ciclo do processo de construção mantém diferentes tipos de decisões a serem tomadas, sendo exigidos níveis diferenciados de exatidão nos resultados de estimativas utilizadas em cada uma destas etapas.

Segundo Mattos (2006), os orçamentos podem ser classificados enquanto seu grau de precisão da seguinte forma:

- Estimativa de custo - avaliação expedita com base em custos históricos e comparação com projetos similares que propicia uma ideia aproximada da ordem de grandeza do custo do empreendimento.
- Orçamento preliminar - mais detalhado do que a estimativa de custos pressupõe o levantamento de quantidades e requer a pesquisa de custos dos principais insumos e serviços.
- Orçamento analítico ou detalhado - elaborado com composição de custos e extensa pesquisa de preços dos insumos, que alcança um valor bem próximo do custo "real", com uma reduzida margem de incerteza.

De acordo com Andrade (1996), Araujo (2003) *apud* Santos e Garcia (2012) e Parisoto (2003), além da classificação quanto o grau de precisão, os orçamentos são definidos de acordo com métodos de elaboração, sendo os principais apresentados a seguir:

- Convencional: é realizado a partir de composições de custo, dividindo os serviços em partes e orçando por unidade de serviço; De acordo com o nível de agregação dos serviços, este pode ser apresentado sob a forma analítica ou detalhada, quando a apresentação é feita contemplando todos os serviços e composições unitárias – ou de forma sintética – quando o orçamento é apresentado apenas com a discriminação dos principais serviços.
- Operacional: este tipo de orçamento preocupa-se com 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.
- Paramétrico: é um orçamento aproximado, utilizado em estudos de viabilidade ou consulta rápidas de clientes. Resultado da decomposição da obra nos seus diversos serviços, tendo suas quantidades determinadas e associadas ao custo unitário de execução.
- Método pelas características geométricas: utiliza como parâmetro a semelhança dos elementos construtivos. Baseia-se na análise de custos por elementos de construção de edifícios do mesmo tipo e com alguma semelhança relativa do elemento analisado no edifício de estudo.
- Processo de correlação: o custo é correlacionado com uma ou mais variáveis de mensuração, podendo ser uma correlação simples – produtos semelhantes – ou uma correlação múltipla – o projeto é decomposto em partes ou itens.

Witicovski (2011) estabeleceu um quadro resumo agrupando as definições de vários autores sobre a classificação dos orçamentos.

Tabela 1: Classificação dos orçamentos. Fonte: Witicovski (2011)

Stonner (2001); Avila et. al. (2003); Sampaio (2005); Xavier (2008).	ESTIMATIVA DE CUSTO	Avaliação histórica com projetos similares. Por índices CUB ou Custo Unitário PINI. NBR 12721
Avila et. al. (2003); Sampaio (2005); Xavier (2008).	ORÇAMENTO PRELIMINAR	Sintético, resumido ou estimativa. Levantamento de quantitativos em projetos incompletos e custos dos principais serviços. Pode conter o BDI.
Stonner (2001);	ORÇAMENTO POR SIMILARIDADE	Proporção direta de uma obra similar. $C1/C2 = T1/T2$. C1 E C2 custo de duas obras corrigidas pelo tempo.
Stonner (2001);	ORÇAMENTO POR CORRELAÇÃO	Por similaridade levando em conta o ganho de escala. $C1/C2 = (T1/T2)^n$ n é o expoente de escala, característico de cada empreendimento.
Avila et. al. (2003)	ORÇAMENTO EXPEDITO	Com projetos executivos. Especificações sucintas, mas definitivas. Composições de custo genéricas.
Stonner (2001); Avila et al. (2003); Sampaio (2005); Xavier (2008)	ORÇAMENTO ANALÍTICO OU DETALHADO	Mais preciso e detalhado. Base nas composições de custos unitários (material, mão de obra e equipamentos) + custos indiretos + BDI. Avila et. al. (2003) difere do orçamento detalhado (com projetos executivos) do analítico (todos os elementos necessários).
Andrade (1996); Araujo (2003); Santos et. al. (2009);	ORÇAMENTO EXECUTIVO	Adequa as informações de custo aos dados obtidos em obra segundo o conceito de operação. Preocupa-se com todos os detalhes de como uma obra será executada.

2.1.4 ETAPAS DE ORÇAMENTAÇÃO

Esquemáticamente, a orçamentação engloba três grandes etapas de trabalho: estudo das condicionantes, agregação dos dados de custos e determinação do preço (MATTOS, 2006; DIAS, 2001).

Inicialmente são levantados todos os elementos técnicos pertinentes ao projeto propriamente dito, tais como projetos e especificações técnicas, e fazem-se consultas ao cliente. Em seguida, monta-se o custo, que é proveniente das definições técnicas, do plano de ataque da obra, dos quantitativos dos serviços, das produtividades e da cotação de preços ou de dados de custo de obras similares. (MATTOS, 2006; BARROS; JESUS, 2006).

Esta pesquisa irá se ater ao método de orçamentação convencional, que pode ser exemplificado pelas etapas abaixo:

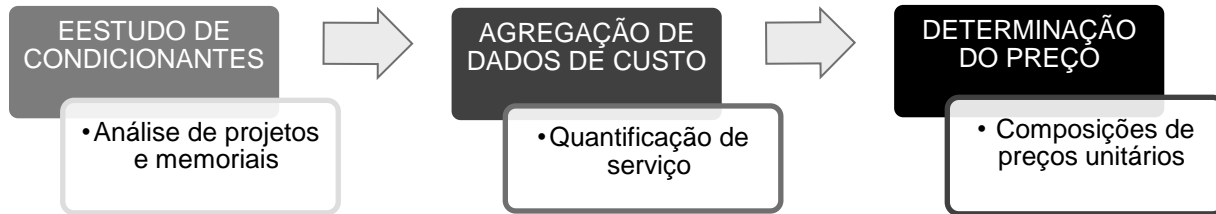


Figura 1: Esquema de etapas do orçamento convencional (Mattos, 2006; Goldman, 1997).

2.1.4.1 ANÁLISE DE PROJETOS E MEMORIAIS

Na elaboração de um orçamento, diferentes documentos são analisados, entre memoriais, projetos, contratos e planos da produção, além de informações não documentadas tais como a utilização de equipamentos específicos, as necessidades de execução de serviços de infraestrutura no canteiro e os serviços de movimentação de terra (KERN, 2005).

A elaboração de projetos precisos e completos é extremamente necessária, uma vez que são as representações usadas para as fabricações reais. Se esses desenhos forem imprecisos e incompletos, ou se são baseados em plantas que já contêm erros, contradições ou omissões, surgirão problemas que consumirão muito tempo e, conseqüentemente demandarão custos significativos associados (Eastman *et al*, 2011).

O nível de detalhamento do projeto está diretamente ligado ao grau de precisão do orçamento, pois cada nível de detalhamento detém volumes distintos de informação. Na tabela 2 foi apresentada esta relação entre nível de projeto e orçamento.

Tabela 2: Comparativo das relações do projeto e orçamento. Fonte: AVILA *et al.* (2003) citado por WITICOVSKI (2011).

TIPO	MARGEM DE ERRO	ELEMENTOS TÉCNICOS NECESSÁRIOS
Avaliações	30% a 20%	Área de construção
		Padrão de acabamento
		Custo unitário de obra semelhante ou custo unitário básico,
Estimativas	20% a 15%	Anteprojeto ou projeto indicativo;
		Custos unitários de serviços de referência;
		Especificações genéricas
		Índices físicos e financeiros de obras semelhantes;
Orçamento Expedido	15% a 10%	Projeto executivo;
		Especificações sucintas, mas definidas;
		Composições de custos e serviços genéricas;
		Custos de insumos de referência;
Orçamento Detalhado	10% a 5%	Projeto executivo;
		Projetos complementares;
		Especificações precisas;
		Composições de custos de serviços específicos;
		Custos de insumos de acordo com a escala de serviços;
Orçamento Analítico	5% a 1%	Todos os elementos necessários ao orçamento detalhado mais o planejamento da obra.

2.1.4.2 QUANTIFICAÇÃO

A identificação de todos os serviços previstos para execução da obra é primordial para se obter um orçamento completo, isto é, o mais próximo possível da realidade de produção da obra. Para isto, tomam-se todos os dados levantados no estudo dos condicionantes da obra e relacionam-se aos serviços previstos nos documentos técnicos e legais (BARROS; JESUS, 2009).

A etapa de levantamento das quantidades é muito importante, pois nesta etapa serão definidas as quantidades de materiais que serão comprados durante toda a obra, bem como o dimensionamento de equipes de trabalho de acordo com os prazos estabelecidos. Um pequeno erro pode tomar enormes proporções (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).

O quantitativo de serviços deve ser feito a partir do levantamento de unidade, área ou volume de elementos ou subsistemas especificados em projeto (FORMOSO *et al.*, 1986). Entretanto, os critérios adotados na quantificação dos serviços deverão ser os mesmos, tanto na fase da elaboração do orçamento como nas fases de medição e aferição dos serviços da obra. Caso contrário, novos levantamentos serão necessários (BARROS, JESUS, 2009).

Essa quantificação pode ser relativamente simples em serviços com poucos insumos como fundações e revestimentos. Porém, quando se trata de instalações prediais por exemplo, o número de insumos tem outra ordem de grandeza, tubos com diferentes diâmetros, conexões, fixações. Neste caso também existe uma dificuldade suplementar que é a quantificação da mão de obra. O serviço precisa ser subdividido com clareza para facilitar esta quantificação (GONÇALVES, 2011).

2.1.4.3 COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS

Composição de custos estabelece os custos incorridos para a execução de um serviço ou atividade, listando todos os insumos que entram na execução do serviço, com suas respectivas quantidades, e seus custos unitários e totais. As categorias de insumos envolvidas em um serviço são tipicamente; material, mão de obra e equipamentos (MATTOS, 2006).

A incidência de cada insumo na produção de uma unidade de serviço é chamada de índice, ou consumo (FORMOSO *et al.*, 1986). Conhecer os índices é fundamental, pois estabelecem a produtividade da mão-de-obra e o rendimento dos equipamentos, bem como do consumo dos materiais, considerando também as respectivas perdas (BARROS; JESUS, 2009).

As composições de custo adotadas pelo mercado da construção geralmente são obtidas por apropriações de serviços realizado pela própria empresa em diversas obras ou utilizando

composições de fabricantes, livros técnicos, empresas de consultoria e tabelas de referência como do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (MATTOS, 2006; DINIZ, 2013).

2.2 PROBLEMAS DO ORÇAMENTO “CONVENCIONAL”

Segundo a revista *The Economist*, trinta por cento do processo de construção é repetido, sessenta por cento do esforço de trabalho é desperdiçado e, ainda, há uma perda de dez devido aos materiais desperdiçados. Isso se dá principalmente devido à falta de integração entre os profissionais envolvidos na indústria AEC – arquitetura, engenharia e construção - e a ineficiente troca de informações entre eles (GOUVÊA; LORENZI; PAULA, 2013).

Muitos setores poderiam contribuir mais ativamente na elaboração das estimativas de custo. Tanto o setor de obras como os setores de planejamento e compras podem contribuir para a definição de especificações e sistemas construtivos, em função das dificuldades de execução, desempenho no uso dos insumos, custos e existência de fornecedores. Apesar disso, as ações se desenvolvem desvinculadas e o orçamento fica restrito ao desenvolvimento de uma série de cálculos feitos a partir de procedimentos pré-estabelecidos. Na realidade, a atividade de estimar custos que é fundamentalmente uma função administrativa assume apenas a função contábil (FINNEY, 2000 *apud* ANDRADE; SOUZA, 2003).

Vários métodos são usados para quantificar e discriminar todos os custos associados a um projeto de construção. Um orçamentista deve considerar os planos de ataque da construção, especificações, as condições do local, custos, inflação provável, lucros potenciais, o tempo, e questões de segurança. Quantificar cada um desses itens, pode ser desafiador e demorado (ALDER, 2006).

Por possuir muitas vezes procedimentos manuais, a orçamentação de obras pode ser vítima de diversos equívocos. Muitos deles ocorrem na etapa de levantamento de quantitativos. Um erro no levantamento de quantitativos pode ser refletido na avaliação do custo final da construção. Portanto, considerando-se a importância do processo de levantamento de quantitativos, é possível compreender a necessidade da melhoria do processo de orçamentação (ANTUNES; BALBINOT; SANTOS, 2014).

Normalmente as inconsistências de projeto só são descobertas no canteiro de obras. Estes erros e omissões previamente desconhecidos, geram inúmeras mudanças no projeto. Cada mudança

requer um procedimento específico para determinar sua consequência, e avaliar as implicações de tempo e custo (FLORIO, 2007).

As avaliações de custos imprecisas, impossibilitam um processo de orçamento eficiente e geram problemas que acabam levando a insuficiência de recursos para a conclusão do empreendimento (ANDRADE, 2012).

Segundo Andrade e Souza (2003), a falta de comunicação entre setores resulta na elaboração de novos quantitativos de serviço, seja pela falta de confiança no dado inicial do orçamento, seja por terem sido efetivadas modificações de projeto.

De maneira geral, falta aos profissionais intervenientes nessa cadeia uma visão holística do empreendimento e o entendimento de como o valor é gerado e evolui ao longo da cadeia. Isso acarreta um processo construtivo segmentado, no qual as soluções, ao longo da cadeia, desde as etapas iniciais, trocam sucessivamente de mãos, de maneira sequencial, sem mecanismos que garantam uma efetiva sinergia e interação entre os diversos envolvidos (WITICOVSKI, 2011).

Apesar destes problemas bastante enraizados, há também a busca por uma melhoria e maior eficiência dos processos da indústria da construção civil. Acredita-se que existem conceitos e recursos disponíveis no mercado, capazes de suprir e orientar os profissionais nesta busca, resultando na elaboração de um bom projeto, sendo este capaz de fornecer informações suficientes para um bom planejamento de prazo e custo (GOUVÊA; PAULA; LORENZI, 2013).

2.3 BIM

Na década de 1970 começaram as discussões em torno de um processo colaborativo em arquitetura. Os primeiros resultados de algumas pesquisas na construção civil, como a realizada na Universidade de Stanford, para a construção do modelo 4D do *Walt Disney Concert Hall* do arquiteto Frank Gehry, apontam a importância do trabalho multidisciplinar para solucionar construções de grande complexidade (FLORIO, 2007).

Os conceitos, abordagens e metodologias que hoje são identificados como pertencentes ao *BIM* podem ser datados de cerca de 30 anos. Já a terminologia de fato está em circulação há, pelo menos, 15 anos (PAULA; GOUVEA; LORENZI, 2003).

O *BIM* envolve fundamentalmente a modelagem das informações do edifício, criando um modelo digital integrado de todas as especialidades, e que abrange todo o ciclo de vida da edificação. A modelagem 3D paramétrica e a interoperabilidade são características essenciais que dão suporte a esse conceito (AZEVEDO, 2009).

A maior parte das informações necessárias para o pleno desenvolvimento de todo o ciclo de uma construção, desde a fase inicial do projeto até a conclusão da obra podem estar agregadas no modelo BIM. Quando implementado corretamente, o BIM facilita a interação entre os projetistas e os construtores, resultando em uma edificação de alta qualidade, com baixo custo e reduzido tempo de execução (EASTMAN, et al., 2014).

Ainda de acordo com Eastman et al. (2014), o BIM envolve tecnologias e processos que devem ser usados na produção, comunicação e análise dos modelos de construção. Além disso, dá suporte a uma prática de projeto integrada, no sentido que todos os participantes convirjam seus esforços para a construção de um “modelo único” de edifício. A incorporação de um processo fundamentado no BIM pode ser decisiva na melhoria das fases do projeto, auxiliando na geração de propostas coerentes com as demandas dos clientes, na integração dos projetos, entre si e com a construção, na redução do tempo e do custo da construção (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) é o processo de produção, uso e atualização de um modelo, realizado colaborativamente, durante o ciclo de vida da construção, pelos vários agentes do empreendimento (Santos, 2014).

A integração das informações gráficas e não gráficas em um só local propicia mais valor ao modelo, funcionando como uma fonte que pode ser acessado por várias pessoas evitando assim desperdício de tempo e dinheiro para duplicar trabalhos. O desperdício atual da duplicação de trabalho no projeto e na construção, embora difícil de quantificar com precisão, é estimado pelo NIBS (*National Institute of Building Sciences*) que se aproxima de US \$ 400 bilhões de dólares anuais, sem contar os processos operacionais. Eliminar este desperdício foi um fator motivador para os proprietários e outros que buscam um resultado superior para os edifícios visando uma melhor coordenação e uma metodologia que evite repetições (AZEVEDO, 2009).

Um exemplo dessa redução de desperdício de tempo são as atualizações de projeto, já que a adoção de modelos paramétricos dos elementos construtivos de uma edificação permite o desenvolvimento de alterações dinâmicas no modelo gráfico, ou seja, a alteração de um elemento reflete automaticamente em todas as pranchas de desenho associadas, bem como nas tabelas de orçamento e especificações (COELHO; NOVAES, 2008).

.O *BIM* opera sobre uma base de dados digital e qualquer alteração feita na base reflete em todas as peças desenhadas que compõem o projeto. Isto permite que os envolvidos no ciclo de vida de um empreendimento - arquitetos, engenheiros, empreiteiros, proprietários e outros possam visualizar o modelo de modo diferente, conseguindo facilmente compartilhar e sincronizar informações. Serve como um conhecimento compartilhado de recursos para obter informações sobre uma edificação formando uma base sólida para as decisões desde os primeiros desenhos de concepção, até o final da vida útil e eventual desconstrução ou demolição (ARSENAULT, P. J., 2009 *apud* AZEVEDO, 2009).

Segundo Andrade e Ruschel, (2009) e Azevedo (2009) o *BIM* é geralmente caracterizado como tendo algumas características chaves:

- Digital ou em formato eletrônico - O modelo é criado inteiramente em computadores;
- Baseado em objetos paramétricos - Os objetos são representados por parâmetros e regras associados à sua geometria, assim como são incorporadas propriedades não geométricas e características a esses objetos. Além do mais, modelos de construção baseados em objetos paramétricos possibilitam a extração de relatórios, checagem de inconsistências de relações entre objetos e incorporação de conhecimentos de projeto, a partir dos modelos.
- Interoperabilidade – É a capacidade de integração da informação entre aplicativos computacionais, utilizados pelos diferentes profissionais de projeto. Gerando a possibilidade de se compartilhar abertamente e facilmente as informações em formatos genéricos, sem se restringir a um *software* específico.

O *BIM* se destaca atualmente pelo seu grande potencial de otimização de diversas atividades relacionadas à construção (ANTUNES; BALBINOT; SANTOS, 2014). A sua aplicação ocasiona significativas mudanças no setor da construção civil. Os processos de projeto e construção vão de uma representação bidimensional para a uma diretriz de uma realidade de “n” dimensões (ADDOR et al., 2010 *apud* MELO, 2011).

2.4 ORÇAMENTAÇÃO E *BIM* - 5D

O *BIM* tem como característica a disponibilidade e conectividade de todas as informações do projeto, que podem ser representadas em 3D, 4D – relacionadas com o tempo – e 5D – que se relacionada ao custo (KYMMELL, 2008 *apud*. DINIZ, 2013).

Com a introdução dos fatores tempo e custo no projeto BIM, os construtores podem analisar melhor a construtibilidade antes da execução, possibilitando um aumento de precisão durante a construção e gerando menos desperdício de tempo, de materiais e de retrabalho (AZEVEDO, 2009).

A ênfase da modelagem 5D é o custo, sendo assim necessário traçar um paralelo com as estimativas de custos, e os quantitativos fornecidos por ferramentas BIM. Essa integração possibilita maior precisão do orçamento e conseqüentemente economia na etapa de construção (SANTOS, *et al.*, 2009).

Os erros nas diversas fases de orçamentação vão desde 40% a 30% na fase de estimativas caindo 10% a 5% quando de posse de todos os projetos (TAYLOR; WESTON, 1977; ÁVILA; LIBRELOTTO; LOPES, 2003; TRAJANO, 1995 *apud* GONÇALVES, 2011).

Com a utilização do BIM, as definições de projeto são antecipadas reduzindo o impacto das alterações de projeto nos custos. É um processo diferente do fluxo de elaboração centrada, no qual a maior parte do esforço acontece durante a fase da documentação da construção, quando a capacidade do impacto do custo do projeto e desempenho está em declínio e o custo de realizar alterações de projeto está aumentando (RENDEIRO, 2012). As figuras 2 e 3 ilustram essa diferença de fluxo de trabalho

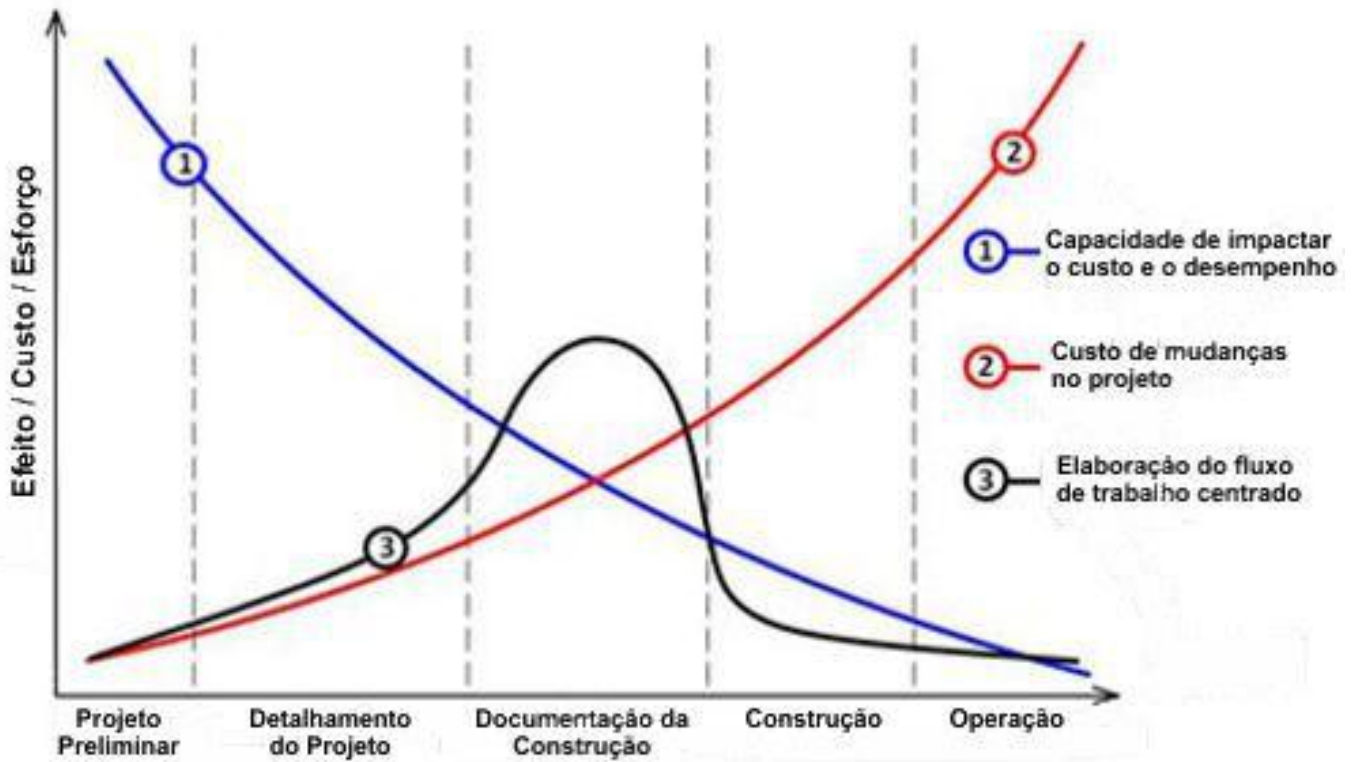


Figura 2: Evolução do processo de projeto. Fluxo de trabalho centrado. Fonte: Patrick MacLeamy, AIA / HOK adaptado por Rendeiro (2013).

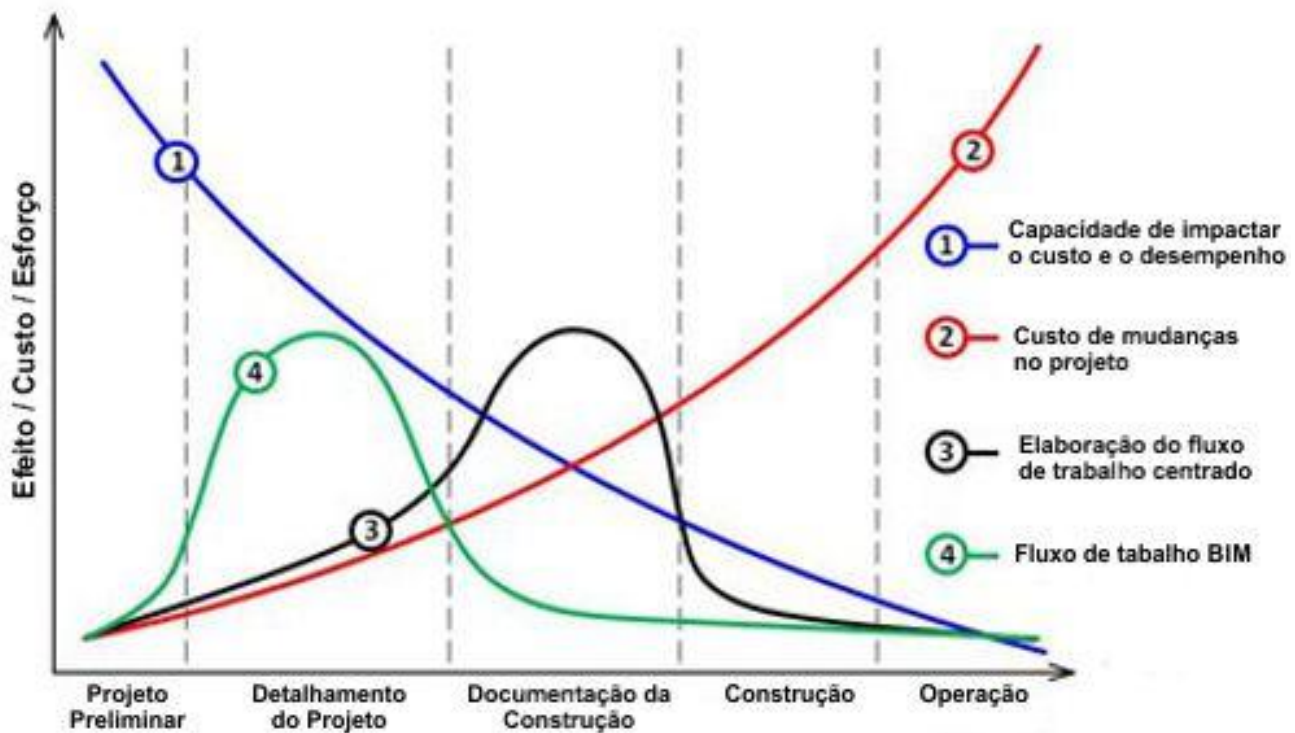


Figura 3: Evolução do processo de projeto. Fluxo de trabalho *BIM*. Fonte: Patrick MacLeamy, AIA / HOK adaptado por Rendeiro (2013).

O uso do *BIM* vinculado a ferramentas de orçamentação busca proporcionar maior precisão na estimativa de custos na fase inicial de concepção do projeto. Podem ser citadas, como exemplo, algumas ferramentas de orçamentação que possuem integração com ferramentas BIM e possibilitam a estimativa de custos em fases iniciais do projeto arquitetônico, como: o Volare da PINI, o AFFINITY da Trelligence e o DProfiler da Beck (DINIZ, 2013).

Com ferramentas *BIM*, ao modificar o projeto em 3D, da mesma forma que todos os desenhos de documentação (plantas, cortes e detalhes) são automaticamente atualizados, também os quantitativos são instantaneamente recalculados. Isso permite que a análise de custos se estenda por todas as fases do empreendimento, apoiando o processo de decisão (SANTOS, 2009).

A possibilidade de retirada de quantitativos exatos a partir de um modelo virtual elimina uma das etapas que exige maior atenção do orçamentista, o levantamento de quantidades a partir da leitura do modelo. Trata-se de um cenário que reduz o erro humano, sendo que este, apesar da difícil mensuração, pode ser oneroso (MATTOS, 2006; DINIZ, 2013). A figura 4 apresenta um exemplo de quantificação “tradicional” com a utilização de plantas impressas em contraste com um exemplo de quantificação utilizando um modelo BIM.

O uso do *BIM* pode proporcionar quantificação automática e precisa 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. (SANTOS, 2011, p.1).

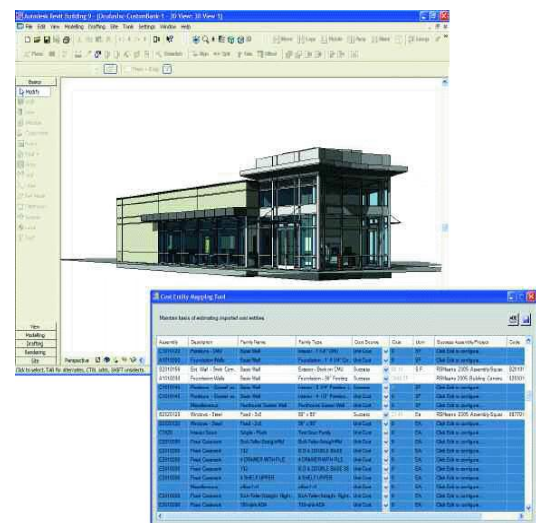


Figura 4: Estimativa de quantitativo tradicional x quantificação baseada em BIM. Fonte: SABOL, 2008).

Segundo Alder (2006), o *BIM* possui vários atributos que podem auxiliar o processo de quantificação;

- Visualização e compreensão rápida do escopo do projeto;
- Atributos dimensionais a partir de objetos sem qualquer problema de escala errado;
- Como um modelo é criado, a lista de materiais ou lista parametricamente tornam-se disponíveis e são ligadas aos objetos do modelo. Estas listas podem ser modificadas para exibir os parâmetros dos objetos no modelo, como quantidades e dimensões. Além disso, quando o modelo muda, estas listas são atualizadas automaticamente;

Ainda segundo Alder (2006), a mudança na forma de elaboração dos quantitativos pode acarretar em resistência por parte dos profissionais envolvidos. Isto ocorre devido aos desdobramentos que envolvem, além do uso de novas técnicas de elaboração, a capacitação em novas ferramentas. Além de que, os projetistas devem estar dispostos a elaborar modelos completos e precisos.

A troca de dados é um aspecto desafiador da tecnologia da informação voltada para a indústria da construção civil. As ferramentas integradas ao *BIM* estão evoluindo, mas o formato padrão para compartilhar informações está longe da maturidade. As ferramentas podem empregar vários métodos para a troca de dados entre eles. O método utilizado depende da fase do projeto, e do nível de detalhamento exigido, além do tipo de interação necessária entre *BIM* e um aplicativo externo. Empresas que empregam *BIM* terão que desenvolver métodos e normas para o desenvolvimento de modelos que suportam o nível de detalhamento necessário para as suas estimativas de custo (SABOL, 2008).

3. METODOLOGIA

Para essa pesquisa, inicialmente foi realizada a análise do processo de orçamentação “tradicional”. Entendendo como processo “tradicional” aquele no qual se utiliza somente elementos 2D para elaboração dos levantamentos e análises de projeto. Para atender a esta etapa foi feita a revisão bibliográfica sobre o tema, sendo relatados os conceitos fundamentais do orçamento e levantadas as principais falhas e lacunas do processo.

Depois da análise do processo atual, foi realizado o estudo da elaboração do orçamento integrado ao processo *BIM*, utilizando as referências bibliográficas como fontes de informação.

FUNÇÕES	FERRAMENTA							
	Revit	Archicad	Dprofiler	Solibri Model Checker	Vico Office	Sisplo	Volare	RM Solum
Gera a planilha de orçamento								
Permite a comparação entre o orçamento previsto e o realizado								
Gera curva ABC, listagem de e composições								

Segundo Eastman (2014) existem basicamente três métodos para fazer a interação entre o orçamento e o modelo BIM.

- Método 01: Extrair os quantitativos do modelo para uma plataforma genérica (Excel/txt) e depois importar essas informações para o *software* de orçamento.
- Método 02: Usar uma ferramenta *BIM* de levantamento de quantitativos e depois importar os dados para o *software* de orçamento.
- Método 03: Conectar a ferramenta *BIM* diretamente ao *software* de orçamentação.

Seguindo estas definições como referência, neste estudo foram avaliados os três métodos, sendo estes aplicados em um único projeto. Desta forma, foram gerados três orçamentos, que subsidiaram a análise comparativa dos processos de elaboração de cada um.

Para viabilizar a elaboração do orçamento integrado ao *BIM*, foi selecionado como objeto para o estudo o modelo de um edifício residencial, empreendimento incorporado e construído por uma empresa baiana de pequeno porte, que atua no mercado a mais de 15 anos. Abaixo a figura 5 apresenta uma planta baixa do pavimento tipo e uma vista externa do edifício.

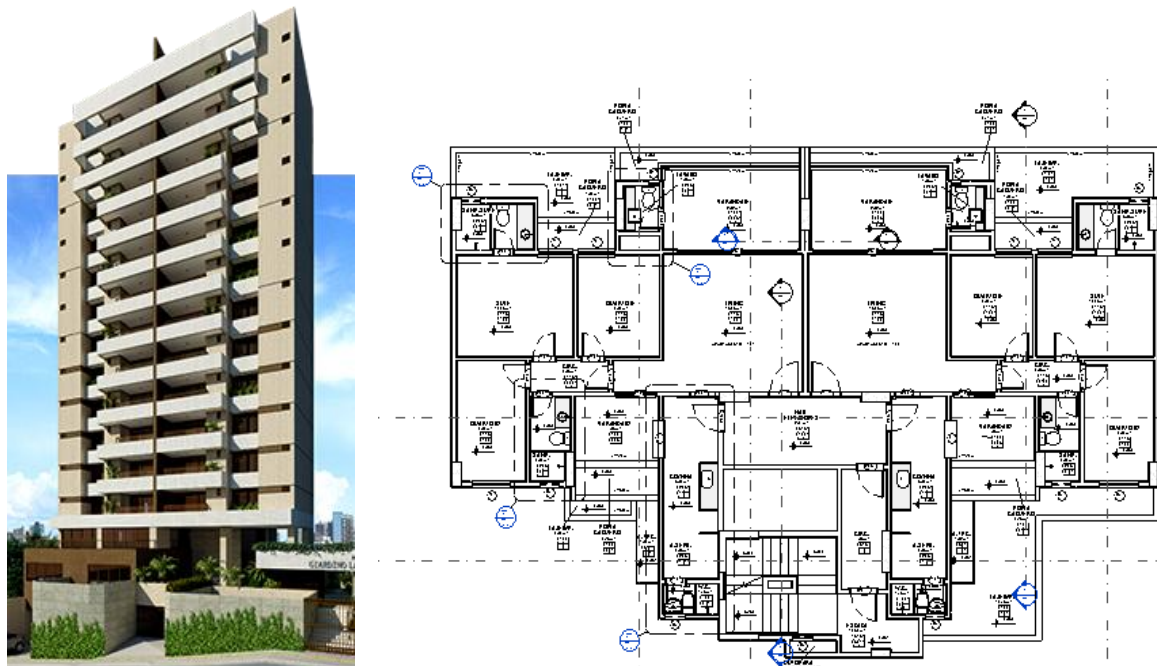


Figura 5: Imagem e planta baixa do projeto. Fonte: Construtora.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

O projeto do edifício possui 16 pavimentos é situado no bairro da Graça, em Salvador/BA. É composto por 02 níveis de garagem, 01 nível térreo e 01 nível de mezanino, além de 12 pavimentos, com 02 unidades habitacionais cada, totalizando 24 apartamentos com 103 m² de área privativa.

3.2 DESENVOLVIMENTO DO MODELO BIM

O modelo foi desenvolvido na ferramenta Autodesk Revit versão 2016, elaborado a partir dos projetos 2D fornecidos pela construtora. O Autodesk Revit é uma ferramenta concebida para a criação e desenvolvimento de projetos no conceito de Modelagem da Informação da Construção, permitindo ao usuário criar utilizando modelagem paramétrica de elementos.

A modelagem foi desenvolvida por uma equipe composta por profissionais da construtora e de uma empresa de consultoria em *BIM*. Somente o projeto estrutural não precisou ser modelado, pois já foi fornecido pelo projetista, sendo importado diretamente para o Autodesk Revit.

Na fase de elaboração do modelo, não existia um orçamento detalhado deste projeto. Entretanto, a construtora detinha os custos de diversas obras similares já concluídas. Sendo assim, esses dados puderam servir como referência para elaboração dos orçamentos da pesquisa.

Com o estudo das planilhas anteriores, bem como a realização de consultas à construtora, foram definidos todos os itens a serem modelados e o nível de detalhamento de cada elemento, tais como as camadas de revestimentos internos/externos, especificação de materiais das esquadrias, e assim por diante.

Para cada elemento do projeto, foi identificado o nível de detalhamento necessário à modelagem, para que cada item da planilha orçamentária fosse corretamente quantificado. Por exemplo, para as esquadrias de madeira, além de serem quantificados os “kits de porta pronta” de madeira, também foram quantificadas as fechaduras de cada uso (portas internas, externas), bem como as vergas sobre as portas. Assim, para efeito de levantamento quantitativo, é necessário modelar a porta e seus componetes, de modo suficiente que estes possam ser quantificados isoladamente.

Para organizar a criação dos elementos do modelo, foi desenvolvido um padrão de nomenclatura para as famílias¹ (Tabela 04), assim como para todos os revestimentos, no qual foram listadas todas as camadas de revestimento utilizadas em cada ambiente – paredes, piso, teto, rodapé (Tabela 05).

Tabela 04: Nomenclatura de famílias. Fonte: Construtora.

	FAMÍLIA	MATERIAL	TIPO
JAN	Janela	MAD Madeira	COR Correr
POR	Porta	AÇO Aço	ABR Abrir
MOB	Mobiliário	ALU Alumínio	GUI Guilhotina
BAN	Bancada	FIB Fibrocimento	MAX Max-ar
LOU	Louça sanitária	GRA Granito	PIV Pivotante
TEL	Telhado	CER Cerâmica	
PEI	Peitoril	CON Concreto	
VER	Verga	PCF Porta corta fogo	
CTV	Contraverga		
DOB	Dobradiças		
MAÇ	Maçanetas		

¹ Família é um grupo de elementos com um conjunto de propriedades comuns, e uma representação gráfica relacionada. (AUTODESK, 2015)

Tabela 05: Exemplo de tabela de camadas de revestimentos. Fonte: Construtora.

TIPO	CAMADA 1	Esp (cm)	CAMADA 2	Esp (cm)	CAMADA 3	Esp (cm)	Esp. Tot. (cm)	NOMENCLATURA
3	Contrapiso	1,5	Argamassa ACIII	0,2	Granito/ Mármore Granito a definir Granito Bege Bahia	2	3,7	Rev._03.1-3,7-COP-GRA Rev._03.2-3,7-COP-GRA
3.1								
3.2								
4	Contrapiso	4					4	Rev._04-4,0-COP
5	Contrapiso	4	Argamassa alta resist.	1	Pintura Epóxi na cor cinza	0,1	5,1	Rev._5.1-5,1-COP-PIN-EPO
5.1								

Objetivando ainda a criação de um padrão único que pudesse ser aplicado futuramente em outros projetos da construtora, os revestimentos foram agrupados em tipos e subtipos, buscando considerar todas as possibilidades de execução de revestimentos em uma planilha única.

Seguindo estes parâmetros estabelecidos previamente, o modelo foi desenvolvido contemplando todas as disciplinas do projeto: arquitetura, estrutura e instalações elétricas, hidráulicas e de combate a incêndio. Porém este estudo contemplou somente no orçamento os serviços referentes ao projeto arquitetônico.

3.3 MÉTODO 01 – PLATAFORMA GENÉRICA –FERRAMENTA DE ORÇAMENTO.

Neste método, após a elaboração do modelo *BIM* os quantitativos são extraídos para uma plataforma genérica, na qual são formatados, para então serem importados para a ferramenta de orçamento.

Este processo segue em linhas gerais o fluxo abaixo:

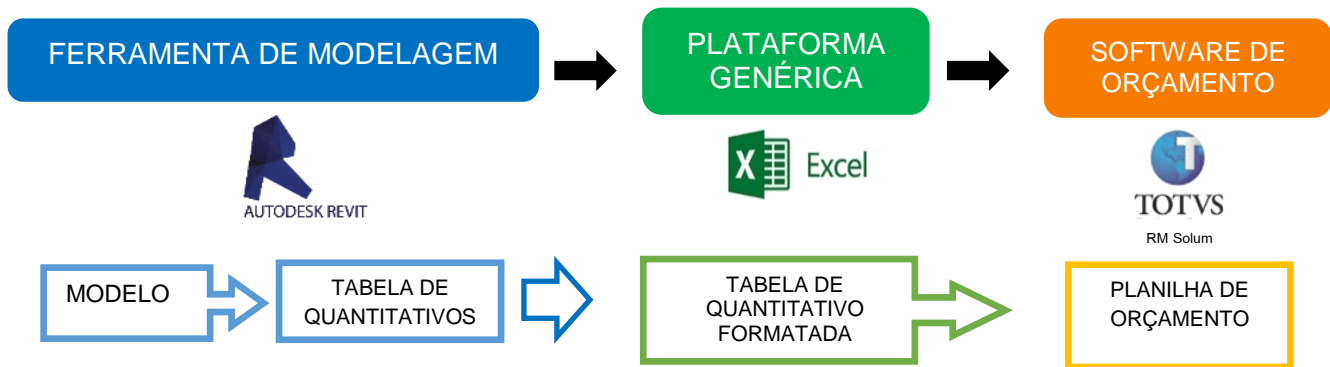


Figura 6: Fluxo de trabalho do método de estudo 01. Fonte: Autora.

Neste estudo, a modelagem foi desenvolvida segundo os critérios e parâmetros já citados anteriormente. Para a quantificação de orçamento nos elementos modelados, foi utilizado um parâmetro de tipo, o keynote, ou nota-chave. Tal parâmetro está associado a um arquivo de texto externo que contém uma listagem com a classificação dos elementos (figura 7).

3	Superestrutura		
3.1	Forma	3	
3.1.1	Forma e desforma com chapas plastificadas	3.1	
3.2	Armaduras	3	
3.2.1	Armadura de aço CA50 para estruturas com corte e dobra	3.2	
3.2.2	Serviço de corte/dobra industrializado para aço CA 50/60		3.2
3.2.3	Montagem de armadura em obra	3.2	
3.3	Concreto	3	
3.3.1	Concreto estrutural fck 30 MPa	3.3	
3.3.2	Taxa de bombeamento	3.3	
3.3.3	Lançamento, adensamento e acabamento do concreto em estrutura		3.3
3.3.4	Lançamento, sarrafeamento e nivelamento - acabamento polido		3.3
3.3.5	Lançamento, sarrafeamento e nivelamento - acabamento vassourado		3.3
4	Paredes e painéis		
4.1	Alvenaria de vedação	4	
4.1.1	Alvenaria com bloco cerâmico	4.1	
4.1.1.1	Bloco cerâmico de 11,5x19x24	4.1.1	
4.1.1.2	Bloco cerâmico de 9x19x24	4.1.1	
4.1.1.3	Bloco cerâmico de 14x19x24	4.1.1	

Figura 7: Trecho da listagem com a classificação dos elementos. Fonte: Construtora.

Este arquivo externo contendo essa listagem é carregado na ferramenta de modelagem, de modo que o preenchimento do campo *keynote* (ou nota chave, na versão em português) do elemento ou material, associa um dos códigos da listagem ao elemento. As Figuras 8 e 9, a seguir, ilustram este procedimento.

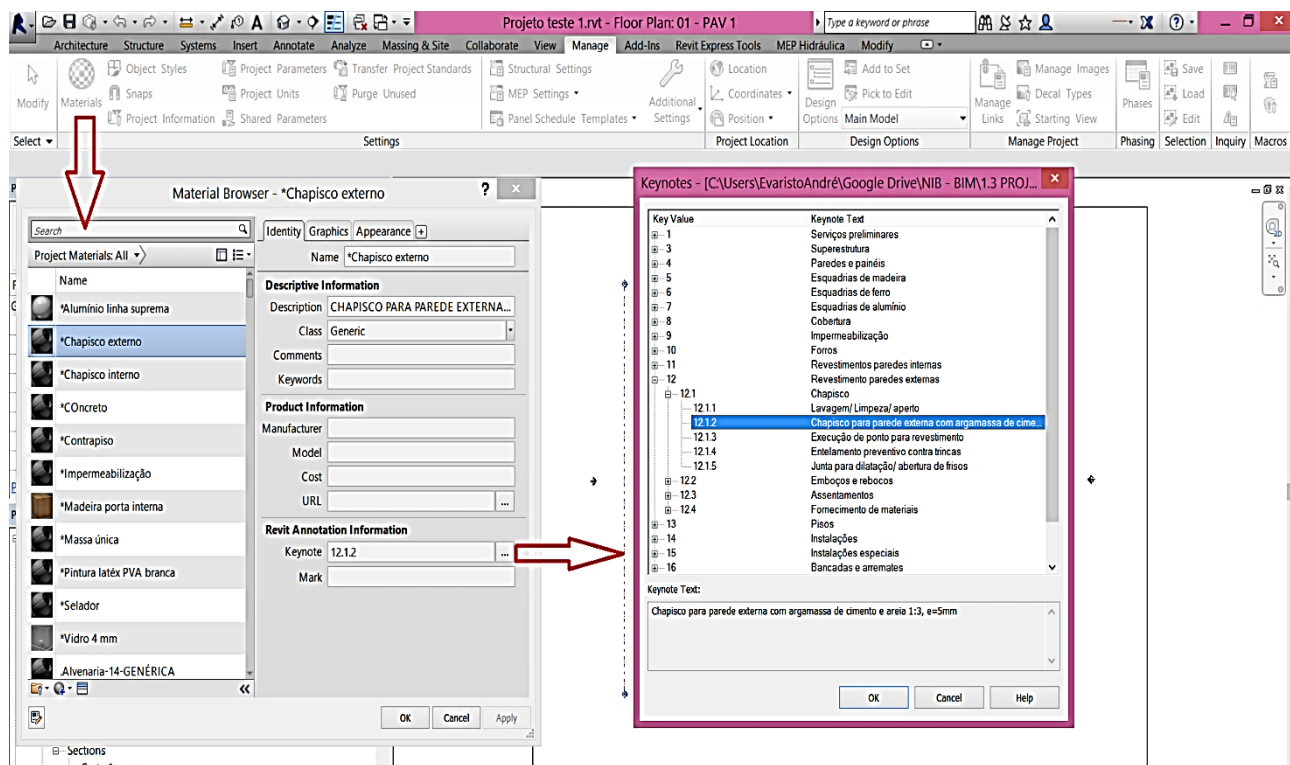


Figura 8: Associação do *keynote* aos materiais aplicados no modelo. Fonte Construtora

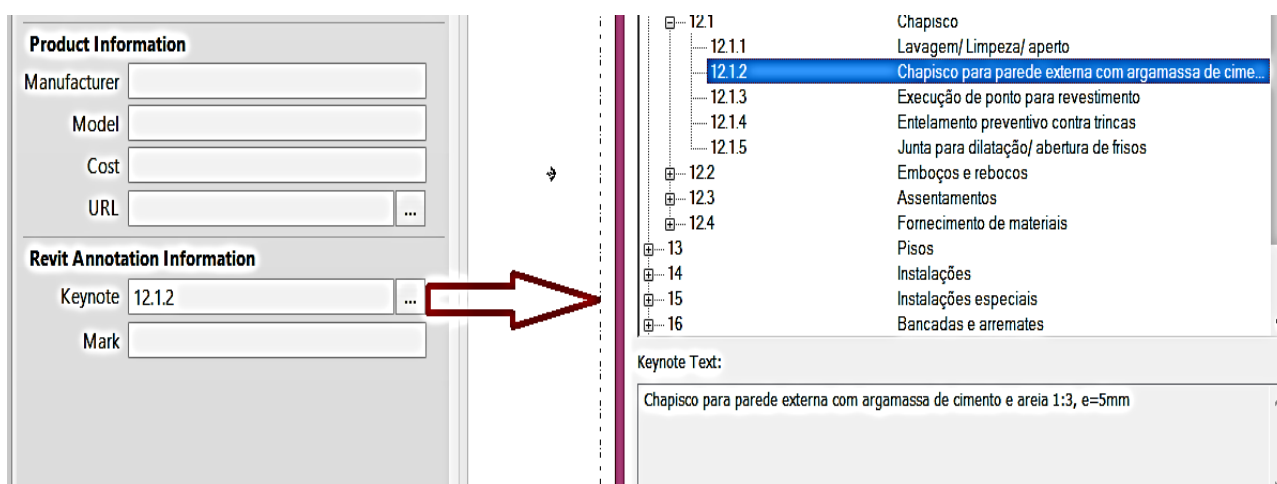


Figura 9: Associação do *keynote* aos materiais aplicados no modelo. Fonte Construtora

Neste caso específico, foi utilizada a codificação de orçamento definida pela empresa. É relevante observar que poderia-se optar pela aplicação de um código de composição definido por fontes de custos como o SINAPI ou o ORSE.

Após a conclusão da modelagem e associação do *keynote* a cada elemento, as tabelas de quantitativos foram geradas e exportadas do Revit em formato txt. As quantidades foram organizadas por pavimento e seguindo a itemização pré-estabelecida com os *keynotes*

Item ID	Description	Quantity	Material Code
11.1	Chapisco paredes internas	36,36	00 GAR 2
11.2.2	Massa única para parede com argamassa cimento, cal e areia, e=20mm	38,36	00 GAR 2
11.4.2	Cerâmica esmaltada Eliane Forma branco AC 33,5x33,5	4,91	00 GAR 2
11.4.12	Argamassa colante ACI	22,93	00 GAR 2
12.1	Chapisco paredes externas	3,59	00 GAR 2
12.2.1	Emboço para parede externa com argamassa de cimento, cal e areia, e=5	3,59	00 GAR 2
12.4.2	Pastilha branca	3,59	00 GAR 2
12.4.6	Argamassa colante ACIII	3,59	00 GAR 2
13.1.5	Execução de contrapiso	478,64	00 GAR 2
13.3.8	Cerâmica esmaltada Eliane Maxigrês Etna Bianco 60x60	18,02	00 GAR 2
13.3.15	Piso permeável Rhino piso	76,53	00 GAR 2
13.3.16	Piso cimentado	4,94	00 GAR 2
18.1	Aplicação de selador Interno	478,77	00 GAR 2
18.6	Pintura de teto com 3 demãos de tinta latéx PVA	478,77	00 GAR 2
18.19	Aplicação de massa corrida	38,36	00 GAR 2
18.21	Pintura epóxi	911,42	00 GAR 2
01 GAR 1			
	Laje-12-genérica	9,37	01 GAR 1
11.1	Chapisco paredes internas	24,58	01 GAR 1
11.2.2	Massa única para parede com argamassa cimento, cal e areia, e=20mm	24,58	01 GAR 1
11.4.2	Cerâmica esmaltada Eliane Forma branco AC 33,5x33,5	2,52	01 GAR 1
11.4.12	Argamassa colante ACI	27,75	01 GAR 1
13.1.5	Execução de contrapiso	471,67	01 GAR 1
13.3.2	Cerâmica esmaltada Eliane Forma branco AC 33,5x33,5	5,91	01 GAR 1
13.3.8	Cerâmica esmaltada Eliane Maxigrês Etna Bianco 60x60	19,32	01 GAR 1
13.3.15	Piso permeável Rhino piso	80,65	01 GAR 1
13.3.16	Piso cimentado	9,48	01 GAR 1
13.3.17	Piso tátil	60,16	01 GAR 1
18.1	Aplicação de selador Interno	400,09	01 GAR 1
18.6	Pintura de teto com 3 demãos de tinta latéx PVA	400,09	01 GAR 1
18.19	Aplicação de massa corrida	24,58	01 GAR 1
18.21	Pintura epóxi	887,83	01 GAR 1
02 TERR			
9.1.1	Regularização de superfície horizontal e vertical para impermeabilização c	226,51	02 TERR
9.1.2	Proteção mecânica de superfície com argamassa 1:3, e=3cm	277,40	02 TERR
9.1.3	Impermeabilização de lajes expostas com manta asfáltica 4mm	277,40	02 TERR
9.4.1	Regularização de superfície horizontal e vertical para impermeabilização c	50,89	02 TERR
11.4.12	Argamassa colante ACI	188,69	02 TERR
12.1	Chapisco paredes externas	7,93	02 TERR

Figura 10: Trecho da tabela de quantitativos gerada no Revit. Fonte: Construtora

Então, as planilhas exportadas foram formatadas no Excel, de modo que pudessem ser importadas no programa de orçamento adotado, o RMSolum. Para a associação automática entre os serviços quantificados e as composições do banco de dados do Solum, é necessário que o código do serviço indicado em planilha seja o mesmo da composição que deseja-se associar (Figuras 11 e 12).

242	13.3	Fornecimento de materiais				
243	13.3.1	Cerâmica esmaltada Eliane Forma Slim Branco 41x41	m2	393,00		
244	13.3.2	Cerâmica esmaltada Eliane Forma branco AC 33,5x33,5	m2	381,09		
245	13.3.3	Cerâmica esmaltada Eliane Travertine Alpe 45x45	m2	77,74		
246	13.3.4	Cerâmica sanit salão de festas	m2	40,96		
247	13.3.5	Cerâmica sanit quiosque	m2	25,47		
248	13.3.6	Cerâmica sanit mezanino	m2	25,58		
249	13.3.7	Cerâmica Espaço Kids	m2	18,61		
250	13.3.8	Cerâmica esmaltada Eliane Maxigrês Etna Bianco 60x60	m2	257,79		
251	13.3.9	Cerâmica esmaltada Eliane Avalon Branco 45x45	m2	116,76		

Figura 11: Trecho da tabela de quantitativos exportada para Excel. Destaque do código atribuído ao serviço através do parâmetro *keynote*. Fonte Autora.

Planilha de Atividades - Principal (Principal)

Funções Principais

Visualizar recurso associado, Remover recurso associado, Transformar Global em Local, Por Nivel, Etapas/Serviços, Outros, Ativar/Desativar Tarefa, Valor Cotado / Calculado, Serviço Direto / Indireto, Trocar Código, Reorganizar Código, Alterar Nome/Descricao, Copiar Tarefas / Etapas, Transformar, Associar Tarefas, Atualização Multipla, Memória de Cálculo, Exportar com Fórmulas

Layout: Padrão

Arraste aqui o cabeçalho de uma coluna para agrupar

[x]	Tipo Rec...	Código da ...	Descrição	Có...	Quantidade	Custo Unitário	Custo Parcial	Cod. Composição Local	% Planilha	% na Obra
		009.09	Cobogó de concreto, tipo veneziana, pintado...			0,00	0,00		0,000	0,000
		009.10	Cobogó de concreto, tipo veneziana, pintado...			0,00	0,00		0,000	0,000
		009.11	Cobogó de concreto, tipo veneziana, pintado...			0,00	0,00		0,000	0,000
		009.12	Cobogó de concreto, aberto, pintado, 120x6...			0,00	0,00		0,000	0,000
		010	Fornecimento de materiais		1,00	53.378,67	53.378,67		100,000	100,000
		010.01	Cerâmica esmaltada 41x41	M2	393,00	36,98	14.533,53	13.3.1	27,227	27,227
		010.02	Ceramica esmaltada 33x33	M2	381,09	35,58	13.559,56	13.3.2	25,403	25,403
		010.03	PISO EM PORCELANATO ANTIÁCIDO	M2	77,74	76,35	5.935,25	13.3.3	11,119	11,119
		010.04	ceramica 30x30	M2	40,96	23,14	947,81	13.3.4	1,776	1,776
		010.05	PISO CERÂMICO 30 x 30 CM PEI 5 - CONFOR...	M2	25,47	23,14	589,37	13.3.5	1,104	1,104
		010.06	REVESTIMENTO CERÂMICO 30 x 30 CM	M2	25,58	42,93	1.098,16	13.3.6	2,057	2,057
		010.07	ceramica 30x30 sanit	M2	18,61	23,14	430,63	13.3.7	0,807	0,807
		010.08	PORCELANATO NATURAL COR CINZA CLARO...	M2	257,79	63,17	16.284,36	13.3.8	30,507	30,507
		010.09	Cerâmica esmaltada Eliane Avalon Branco 45...	M2	116,76	0,00	0,00		0,000	0,000

Figura 12: Destaque do código da composição no *software* de orçamento. Fonte Autora.

Atendendo ao procedimento de importação das planilhas na ferramenta de orçamento, obtém-se a planilha completa com todas as composições e insumos associados. Dentre as potencialidades da ferramenta de orçamento, podem ser geradas as curvas ABC de composição e insumos, listagem de composições, etc. No caso de alterações no modelo, novos quantitativos devem ser gerados, sendo que, neste caso, como os elementos do modelo já estão associados ao *keynote* e, conseqüentemente, aos códigos de orçamento, somente é necessário realizar uma nova importação do arquivo em Excel para a ferramenta de orçamento

3.4 MÉTODO 02 - FERRAMENTA DE QUANTIFICAÇÃO – SOFTWARE DE ORÇAMENTO

Neste processo após a modelagem, o modelo paramétrico é importado para a ferramenta de quantificação para então ser criada a tabela de quantitativos. Sendo assim, para este método não se faz necessária a utilização do keynote, pois toda a quantificação e organização dos elementos é feita na ferramenta de quantificação. A figura abaixo ilustra o fluxo de trabalho neste método.

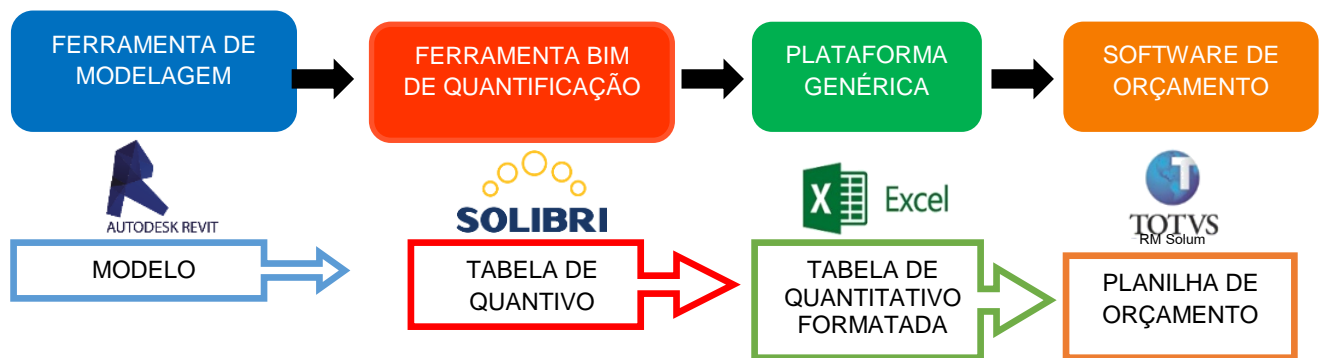


Figura 13: Fluxo de trabalho do método de estudo 02. Fonte: Autora.

Para a utilização da ferramenta de quantificação proposta, foi necessário que o modelo fosse exportado em formato IFC². A ferramenta utilizada neste estudo foi o Solibri.

O Solibri é uma ferramenta que também possui como recursos a checagem de interferências e a auditoria do modelo, entretanto nesse estudo foi aplicada somente a atividade de quantificação dos elementos do modelo. A Figura 14 ilustra a importação do arquivo em padrão IFC para o Solibri.

² *Industry Foudation Classes* (IFC), que é um formato de arquivo que pode ser lido por diferentes ferramentas BIM.

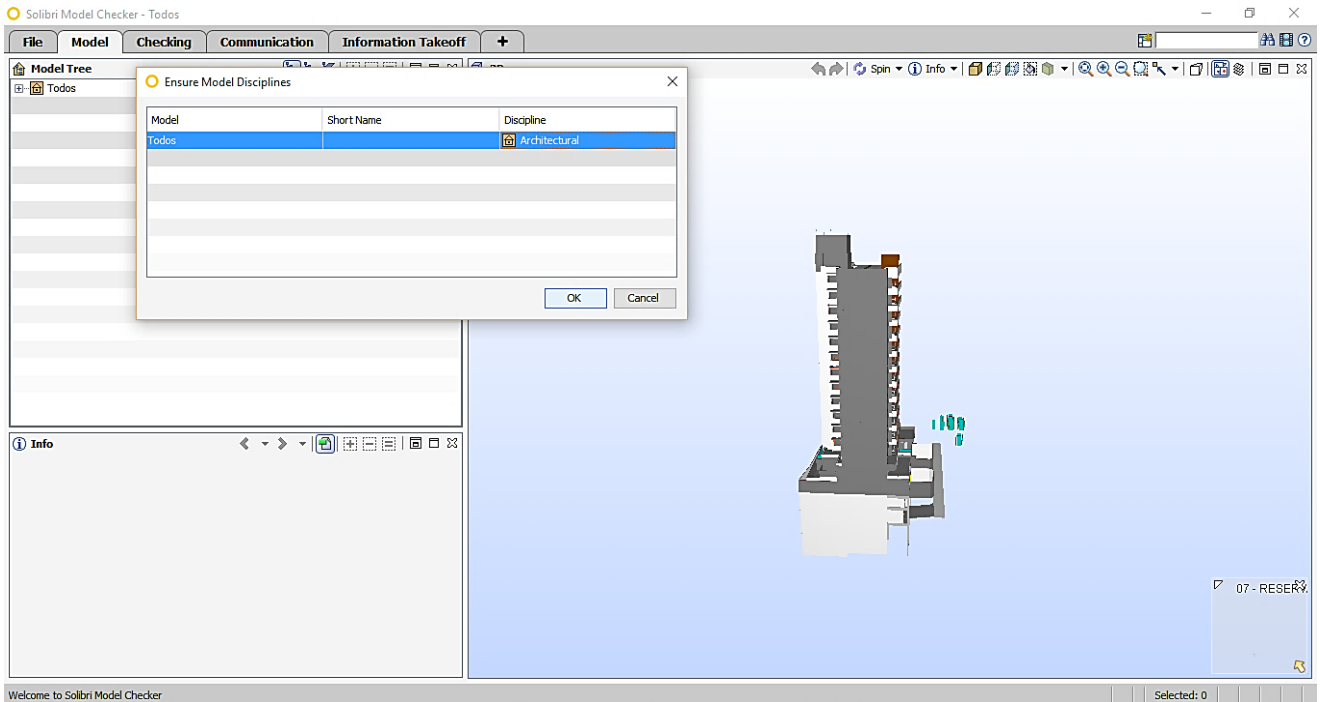


Figura 14: Importação do arquivo no formato IFC.

Na ferramenta, são quantificados todos os elementos modelados. O quantitativo é realizado de forma automática, sem a necessidade de utilização de plug-ins ou comando específico. São preservadas todas as nomenclaturas dos elementos originadas no Autodesk Revit, sendo que cada tipo é exibido em uma coloração diferente (Figuras 15 e 16).

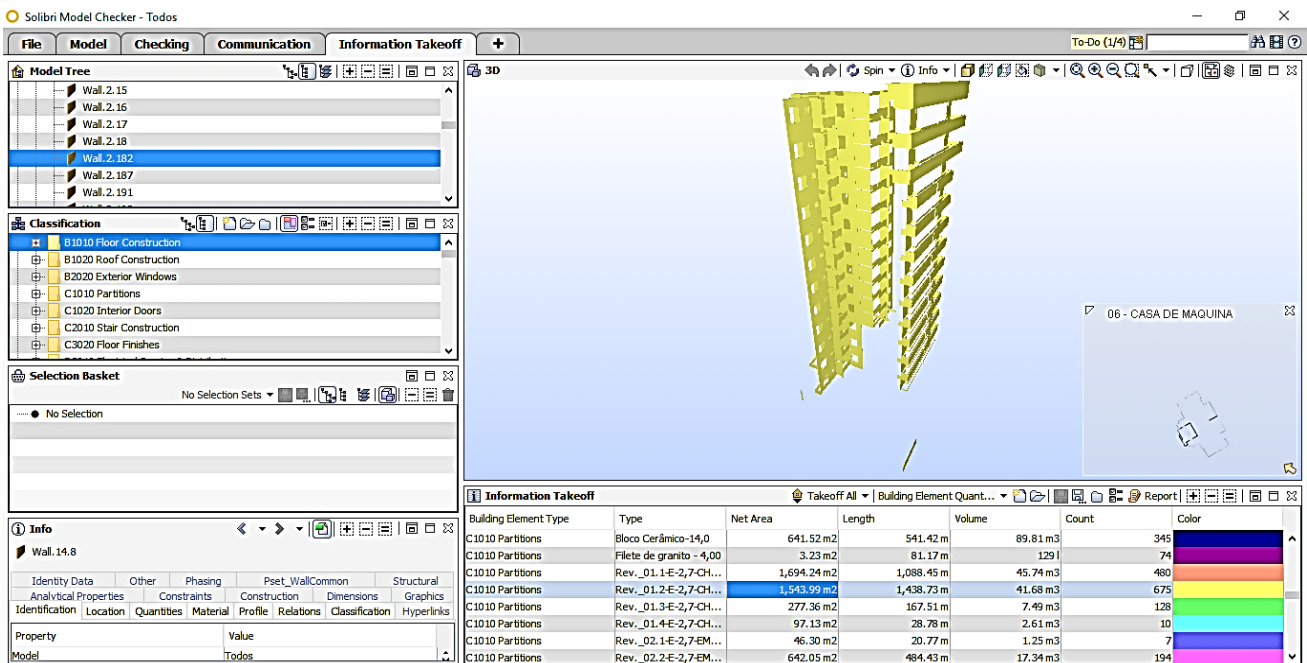
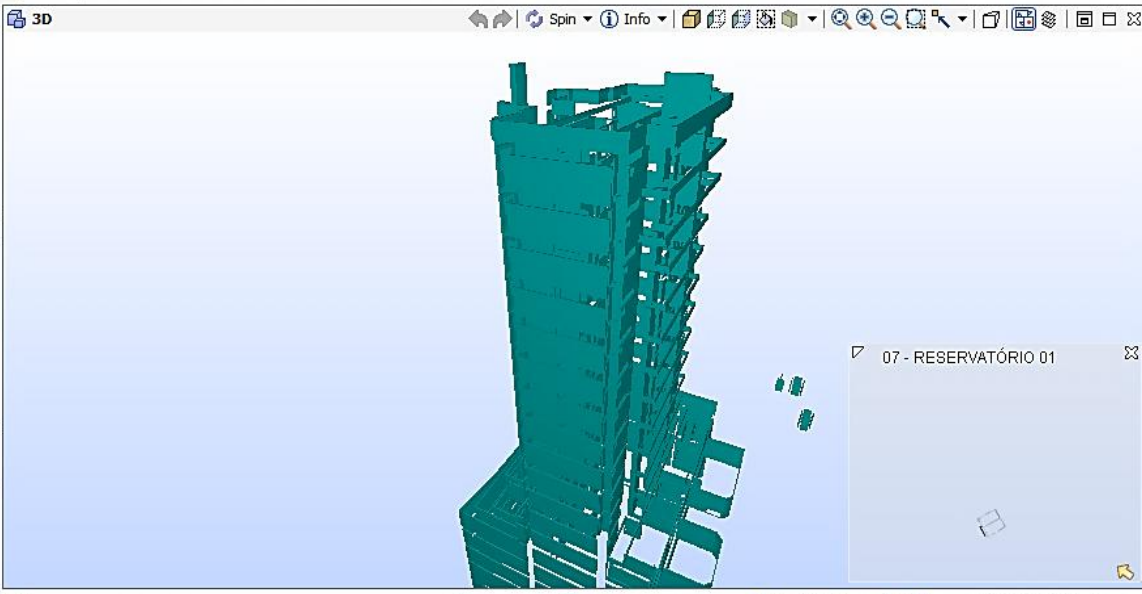


Figura 15 Elementos de revestimento externos destacados na visualização. Fonte: Autora



Building Element Type	Type	Net Area	Length	Volume	Count	Color
B2020 Exterior Windows	VAO-226X120	65.09 m2			375 l	24
C1010 Partitions	.Alvenaria-14,00-GE...	41.80 m2	20.00 m	5.85 m3		20
C1010 Partitions	.Revestimento-3,00-...	757.75 m2	391.55 m	22.70 m3		251
C1010 Partitions	.Revestimento-5,00-...	15.52 m2	14.11 m	776 l		24
C1010 Partitions	Bloco Cerâmico-09,0	1,660.49 m2	1,888.09 m	149.44 m3		588
C1010 Partitions	Bloco Cerâmico-11,5	4,690.94 m2	4,794.23 m	538.63 m3		1,854
C1010 Partitions	Bloco Cerâmico-14,0	641.52 m2	541.42 m	89.81 m3		345
C1010 Partitions	Filete de granito - 4,00	3.23 m2	81.17 m		129 l	74

Figura 16: Alvenarias de blocos cerâmicos destacados na visualização. Fonte: Autora

Os quantitativos são exportados em formato Excel seguindo dois padrões pré-definidos do Solibri. Um desses padrões tem um formato de uma tabela simples., onde são relacionadas as mesmas cores dos tipos apresentadas no Solibri (figura 17). Os elementos são quantificados em área, volume, quantidade e comprimento.

B116		Bloco Cerâmico-09,0							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
113	C1010 Partitions	.Alvenaria-14,00-GENÉRICA	41,8	20	5,85	20			
114	C1010 Partitions	.Revestimento-3,00-GENÉRICO	757,75	391,55	22,7	251			
115	C1010 Partitions	.Revestimento-5,00-GENÉRICO	15,52	14,11	0,776	24			
116	C1010 Partitions	Bloco Cerâmico-09,0	1660,49	1888,09	149,44	588			
117	C1010 Partitions	Bloco Cerâmico-11,5	4690,94	4794,23	538,63	1854			
118	C1010 Partitions	Bloco Cerâmico-14,0	641,52	541,42	89,81	345			
119	C1010 Partitions	Filete de granito - 4,00	3,23	81,17	0,129	74			
120	C1010 Partitions	Rev_01.1-E-2,7-CHA-EMB-PAS/5x5/Cinza	1694,24	1088,45	45,74	480			
121	C1010 Partitions	Rev_01.2-E-2,7-CHA-EMB-PAS/5x5/Branca	1543,99	1438,73	41,68	675			
122	C1010 Partitions	Rev_01.3-E-2,7-CHA-EMB-PAS/5x5/Marrom	277,36	167,51	7,49	128			
123	C1010 Partitions	Rev_01.4-E-2,7-CHA-EMB-POR/dimxdim/Cor	97,13	28,78	2,61	10			
124	C1010 Partitions	Rev_02.1-E-2,7-EMB-PAS/5x5/Cinza	46,3	20,77	1,25	7			
125	C1010 Partitions	Rev_02.2-E-2,7-EMB-PAS/5x5/Branca	642,05	484,43	17,34	194			
126	C1010 Partitions	Rev_02.3-E-2,7-EMB-PAS/5x5/Marrom	18,09	6,7	0,488	3			
127	C1010 Partitions	Rev_02.4-E-2,7-EMB-POR//dimxdim/Cor	21,74	19,77	0,587	3			
128	C1010 Partitions	Rev_03.1-E-1,8-CHA-MAS-PINT-ACR/Branca	1144,73	487,36	21,74	106			
129	C1010 Partitions	Rev_21.1-I-2,7-EMB-CER/25x41/Cor	1603,8	716	43,3	432			
130	C1010 Partitions	Rev_21.2-I-2,7-EMB-CER/33,5x33,5/Cor	351,6	145,58	9,48	111			
131	C1010 Partitions	Rev_21.3-I-2,7-EMB-CER/dimxdim/Cor	27,89	11,7	0,753	10			
132	C1010 Partitions	Rev_21.4-I-2,7-EMB-CER/dimxdim/Cor	17,99	8,31	0,486	8			
133	C1010 Partitions	Rev_21.5-I-2,7-EMB-CER/dimxdim/Cor	20,34	8,65	0,549	8			

Figura 17: Tabela de quantitativo padrão 01 exportada do Solibri. Fonte: Autora

Já o segundo padrão (figura 18), tem uma formatação mais marcante, com inclusão de um cabeçalho e colunas definidas, mas ambos formatos são customizáveis, podendo ser alterados pelo usuário.


	A	B	C	D	E	F	G
1			Quantities				
2							
3	Model Name	Todos Version: 9.5					
4	User	mariana					
5	Organization						
6	Date	November 17, 2015					
7	Todos	Date: 2015-10-06 19:23:26 Application: Autodesk Revit 2016 (ENU) IFC: IFC2X3					
8							
9	Building Element Type	Type	Net Area	Length	Volume	Count	
10	B1010 Floor Construction	Chapim-GRA-20X2	68,74		1,37	86	
11	B1010 Floor Construction	Parede Rev._01.2-E-2,7-CHA-EMB-PAS/5x5/Branca	32,61		0,88	21	
12	B1010 Floor Construction	Parede Rev._01.2-E-2,7-CHA-EMB-PAS/5x5/Cinza	17,62		0,476	26	
13	B1010 Floor Construction	Rev._01.1-5,2-COP-POR/60x60/Cor	1494,21		77,7	72	
14	B1010 Floor Construction	Rev._01.2-5,2-COP-POR/100x100/Cor	107,56		5,59	1	
15	B1010 Floor Construction	Rev._01.3-5,2-COP-POR/100x100/Cor	39,59		2,06	1	
16	B1010 Floor Construction	Rev._01.4-5,2-COP-CER/33,5x33,5/Cor	112,52		5,85	51	
17	B1010 Floor Construction	Rev._01.5-5,2-COP-CER/60x60//Cor	38,58		2,01	4	
18	B1010 Floor Construction	Rev._01.6-5,2-COP-CER/45x45/Cor	116,81		6,07	12	
19	B1010 Floor Construction	Rev._01.7-5,2-COP-CER/45x45/Cor	77,75		4,04	4	
20	B1010 Floor Construction	Rev._01.8-5,2-COP-CER/dimxdim/Cor	18,65		0,97	1	
21	B1010 Floor Construction	Rev._02.2-4,2-COP-CER/41x41/Cor	323,45		13,58	72	

Figura 18: Tabela de quantitativo padrão 02, exportada do Solibri. Fonte: Autora

Após a exportação para Excel, as mesmas etapas do Método 01 são reproduzidas. Por exemplo, a etapa de formatação da tabela e importação na ferramenta de orçamento é reproduzida, entretanto, neste caso, não há a associação automática das composições, já que as mesmas serão anexas aos serviços quantificados dentro da própria ferramenta de orçamento.

3.5 MÉTODO 03 - MODELO – FERRAMENTA DE ORÇAMENTO

Neste método não existem intermediários entre as ferramentas de modelagem e orçamento. O modelo é exportado diretamente para a ferramenta de orçamento onde são realizadas tanto a quantificação como a elaboração das composições de custo, conforme figura 19.

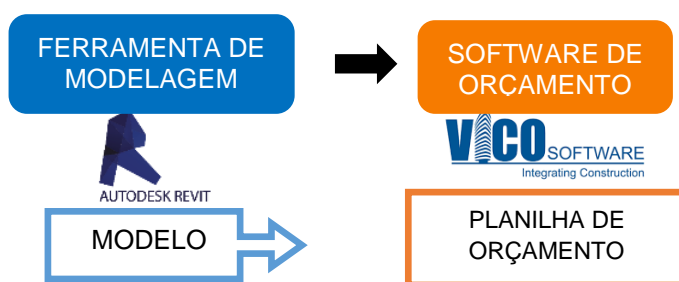


Figura 19: Fluxo de trabalho do método de estudo 03. Fonte: Autora.

Para a aplicação deste processo foi utilizado o Vico como ferramenta para elaboração do orçamento. O Vico possui alguns módulos onde são agrupadas as suas várias funções. Além do orçamento, através dele podem ser efetivadas outras aplicações, como o controle de custo e o planejamento da obra. Neste caso, foi aplicado somente o módulo de orçamento.

O modelo é exportado para o Vico através de um plug-in acessado no próprio Autodesk Revit. Então, a quantificação é realizada de forma automática, após a definição de quais elementos devem ser ativados na tabela de quantidades.

Na tabela de quantidades, as nomenclaturas originais dos elementos são preservadas. Por sua vez, na janela de visualização os objetos podem ser destacados através da sobreposição gráfica por cores (Figura 20), ou observador de modo isolado.

Info	Code	Name	Type	Mapped	Count
+		Revestimento_38-plares da garagem		No	192
+		Rev._23.2-I-1,8-MAS-PIN-LACR/Areia		No	93
+		Rev._21.5-I-2,7-EMB-CER/45x45/Cor		No	8
+		Rev._21.6-I-2,7-EMB-CER/5x5/Cor		No	10
+		Rev._22.6-I-2,7-CHA-EMB-CER/5x5/Cor		No	3
+		.Revestimento-5,00-GENÉRICO		No	24
+		Filete de granito - 4,00		No	74
+		.Revestimento-3,00-GENÉRICO		No	76
+		Rev._21.4-I-2,7-EMB-CER/dimxdim/Cor		No	8
+		Rev._22.4-I-2,7-CHA-EMB-CER/dimxdim/Cor		No	4
+		Rev._21.3-I-2,7-EMB-CER/dimxdim/Cor		No	10
+		Rev._21.7-I-2,7-EMB-CER/dimxdim/Cor		No	3
+		Rev._22.3-I-2,7-CHA-EMB-CER/dimxdim/Cor		No	8
+		Rev._02.3-E-2,7-EMB-PAS/5x5/Marrom		No	3
+		Rev._02.1-E-2,7-EMB-PAS/5x5/Cinza		No	7
+		Rev._51.2-E-4,7-IMP-MAN-PAS/dimxdim/Cinza		No	12
+		Rev._21.8-I-2,7-EMB-CER/dimxdim/Cor		No	3
+		Rev._02.4-E-2,7-EMB-POR//dimxdim/Cor		No	4
+		Rev._51.1-E-4,9-IMP-MAN-PAS/dimxdim/Cor		No	10
+		Rev._22.8-I-2,7-CHA-EMB-CER/dimxdim/Cor		No	1
+		JAN-308-60x50-7.1.31		No	73
+		Peitoril em granito-16.4.3		No	186
+		JAN-309-30x50-7.1.30		No	24
+		JAN-311-105x180-7.1.28		No	24
+		JAN-312-110x180-7.1.27		No	24
+		JAN-310-120x120-7.1.23		No	24

Figura 20: Tabela de quantidades com destaque de uma determinada esquadria. Fonte: Autora.

Além da contagem simples dos elementos em unidade, é possível realizar a quantificação por meio de diferentes critérios, como volume, comprimento, área da face externa e área da face superior (Figura 21). Essas informações também podem ser utilizadas na composição de fórmulas. Por exemplo, para se atingir a área de forma de uma viga baldrame, uma fórmula pode ser criada visando a soma da área das duas faces laterais do elemento.

The screenshot displays the Takeoff Manager software interface. On the left, there is a navigation pane with sections: 1 Project Setup, 2 Content Management, 3 Constructability, 4 Cost Planning, and 5 Schedule Planning. The main window is titled 'Takeoff Manager & 3D' and contains a table of quantified items and a 3D view of a building structure.

Info	Code	Name	Type	Mapped	Count
		Rev._21.1-1-2,7-EMB-CER/25x41/Cor		No	432
		Rev._23.1-1-1,8-MAS-PIN-PVA/Branca		No	698
		Rev._01.3-E-2,7-CHA-EMB-PAS/5x5/Marrom		No	128
		Rev._28-1-1,6-MAS		No	234
		Bloco Cerâmico-09,0		No	588
		Count	EA	No	588,00
		Length	M	No	2.064,59
		Net Reference Side Surface Area	M2	No	1.698,38
		Net Opposite Reference Side Surface Area	M2	No	1.698,38
		Top Surface Area	M2	No	162,11
		Bottom Surface Area	M2	No	140,29
		Ends Surface Area	M2	No	123,65
		Reference Side Opening Surface Area	M2	No	577,55
		Opposite Reference Side Opening Surface Area	M2	No	577,55
		Net Volume	M3	No	152,85
		Gross Volume	M3	No	204,83
		Joint Horizontal Surface Area	M2	No	0,00
		Joint Vertical Surface Area	M2	No	0,00
		Piece Count	EA	No	588,00
		Piece Length	M	No	2.064,59
		Rev._02.2-E-2,7-EMB-PAS/5x5/Branca		No	194
		Bloco Cerâmico-14,0		No	351
		Rev._53-E-2,7-IMP-TIN		No	362
		Rev._21.2-1-2,7-EMB-CER/33,5x33,5/Cor		No	111
		Rev._27.1-1-0,2-PIN-CAL		No	157

The 3D view on the right shows a building structure with various elements highlighted in purple and blue, representing different quantified items.

Figura 21: Visualização dos diferentes itens quantificados de um elemento. Destaque para a face externa da alvenaria. Fonte: Autora.

Na construção da planilha orçamentária em si, os itens e subitens que compõem a planilha, bem como seus insumos e composições, podem ser importados do Excel, ou criados diretamente no Vico.

Diante da planilha de orçamento devidamente lançada, as quantidades podem ser associadas a cada um dos serviços (Figura 22). O modelo também pode ser setorizado em pavimentos, alas, juntas, etc, no qual, conseqüentemente, o quantitativo estará setorizado.

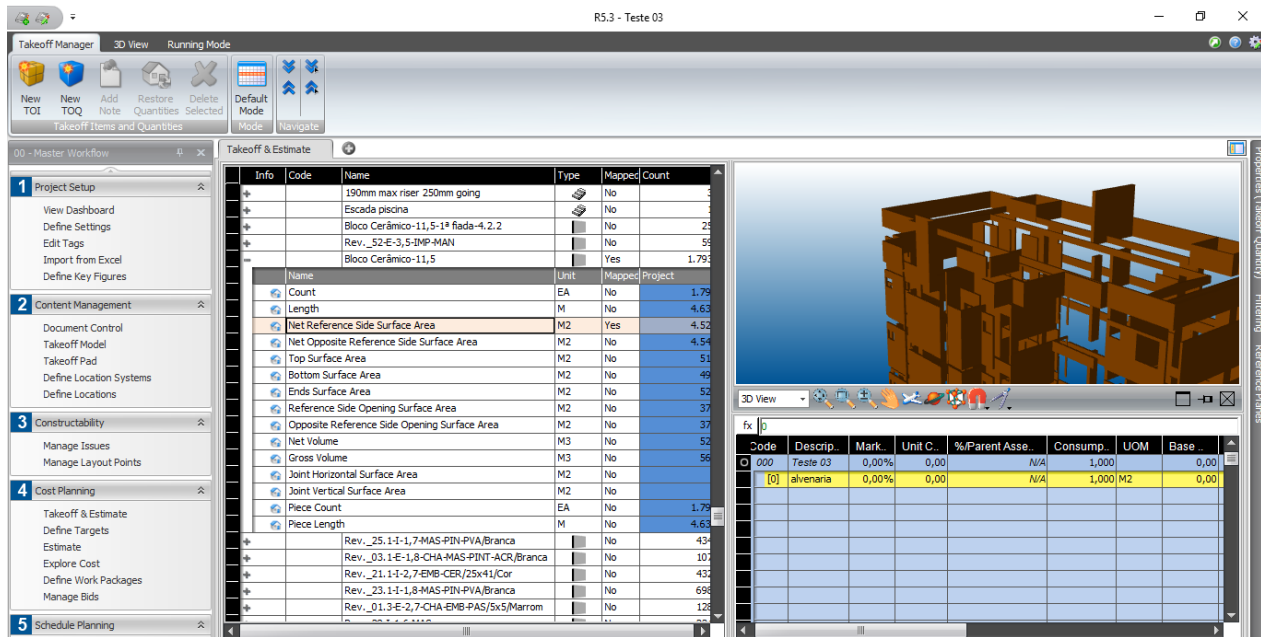


Figura 22: Associação das quantidades aos serviços da planilha orçamentária. Fonte: Autora.

Ao final do processo, tem-se como produto a planilha orçamentária abarcando todos os insumos e composições. No momento de uma demanda por atualizações de projeto com os devidos desdobramentos no orçamento, faz-se necessário o recarregamento do modelo no Vico para garantir a atualização de quantidades. .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Método 01

A utilização do parâmetro Keynote contribui de modo significativo para a padronização e a organização das planilhas de quantidades geradas pelo Revit. As planilhas geradas por outros meios, sem o uso do Keynote, podem resultar em fragmentos de diversas planilhas, resultando em tabelas desagrupadas de quantidades de esquadrias, acabamentos, dentre outros. Outro desdobramento é na situação em que estas planilhas estão agrupadas, e, sem o uso do Keynote, podem ser geradas sem uma organização adequada de itens que atenda aos padrões de orçamento da empresa.

No contexto apresentado, a planilha de quantitativos gerada a partir deste método seguiu a itemização padronizada pela construtora, situação que facilitou a compreensão e análise de

quantitativos por comportar serviços já agrupados e quantificados conforme os processos de trabalho da empresa. Como exemplo, é interessante destacar que itens como proteção mecânica e impermeabilização foram quantificados separadamente, já que a construtora usualmente contrata os serviços mencionados de forma isolada. Ademais, com a utilização do Keynote, foi possível realizar a associação direta dos serviços com as composições do banco de dados do orçamento.

Por outro lado, ainda é necessária a manipulação das planilhas no Excel, situação que pode acarretar em erros no produto final. Para corrigir estes possíveis equívocos, recursos da ferramenta Excel como Macros podem ser aplicados, produzindo maior automação do processo.

Outro contraponto identificado é o processo de modelagem no Autodesk Revit, a partir do momento em que a quantificação é gerada a partir de tabelas dessa ferramenta BIM e os elementos que compõem a tabela são configurados por meio de parâmetros. Neste sentido, é possível que haja elementos do modelo não contemplados com os parâmetros necessários para sua consideração na tabela de quantidades que, conseqüentemente, não serão incluídos em um levantamento.

Desse modo, caso não seja formatada uma tabela que contemple a quantificação de rodapés, por exemplo, esses elementos não serão levantados. Por conseguinte, é relevante que na aplicação deste método já exista um *template* estabelecido, ou seja, um arquivo pré-configurado que considere os padrões de tabelas a serem utilizados na quantificação, de modo a prevenir possíveis equívocos.

4.2 Método 02

A quantificação automática em uma ferramenta específica indica que todos os elementos modelados devem ser quantificados, já que o modelo em sua totalidade é importado e, conseqüentemente, seus elementos são classificados e contabilizados de modo automático. Este processo permite que sejam notados equívocos de modelagem com maior facilidade, como exemplo a ausência da modelagem de todas as camadas necessárias de um revestimento.

A visualização dos elementos quantificados também é facilitada pelos recursos da ferramenta, através da sobreposição gráfica por cores. Dessa forma, as paredes de espessuras diferentes podem ter cores distintas. Além disso os elementos podem ser isolados e/ou ocultados a critério do usuário.

A navegação pelo modelo e pelas diferentes formas de visualização na ferramenta de quantificação é simples e intuitiva. A interface gráfica concentra tanto informações visuais como

dados numéricos. Além disso, a apresentação dos elementos do modelo estruturados em árvore também facilita a seleção para aplicação de filtros. A exportação das tabelas é realizada de modo simples, tendo em vista que a ferramenta possui padrões de relatórios e tabelas pré-configuradas do próprio desenvolvedor.

Por fim, neste método o fluxo de trabalho também perpassa pela manipulação da planilha na ferramenta Excel. Sinteticamente, após a extração dos quantitativos em tabelas por meio do Autodesk Revit, estas são importadas para o Excel para então serem abertas na ferramenta de orçamento.

4.3 Método 03

Neste método, é relevante observar que as informações estão integradas, visto que a quantificação e o orçamento podem ser realizados em uma única plataforma. Ademais, uma potencialidade identificada é a viabilidade de visualizar as operações que estão sendo efetivadas, bem como atribuir graficamente em que elementos do modelo estão vinculados cada serviço.

Este fluxo foi o único caracterizado pela convergência entre as composições de custo e o modelo em uma única ferramenta. A ferramenta permite a utilização intensa do modelo, no momento que viabiliza a integração dos serviços diretamente aos seus elementos, além de facilitar a criação de fórmulas associadas às dimensões dos elementos modelados. Essa associação é dinâmica e permite que sejam absorvidas as eventuais alterações de projeto. Além disso, a ferramenta possui outros recursos que amplia a utilização do 5D, como o controle de custos.

Um entrave deste processo é a complexidade da ferramenta de orçamento em comparação às demais testadas, além de sua reduzida difusão de uso no Brasil, situação que dificulta o acesso a treinamentos.

5. CONCLUSÃO

Entre os três métodos verificados, foi possível identificar o método de integração direta entre o modelo e a ferramenta de orçamento (Método 03) como o procedimento que melhor atende à geração da planilha orçamentária. Neste método, todas as informações estão agregadas de modo coeso, visto que os dados do orçamento estão graficamente vinculados aos elementos do modelo.

Já os demais procedimentos, apesar de ser possível atingir resultados satisfatórios, são fragmentados. Como desdobramentos, as alterações de projeto somente refletem na atualização

das quantidades, de forma que não é possível visualizar ao mesmo tempo as referidas mudanças nos dados e no modelo.

Em qualquer um dos processos é imprescindível que a modelagem seja realizada de forma coerente com o orçamento e com as práticas de execução da construtora, para que seja possível a quantificação dos elementos que compõem os serviços da planilha orçamentária.

A utilização do BIM na elaboração de orçamentos permite uma outra forma de se enxergar os projetos, estabelecendo uma nova relação entre os elementos construtivos e os itens descritos na planilha. Dessa forma, o processo se torna mais integrado e os possíveis equívocos de quantificação são minimizados, uma vez que projeto e planilha são confrontados com maior rapidez e clareza.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDER, Adam. **Comparing time and accuracy of building information modeling to on-screen takeoff for a quantity takeoff of a conceptual estimate**. Tese (Master of Science). Faculdade de Brigham Young University. 2006.

ANDRADE, Artemária Coelho de; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Críticas ao processo orçamentário tradicional e recomendações para a confecção de um orçamento integrado ao processo de produção de um empreendimento. In: **III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**, São Carlos/SP. 2003.

ANDRADE, Ludmila Santos de. **Contribuição dos sistemas BIM para o planejamento orçamentário das obras públicas**: estudo de caso do auditório e da biblioteca de planaltina. Dissertação (mestrado). Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. 2012.

ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. *BIM*: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: **Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**, São Carlos/SP. P. 602-613. 2009.

ANDRADE, V. A. A. **Modelagem dos custos para casas de classe média**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina. 1996.

ANTUNES, Cristiano Eduardo, BALBINOT, Guilherme Bastos; SANTOS, Adriana de Paula Lacerda. Levantamento de quantitativos de obras: Comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia *BIM*. **Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial**. Florianópolis. Santa Catarina. vol. 6, n. 12, p. 134- 155, 2014.

AUTODESK. 2015. Disponível em: <<http://www.autodesk.com/solutions/building-informationmodeling/overview>>

AZEVEDO; Orlando José Maravilha de. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na direção técnica de obras**. Tese (mestrado). Escola de Engenharia. Universidade do Minho. 2009.

BALDAUF, Juliana Parise; FORMOSO, Carlos Torres; MIRON, Luciana Inês Gomes. Modelagem de requisitos de clientes. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, vol. 13, nº 3, p.177-195, jul./set. 2013.

BRAGA, Morgana; LUKE, Washington Gutemberg; MIRANDA, Antônio Carlos de Oliveira; PIRES, Henrique Ewerton. Virtualização da construção em fase orçamentária. **XVII Congresso SIGraDi**, pág. 288-292. Valparaíso, 2013.

BIZELLO, Sérgio Adriano; FARIA, Brayer Luiz de; NETO, Romeu da Silva Neiva. **Implantação de BIM em uma construtora de médio porte**: caso prático, da modelagem a quantificação. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, vol.5, nº1. Campinas, jan./jun. 2014, p.45-51

CARVALHO, Leonardo Bispo; MACHADO, Gabriel Augusto Meyer; SANTOS, Adriano Balduino dos. **Criação de uma ferramenta para obtenção decomposições de custos a partir da leitura de projetos e levantamento de quantidades em um modelo BIM (arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico)**. Trabalho Final de Curso, Engenharia da Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. 2013.

COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Celso Carlos. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2008.

DINIZ, Maria Da Conceição Mendes. **Modelagem da informação da construção estudo de caso - Inspeção da Receita Federal em Jaguarão – RS**. Dissertação (mestrado), Universidade de Brasília. 2013.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM**, um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1a. ed. Bookman, 2014, 483 p.

FLORIO, Wilson. Tecnologia da informação na construção civil: contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: **III Fórum De Pesquisa Fau Mackenzie**. São Paulo. 2007

GARCIA, Luciana Emilia Machado. **Avaliação de orçamentos em obras públicas**. Dissertação (mestrado), Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. 2011.

GARCIA, Luciana Emília Machado; SANTOS, Adriana de Paula Lacerda. Orçamento executivo como ferramenta do processo de planejamento e controle de custos de obras públicas. **Revista Gestão & Políticas Públicas**, São Paulo, SP, vol.2, nº.1, P.40-67. 2012.

GOES, Renata Heloisa de Tonissi e Buschinelli de. **Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM**. Dissertação (mestrado), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2011.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. 3. Ed., São Paulo: PINI. 1997.

GONÇALVES, Cilene Maria Marques. **Método para a gestão do custo da construção no processo de projeto de edificações**. Dissertação (mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2011.

GOUVÊA, Leandro Brito de; LORENZI, Pedro Caldas; PAULA Felipe Alves de. **Análise de ferramentas de modelagem na elaboração de um modelo BIM 5D**. Trabalho de conclusão, Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná. 2013.

JESUS, Christiano R. Marques de; BARROS, Mércia Maria S. B. de. Custos e orçamentos na Construção Civil. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil**. São Paulo, 2009.

KERN, Andréa Parisi. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005.

KERN, Andrea Parisi; FORMIGA, Andréa dos Santos; FORMOSO, Carlos Torres. Considerações sobre o fluxo de informações entre os setores de orçamento e produção em empresas construtoras. In: **X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 18-21 julho 2004, São Paulo.

KHOSROSHAHI, Farzad; ARAYICI, Yusuf. **Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry**, Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 19 nº 6 p. 610–635 < <http://dx.doi.org/10.1108/09699981211277531>>. Acesso em 19 julho 2015.

KHOSROWSHAHI, F.; KAKA, A. P. **Estimation of Project Total cost and Duration for Housing Projects in the UK**, Building and Environment, v. 31, n. 4, Pergamon. 1996.

KNOLSEISEN, Patrícia Cecília. **Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações**. Dissertação. (Mestrado em engenharia de produção). Pós-graduação em engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.

MATTEI, Pier Luiz de Resende. **BIM e a informação no subsetor de edificações da indústria da construção civil**. Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

MATIPA, W. M. **Total cost management at the design stage using a building product model**. Tese (Doutorado em Philosophy Engineering). Faculty of Engineering, Department of Civil ND Environmental Engineering of National University of Ireland, Cork. 2008.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como Preparar Orçamentos de Obras: Dicas para orçamentistas, Estudo de Caso, Exemplos**. São Paulo, Editora Pini, 2006.

MELO, Renan Garcia de. **Building Information Modeling (BIM) como ferramenta na compatibilização de projetos para construção civil**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Engenharia Civil. Centro Universitário de Formiga. 2014.

NASCIMENTO, Emílio Lima do. **Aplicação de modelo de colaboração apoiada por tecnologia da informação para projetos de construção civil na prefeitura de São José dos Pinhais**. Dissertação (mestrado em construção civil), Curso de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. 2012.

OTERO, J. A. **Análise paramétrica de dados orçamentários para estimativas de custo na construção de edifícios**: estudo de caso voltado para a questão da variabilidade. Dissertação (mestrado em engenharia de produção). Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. 2000.

PARISOTTO, J. A. **Análise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão-de-obra e custos de edificações residenciais**, Estudo de Caso para uma Empresa Construtora. Dissertação (mestrado em engenharia de produção). Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.

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

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; WITICOVSKI, Lilian Cristine; GARCIA, Luciana Emília Machado; SCHEER, Sergio. Utilização do *BIM* em projetos de construção civil. **Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial**, Florianópolis, SC, vol.1, nº 2, p. 24-42, dez. 2009.

SANTOS, Eduardo Toledo. Entrevista. **Site Construção e Mercado**. 2009. Acessado em 29/10/2015.

SANTOS, Eduardo Toledo. **Guia da Construção Civil**. 2011.

SANTOS, Eduardo Toledo. In: **XIV Encontro Nacional de Empresas Projetistas e Consultores da ABRAVA**, Brasília, 2014.

STEEL, James; DROGEMULLER, Robin; TOTH, Bianca. **Model interoperability in building information modelling**. Model Interoperability in Building Information Modelling. Springer, 2010.

WITICOVSKI, Lilian Cristine, **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 de produção). Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. 2011.

ZDANOWICZ, J. E. **Orçamento operacional**: uma abordagem prática. Porto Alegre: Sagra, 1984