



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RENAN CAMINHA MARINHO

**ANÁLISE COMPARATIVA DO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS ENTRE
O MÉTODO MANUAL E A PLATAFORMA BIM**

FORTALEZA

2017

RENAN CAMINHA MARINHO

**ANÁLISE COMPARATIVA DO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS ENTRE
O MÉTODO MANUAL E A PLATAFORMA BIM**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de engenheiro civil.

Orientador: Alexandre Araújo Bertini

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M291a Marinho, Renan Caminha.
Análise comparativa do levantamento de quantitativos entre o método manual e a plataforma BIM /
Renan Caminha Marinho. – 2017.
94 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini.
1. Orçamento. 2. Levantamento de quantitativos. 3. BIM. 4. CAD. I. Título.

CDD 620

RENAN CAMINHA MARINHO

**ANÁLISE COMPARATIVA DO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS ENTRE
O MÉTODO MANUAL E A PLATAFORMA BIM**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de engenheiro civil.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ricardo Marinho de Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. M.Sc. Geórgia Morais Jereissati
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

“Mesmo diante da maior das atrocidades, não experimentaremos sentimentos como o ódio e o desprezo. Ao invés disso, nossos corações transbordarão amor e compaixão.”

Forfun

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e por ter me guiado e dado forças durante essa longa caminhada.

Aos meus pais, Darckles Marinho e Roseane Marinho, por todo amor, carinho, apoio, e, principalmente, pela educação. Obrigado por sempre acreditarem em mim, espero um dia ser um pai tão bom como vocês são para mim. Nada disso seria possível sem vocês.

À minha irmã, Cintia Marinho, pelo companheirismo e ombro amigo durante toda a minha jornada. Foram noites e noites indo ao seu quarto reclamar e você me aguentou pacientemente (nem sempre) e me acalmou.

À minha vó, meus tios e primos, por acreditarem que eu serei alguém na vida.

À minha amada namorada e melhor amiga, Bianca Vieira, por todo o apoio, amor, fé depositada e por acreditar mais em mim do que eu mesmo. Você foi um pilar na construção desse projeto, desde a concepção até a sua aplicação (obrigado por emprestar o notebook e me ensinar a usar o que eu não sabia do *Revit*). Você é a luz da minha vida.

Às amigas que fiz durante esse ciclo na universidade, seja na graduação ou no PET, principalmente a Bruna, Felipe, Digs, Rodrigo e Thiago. Foi muito divertido passar tudo isso com vocês, nas vitórias ou dificuldades.

Aos amigos Afrânio, Bruno, Clarissa, Karla, Layssa, Lucas Mariana, Moura, Neto e Raoni, que me apoiaram durante esse ano e, de algum modo, contribuíram para meu crescimento pessoal, além dos quilos a mais.

Aos colegas da CAGECE, Adriano, Aline, Camila, Diego, Eliane, Jaybene, Matheus e Pedro, por tornarem o estágio em um divertido ambiente de trabalho e aprendizado.

Às pessoas que me deram a oportunidade de pôr meus conhecimentos de engenharia em prática, Lucas Veras, Ricardo Fernandes e Magno Freitas.

Ao professor Alexandre Bertini, pela orientação, incentivo e por ter acompanhado minha trajetória até aqui, desde o PET, sempre acreditando no meu potencial.

Aos professores Ricardo Marinho e Geórgia Jereissati, por terem aceito o convite para compor a banca examinadora.

E por fim, a todos os professores do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará pela contribuição para a minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

O levantamento de quantitativos é uma etapa muito importante para a área da construção civil, pois a partir dele são definidos o escopo do projeto e a listagem dos itens relacionados a execução da obra, além do orçamento do empreendimento. A precisão desta etapa pode ser um diferencial para a tomada de decisão de um cliente ou de uma construtora, pois é uma base para o estudo de viabilidade. Atualmente, o levantamento de quantitativos é realizado, em sua grande maioria, por métodos manuais com o auxílio de ferramentas CAD, entretanto, esse processo pode apresentar falhas e imprecisões devido a erros que se propagam por todo o levantamento. Com isso, a tecnologia do *Building Information Modeling* (BIM), através da sua modelagem em 3D, atualização automática do projeto e identificação de erros e interferências, é capaz de quantificar os materiais e serviços de um projeto de forma mais precisa. Então, o presente projeto tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre os dois métodos. Para isso, foram selecionados, interpretados e analisados dois projetos diferentes para os estudos de caso, sendo uma casa e um prédio, aplicando os dois tipos de levantamentos de quantitativos, o manual com o auxílio de uma ferramenta CAD e o automático com a plataforma BIM, utilizando o *Revit*, para as etapas de fundação, estrutura, alvenaria e acabamentos em geral, que juntas ultrapassam o valor de 50% do total de uma obra. Buscou-se quantificar e identificar quais são os motivos e os impactos da diferença entre os dois métodos, apontando qual é o mais rápido e preciso para o levantamento de quantitativos e, conseqüentemente, para o orçamento de uma obra. Assim, encontrou-se variações percentuais de aproximadamente 7% para menos utilizando o BIM, tendo os principais pontos de divergências as alvenarias e acabamentos.

Palavras-chave: Levantamento de quantitativos. BIM. CAD. Orçamento.

ABSTRACT

The quantitative survey is a very important step for the civil construction area, because it defines the scope of the project and the listing of the items related to the execution of the work, as well as the budget of the project. The precision of this stage can be a differential for the decision making by a client or a construction company, as it is a basis for the feasibility study. Currently, quantitative surveys are performed mostly by manual methods with the help of CAD tools, however, this process may present flaws and inaccuracies due to errors that propagate throughout the survey. Therewith, Building Information Modeling (BIM) technology, through its 3D modeling, automatic project update and error and interference identification, is able to quantify the materials and services of a project more accurately. So, the present project aims to perform a comparative analysis between the two methods. For this purpose, two different projects were selected, interpreted and analyzed for the case studies, one of them being the design of a house and the other of a building, applying the two types of quantitative survey, the manual with the aid of a CAD tool and the automatic with the platform BIM, which together have a value that exceeds 50% of the total of a work. It was sought to identify how much is and what are the reasons and the impacts of the difference between the two methods, pointing out the fastest and most accurate for the quantitative survey and, consequently, for the budget of a work. Thus, percentage variations of approximately 7% were found using BIM, with the main points of divergence in masonry and finishes.

Keywords: Quantitative survey. BIM. CAD. Budget.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diferença entre CAD e BIM	14
Figura 2 – Tabela de serviços da SEINFRA.....	21
Figura 3 – Formulário em planilha eletrônica para revestimentos	23
Figura 4 – Gráfico comparativo entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos (CAD) e o processo BIM.....	36
Figura 5 – Procedimentos metodológicos do trabalho	38
Figura 6 – Oferta da Autodesk para BIM.....	39
Figura 7 – Modelo 3D do experimento “A”	43
Figura 8 – Planta de situação do Experimento “A”.....	44
Figura 9 – Planta baixa do térreo e cobertura do Experimento “A”	44
Figura 10 – Modelo 3D do experimento “B”	45
Figura 11 – Planta de locação do Experimento “B”	46
Figura 12 – Planta dos solos do Experimento “B”	46
Figura 13 – Planta do térreo com pilotis do Experimento “B”.....	47
Figura 14 – Planta do mezanino do Experimento “B”	48
Figura 15 – Planta baixa do pavimento tipo do Experimento “B”	48
Figura 16 – Planta de cobertura do Experimento “B”	49
Figura 17 – Contorno da impermeabilização do baldrame (cota em centímetros).....	50
Figura 18 – Cortes A-A e B-B do Experimento “A”.....	51
Figura 19 – Fachada principal e lateral do Experimento “A”	52
Figura 20 – Quadro de esquadrias do Experimento “A”.....	53
Figura 22 – Software de cálculo de escadas.....	56
Figura 23 – Criação de um novo elemento na modelagem	58
Figura 24 – Inserção de camadas do elemento	59
Figura 25 – Criação e edição de novos materiais	60
Figura 26 – Problema 01 na modelagem de vergas.....	61
Figura 27 – Problema 02 na modelagem de vergas.....	61
Figura 28 – Primeiro passo do levantamento de quantitativos no Autodesk Revit.....	62
Figura 29 – Segundo passo do levantamento de quantitativos no Autodesk Revit.....	63
Figura 30 – Terceiro passo do levantamento de quantitativos no Autodesk Revit.....	63
Figura 31 – Tabela de quantitativos e procedimento de exportação	64

Figura 32 – Criação de fundação tipo sapata.....	65
Figura 33 – Estrutura do experimento “B”	66
Figura 34 – Criação de vigas e pilares.....	66
Figura 35 – Criação de lajes	67
Figura 36 – Resultado da laje nervurada	68
Figura 37 – Criação de rampas	68
Figura 38 – Criação de escadas	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variação de custos de uma obra	12
Tabela 2 – Dimensões dos quantitativos	22
Tabela 3 – Permanência dos quantitativos	23
Tabela 4 – Diferença percentual do orçamento entre métodos do Experimento “A”	71
Tabela 5 – Diferença percentual do orçamento entre métodos do Experimento “B”	72
Tabela 6 – Comparação qualitativa entre método	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização.....	11
1.2 Justificativa	14
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 Estrutura do trabalho	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Orçamento.....	17
2.2.1 Secretária de Infraestrutura – SEINFRA.....	20
2.2 Levantamento de quantitativos	21
2.3 Computer Aided Design (CAD)	25
2.4 Building Information Modeling (BIM).....	28
2.4.1 Benefícios da tecnologia BIM	30
2.4.2 Modelagem com BIM	32
2.4.3 BIM aplicado no levantamento de quantitativos e na orçamentação.....	34
2.5 BIM x CAD	35
3 METODOLOGIA.....	37
3.1 Seleção dos softwares.....	38
3.2 Análise dos projetos e escolha dos serviços	40
3.3 Levantamento de quantitativos no método manual	40
3.4 Modelagem e levantamento de quantitativos com a plataforma BIM.....	41
3.5 Comparação de resultados.....	42
4 ESTUDOS DE CASOS.....	43
4.1 Contextualização do Experimento “A”	43
4.2 Contextualização do Experimento “B”.....	45

4.3	Quantitativos pelo método manual do experimento “A”	49
4.4	Quantitativos pelo método manual do experimento “B”	54
4.5	Modelagem e quantitativos pelo método BIM do experimento “A”	58
4.6	Modelagem e quantitativos pelo método BIM do experimento “B”	64
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
6	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
	APÊNDICE A – Quantitativos manuais do Experimento “A”	83
	APÊNDICE B – Quantitativos pelo Autodesk Revit do Experimento “A”	84
	APÊNDICE C – Quantitativos manuais do Experimento “B”	85
	APÊNDICE D – Quantitativos pelo Autodesk Revit do Experimento “B”	88
	APÊNDICE E – Diferença percentual de quantitativos do Experimento “A”	91
	APÊNDICE F – Diferença percentual de quantitativos do Experimento “B”	92

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A construção civil no Brasil apresenta problemas e atrasos quanto ao método utilizado, principalmente se for analisado o planejamento e a execução, possuindo um processo construtivo muito artesanal e que já está muito enraizado na cultura da população e de grande parte dos construtores, focando bastante em alvenaria e o concreto armado tradicional, e ainda possui diversas falhas na troca de informações e coordenação de projetos, seja ela entre obra e sala técnica, ou entre os próprios projetistas de cada etapa do ciclo de vida do edifício. Essa falha de compatibilização acaba gerando diversos erros, seja eles relacionados a projetos ou execução, o que pode causar problemas, desperdícios em geral e atrasos nos calendários das obras.

Além disso, a questão dos desperdícios de materiais pode ser considerada uma das mais críticas. De acordo com Bastos (2015), o desperdício de massa fina pode chegar a 80% e o de tintas e tijolos para alvenaria de vedação, a mais de 25%.

Uma etapa da construção civil que tem condições de colaborar com a redução de desperdícios e é fundamental para qualquer empreendimento de construção é a fase de orçamentação. Os orçamentos na construção civil se baseiam no levantamento dos serviços envolvidos, dos quantitativos, dos seus respectivos valores unitários e, por fim, no valor global final do empreendimento.

O levantamento de quantitativos de um empreendimento é uma etapa essencial da área da construção civil, pois a partir dele é definido o escopo do projeto, já que é um método eficaz para poder mapear e listar todos os itens que constam nos projetos relacionados a obra em questão e que são necessários à sua execução. Além disso, sua precisão é de grande importância para que seja desenvolvido um orçamento detalhado e bem estruturado, com prazos de execução realistas e dentro do esperado de produtividade (MELHADO; PINTO, 2015).

Além disso, é através do orçamento de um empreendimento que se torna possível verificar o custo das etapas construtivas e suas variações de acordo com o tipo de obra a ser executada. Na Tabela 1, é possível observar essa variação e perceber quais são as etapas que mais consomem recursos financeiros, ou seja, aquelas que se precisa ter o maior cuidado e precisão no levantamento de quantitativos, pois os seus valores representam uma grande parcela do empreendimento. Dentre elas, pode-se ver que se destacam a etapa de estruturas, que pode

atingir um valor de até 22% do final da obra e a fase de revestimento e pinturas (contando juntas como todos os tipos de acabamentos), que juntas, podem chegar a quase 40% do valor final.

Tabela 1 – Variação de custos de uma obra

Etapa	Variação de custos
Projetos e aprovações	5% a 12%
Serviços preliminares	2% a 4%
Fundações	3% a 7%
Estrutura	14% a 22%
Alvenaria	2% a 5%
Cobertura	4% a 8%
Instalações hidráulicas	7% a 11%
Instalações elétricas	5% a 7%
Impermeabilização/isolamento térmico	2% a 4%
Esquadrias	4% a 10%
Revestimentos e acabamentos	15% a 32%
Vidros	1% a 3%
Pintura	4% a 6%
Serviços complementares	Até 1%

Fonte – Adaptado de Blog Ademilar, Consorcio de investimento imobiliário (2013).

Vem se tornando cada vez mais necessários avanços na industrialização e racionalização da construção civil, o que pode-se observar no exemplo dos desenvolvimentos apresentados no uso de pré-moldados e pré-fabricados de concreto, tecnologias que buscam otimização de tempo e gastos de materiais. Com isso, observa-se que esses fenômenos na construção civil buscam eliminar improvisações nos canteiros, qualificar a mão de obra, otimizar o custo, padronizar e racionaliza, elaborar melhores cronogramas e, o mais importante, produzir em série e em grandes escalas.

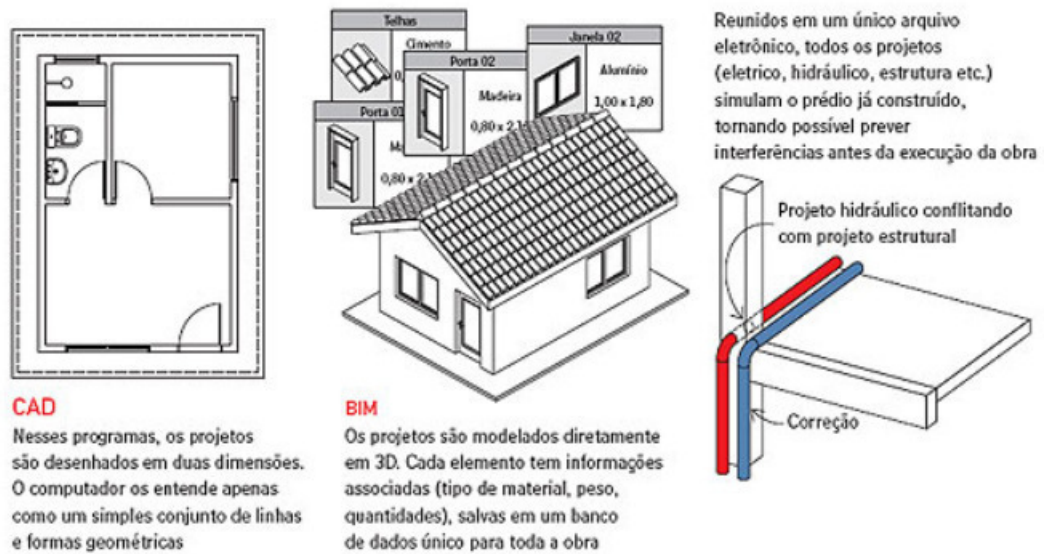
Para potencializar e automatizar a compatibilização entre projetos, ampliar a troca de informações e otimizar a produtividade e redução de desperdícios, pode-se utilizar diversos tipos de análises, tecnologias ou metodologia que se aliam ao processo de racionalização da construção, tornando-o mais rápido e menos custoso. Dentre essas potências, existe um que está cada vez ganhando mais espaço, tanto por atender os pontos citados anteriormente, como pelo seu grande leque de opções e versatilidade, temos uma plataforma conhecido como *Building Information Modeling* (BIM), que permite um trabalho completo em diversas etapas da vida útil da obra, partindo do planejamento, execução, até manutenções futuras.

A plataforma BIM pode ser entendida como um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação e seus processos relacionados, trabalhando as suas informações e dados materializados em *softwares* (como o *Revit* e o *ArchCAD*). A ferramenta é uma nova plataforma da tecnologia aplicada a construção civil que possibilita a modelagem dos diversos tipos de projetos, o armazenamento e detalhamento de especificações a respeito de cada fator presente na edificação ou instalação e o acesso fácil aos mesmos, caso se deseje construir, usar e manter, possibilitando que os processos atuais, baseados apenas em documentos, sejam realizados baseados em modelos muito mais eficazes (CATELANI, 2016).

Boa parte dos projetos de edificações são concebidos a partir de desenhos em duas dimensões, possuindo plantas baixas, planos, elevações e cortes, elaborados em *softwares* de *Computer Aided Design* (CAD), em sua grande maioria. Com o aparecimento da modelagem de informações, pôde-se ir além do 3D, restrito as três dimensões primárias (altura, largura e comprimento), chegando-se ao conceito da quarta dimensão (4D) representada pelo tempo, e o custo como a quinta dimensão (5D). Com isso, os elementos presentes na construção podem ser definidos individualmente, sendo atribuídos propriedades e informações associadas como, por exemplo, numa parede, ir além da sua identidade geométrica, podendo ser adicionado parâmetros de informação, como o material que a compõe, seu número de camadas, a textura da superfície, suas propriedades térmicas e acústicas, entre outros (BRAGA, 2015).

Existem inúmeros benefícios da plataforma BIM, dentre eles, pode-se citar a visualização 3D do que está sendo projetado aliada ao armazenamento de informações e especificações que a plataforma é capaz de realizar, ou seja, a possibilidade de extrair automaticamente quantitativos da construção, por exemplo. Além disso, a ferramenta pode realizar ensaios e simulações prévias das etapas de montagem da construção, realizadas no computador, com os diferentes tipos de materiais e técnicas construtivas, identificação automática de interferências geométricas, possibilidade de realizar obras mais complexas, elaboração de documentos mais íntegros e consistentes, entre outra gama de vantagens. Essa série de itens se mostram a frente do que é possível com a utilização das ferramentas CAD e um pequeno resumo dessas diferenças podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1 – Diferença entre CAD e BIM



Fonte – Adaptado de Faria (2007).

Com isso, pode-se perceber o enorme potencial desta ferramenta na colaboração da industrialização e racionalização da construção civil, principalmente no cenário atual brasileira, onde a prática de construir, como dito anteriormente, ainda é visto como algo artesanal e conservador, muitas vezes resistindo a mudanças que, hoje em dia, são extremamente necessárias para se obter avanços no setor construtivo. Além disso, esta ferramenta ainda pode tornar mais rápido e preciso o levantamento de quantitativos e, conseqüentemente, o orçamento de um empreendimento, como nos casos abordados no presente trabalho.

1.2 Justificativa

Têm-se no Brasil, atualmente, muitas dificuldades relacionadas a construção civil, o que torna esse tipo de serviço atrasado, em determinadas pontos, em relação a muitos países desenvolvidos. Essas dificuldades estão relacionadas, principalmente, à mão-de-obra não especializada presente nos mais diversos segmentos da construção, à falta ou a má elaboração de projetos em geral e ao mal planejamento de obras, gerando muitos desperdícios. Além disso, o modelo de construção utilizado atualmente está muito enraizado a muitos anos, seguindo ainda os padrões da Roma antiga, sendo “tijolo por cima de tijolo”, o que torna difícil que muitas das grandes construtoras presentes no território brasileiro comecem a investir nessa tecnologia, parte disso por falta de interesse, outra por desconhecimento, outras por medo dos riscos financeiros.

Está se tornando cada vez mais necessário a difusão de uma colaboração multidisciplinar e uma compatibilização mais eficiente entre os projetos, principalmente pela crescente complexidade de obras que estão surgindo no cenário atual e prazos cada vez mais curtos para a realização destes. Pode-se citar a grande necessidade de levantamento de quantitativos, orçamentos e planejamentos de obras e projetos mais bem elaborados, feito de forma errada, pode gerar um grande percentual de desperdícios na construção civil. Sendo assim, o papel do BIM pode vir a se tornar essa ferramenta que agrega todas as partes envolvidas no planejamento e execução de uma construção, fornecendo informações detalhadas que podem ser utilizadas por todos os envolvidos direto e indiretamente com a obra.

Portanto, o presente trabalho se justifica pela necessidade de analisar os reais impactos que a plataforma BIM pode causar na modelagem de projetos e qual o percentual de diferença que isso pode gerar no levantamento de quantitativos de uma obra. Espera-se, então, contribuir para a difusão da ferramenta e mostrar o quanto ela pode potencializar a racionalização da construção civil, passando a ser um processo mais rápido, automatizado e com menos desperdícios.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é realizar uma análise comparativa entre o levantamento de quantitativos de obras utilizando o método tradicional, com o auxílio do CAD, e o método utilizando a plataforma BIM, identificando os motivos e os impactos que as diferenças entre os métodos podem causar ao valor do orçamento.

1.3.2 Objetivos Específicos

- (a) Selecionar e analisar projetos para o estudo de casos e determinar os principais serviços da construção civil a serem trabalhados;
- (b) Realizar leitura e interpretação dos projetos selecionados e levantar os quantitativos dos mesmos manualmente, com o auxílio de uma ferramenta CAD;
- (c) Elaborar a modelagem em 3D dos projetos selecionados utilizando a plataforma BIM e utilizar o seu levantamento de quantitativos automático;

(d) Desenvolver uma análise comparativa entre os dois métodos, identificando os principais pontos de divergência e suas causas, apresentando as vantagens e desvantagem de cada método, utilizando o orçamento como um dos indicativos.

1.4 Estrutura do trabalho

A estrutura do trabalho foi dividida em seis capítulos, que tem seu conteúdo explicado a seguir.

O primeiro capítulo é o de introdução, onde se apresentam as considerações iniciais, contextualização do caso, expondo o que justificou o trabalho, mostrando os objetivos gerais, específicos e estrutura do trabalho.

O segundo capítulo compreende a revisão bibliográfica, na qual está o embasamento teórico deste trabalho. Foram realizadas diversas pesquisas em livros, artigos, periódicos, teses, revistas especializadas, trabalhos científicos, apostilas técnicas e anais de modo a ajudar na fundamentação teórica do trabalho. Assim, foram apresentados os conceitos, aplicações e definições com o foco em levantamento de quantitativos, orçamento e tecnologia BIM.

O terceiro capítulo contempla a metodologia adotada ao realizar esse trabalho, demonstrando as ferramentas, os materiais e os passos que foram utilizados para se atingir o objetivo em questão.

O quarto capítulo demonstra os estudos de casos e suas particularidades, onde houve a aplicação do levantamento de quantitativos tanto manualmente, como pela ferramenta BIM.

O quinto capítulo apresenta os resultados e discussões, comparando-se os resultados e discorrendo-se sobre as diferenças obtidas entre os métodos, realizando tanto análises quantitativas como qualitativas.

O sexto capítulo e último capítulo, por fim, são apresentas as conclusões relativas ao trabalho apresentado, mostrando as considerações mais relevantes analisadas na produção do estudo, comparando os objetivos iniciais com os resultados obtidos. Serão apresentadas ainda recomendações para trabalhos futuro desta linha de pesquisa, permitindo assim dar continuidade do estudo em questão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Orçamento

O orçamento de um empreendimento é o cálculo dos custos necessários para executá-lo, sendo uma das primeiras fontes de informação que se deve conhecer ao estudar o projeto. A construção pode gerar gastos consideráveis e, em função desse valor, pode-se determinar se o empreendimento é viável ou não. Com isso, quanto mais detalhado um orçamento, mais próximo ele será do custo real, podendo resultar em lucros ou prejuízos para a empresa de acordo com o seu nível de elaboração. O orçamento pode ser dividido, ainda, em relação a sua fase no projeto, podendo ser uma estimativa de custo, um orçamento preliminar ou um orçamento detalhado. Assim, para elaborar um orçamento, é necessário desenvolver, além do cálculo dos custos, uma série de outras tarefas complementares (CORDEIRO, 2007).

A estimativa de custos e o estabelecimento do preço de vendas é, basicamente, uma forma de previsão, pois muitos são os fatores que podem influenciar e contribuir para os custos de um empreendimento. A técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma grande série de itens, requerendo muita atenção e habilidade técnica para não ocorrer enganos. Como o orçamento é realizado antes da construção do produto, muito deve ser feito para que não haja lacunas na composição do custo, nem considerações erradas (MATTOS, 2006).

De acordo com Limmer (1997), o orçamento ainda pode ser definido como a estimativa dos gastos necessários para a realização de um projeto. A preparação de um orçamento é de extrema importância para um bom planejamento devido ao fato de servir como base para o sucesso de um empreendimento de construção civil.

Ainda segundo o autor, o orçamento deve satisfazer os objetivos de definir o custo de execução de cada atividade, elaborar um documento contratual que serve de base para o faturamento da empresa, servir como referência na análise dos rendimentos obtidos dos recursos empregados na execução e fornecer informações para o desenvolvimento de coeficientes técnicos confiáveis, visando o aperfeiçoamento da capacidade técnica e da competitividade da empresa que executa o projeto.

Sendo assim, o orçamento na construção civil consiste no custo da obra antes da sua realização, elaborado com base em documentos, que devem ser de alta credibilidade, como projetos, memoriais descritivos e encargos, considerando todos os custos diretos e indiretos envolvidos nesse tipo de empreendimento, tudo o que possa influenciar no custo final. Para

montar esse tipo de orçamento é necessário conhecer coeficiente de produtividade da mão-de-obra, consumo de materiais, de equipamentos utilizados, entre outros aspectos. Além disso, um orçamento mais detalhado se torna mais útil, sendo uma referência para a execução, pois o engenheiro passa a ter as informações sobre a quantidade de cada atividade que terá q executar, facilitando o controle de custos (CORDEIRO, 2007).

O orçamento de um projeto se baseia na previsão de ocorrência de atividades futuras, logicamente ligadas entre si e que consomem diferentes recursos, acarretando cursos que são, em geral, expressos em termos monetários, sendo uma previsão de custos ao longo do prazo de execução do projeto, podendo se assemelhar ao real (LIMMER, 1997).

Orçar não é um mero exercício de futurologia ou jogo de adivinhação, pois um trabalho bem executado, com critério técnicos bem estabelecidos, utilizando informações confiáveis e um bom julgamento do profissional orçamentista, podem levar a orçamentos precisos, porém não exatos, porque o verdadeiro custo de um empreendimento é virtualmente impossível de se estabelecer de antemão. Então, o orçamento deve envolver uma estimativa de custos em função da qual o construtor irá atribuir seu preço de venda (MATTOS, 2006).

O orçamento de uma obra, de forma simplificada, é composto pelo levantamento das quantidades de serviço a serem executados, consumo unitário (valor indicador da produtividade ou do consumo de materiais) e o preço unitário referente a mão-de-obra ou materiais (MARCHIORI, 2009).

De acordo com Mattos (2006), o orçamento é diferente da orçamentação. A preocupação com os custos de um empreendimento começa cedo, antes mesmo do início da construção, sendo na fase de orçamentação, quando é feito um levantamento preliminar dos custos prováveis de execução da obra, sendo este processo uma das principais áreas de negócio da construção civil, pois ele é a base de fixação do preço de um projeto. Ou seja, o orçamento é o produto final, enquanto a orçamentação é o processo.

O autor ainda afirma que para uma orçamentação bem elaborada, um dos requisitos básicos para um bom orçamentista é um conhecimento técnico detalhado do serviço, devendo ter uma interpretação aprofundada dos desenhos, planos e especificações da obra para estabelecer a melhor maneira de realizar cada tarefa, identificando, assim, cada serviço e seus custos de execução envolvidos.

Um orçamento detalhado, preciso e correto depende diretamente de um projeto executivo com todos os detalhamentos, especificações, memoriais, cadernos de encargos, planos de contas, composições realistas, além de elevada capacidade de interpretação do

orçamentista dos diversos projetos e desenhos que compõem um empreendimento (COSTA, 2016).

Para Mattos (2006), a orçamentação se divide em três grandes etapas de trabalho, apresentadas a seguir:

(a) Estudo das condicionantes ou condições de entorno, que engloba a leitura e interpretação do projeto, especificações técnicas, estudo do edital e visitas técnicas;

(b) Composições de custos, que compreende a identificação dos serviços, levantamento de quantitativos, discriminação dos custos diretos e indiretos, cotação dos preços e definição dos encargos sociais e trabalhistas;

(c) Fechamento do orçamento, representada pela definição da lucratividade, cálculo do BDI e desbalanceamento de planilha.

O orçamento propriamente dito requer o levantamento das quantidades e a composição dos custos de cada serviço, sendo o orçamento detalhado o que gera um produto final mais complexo e confiável. De acordo com Mattos (2006), existem três tipos de graus de detalhamento: a estimativa de custos, o orçamento preliminar e o orçamento analítico.

A estimativa de custos se baseia na avaliação expedita com base nos custos históricos e comparação com projetos similares, dando uma ideia aproximada da ordem de grandeza do custo do empreendimento. Esse tipo de orçamento é usado quando se está realizando o planejamento preliminar do empreendimento, a fim de obter o custo da obra através das áreas de construção por custos unitários pelo indicador do metro quadrado. Inúmeras são as fontes de referências para esse parâmetro, sendo o Custo Unitário Básico (CUB) o mais utilizado, mas isso não impede que empresas ou construtoras possam usar seus próprios indicadores (MATTOS, 2006).

O orçamento preliminar é mais detalhado que a estimativa de custos, pois necessita do levantamento de quantitativos e requer a pesquisa de preços dos principais insumos e serviço, o que faz com que possua grau de incerteza menor. Este tipo de orçamento trabalha com uma quantidade maior de indicadores (como volume de concreto e peso de armação), que servem para gerar pacotes de trabalho menores, facilitando a orçamentação e análise de sensibilidade de preços. Em obras similares, a construtora pode gerar seus próprios indicadores e embora os prédios possuam projetos de arquitetura distintos, os seus indicadores não diferem tanto (MATTOS, 2006).

Este tipo de orçamento possui grau de informação maior, pois parte de dados conhecidos do projeto, como espessura de laje, pé direito, tipo de cobertura, quantidades de pavimentos, número de unidades habitacionais, etc. Entretanto, mesmo contendo mais

informações que a estimativa de custos, ainda está abaixo do nível de detalhe do orçamento analítico detalhado (COSTA, 2016).

Por fim, o orçamento analítico, ou detalhado, é elaborado com composições de custos e extensa pesquisa de preço dos insumos e serviços, os quantitativos são levantados com base em projetos executivos quem possuam informações confiáveis do empreendimento, procurando chegar em um valor próximo ao custo real do empreendimento, com uma margem reduzida de incertezas (MATTOS, 2006; COSTA, 2016).

Para Xavier (2008), o orçamento detalhado é o método mais preciso para a avaliação de custos de um determinado empreendimento, pois se considera todas as etapas da obra na aquisição de materiais, contratação da mão de obra, administração local e central, pagamento dos impostos, taxas e leis sociais, além da definição da Bonificação das Despesas Indiretas (BDI), bem como a formação do preço final do produto. Sendo assim, para a elaboração de um orçamento detalhado, é fundamental que o profissional tenha um bom conhecimento de todos os métodos construtivos envolvidos na execução da obra.

Para a orçamentação, precisa-se ter em mãos os valores das composições e insumos de cada serviço da construção civil. Para isso, existem uma série de tabelas presentes no mercado que apresentam os custos atuais dos serviços de um empreendimento que auxiliam no preenchimento de uma planilha orçamentária. Os principais exemplos presentes na atualidade do estado do Ceará são as tabelas elaborados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e pela Secretária de Infraestrutura (SEINFRA) do estado do Ceará. Apesar disso, cada empresa de construção pode elaborar e utilizar suas próprias composições e preços.

De acordo com a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), 20% dos salários dos empregos com carteira assinada não destinada a despesas previdenciárias e para estimular o crescimento industrial do país, o governo permite desonerar a folha de pagamento, ou seja, torna passível de recolhimento de cerca de 4,5% da receita bruta da empresa para as contribuições de previdência. Cabe a empresa escolher qual seria a situação mais vantajosa, desonerar ou não a folha de pagamento.

2.2.1 Secretária de Infraestrutura – SEINFRA

A Secretaria da Infraestrutura (SEINFRA) do estado do Ceará elabora uma tabela de custos unitários e serviços de engenharia, utilizada para elaboração de orçamentos, principalmente nas áreas de construção civil, saneamento, rodovias, ferrovias e portos, que se

baseia na variação do preço de mercado (incluindo mão de obra). A tabela foi criada em 2001, sendo atualizada pelo menos uma vez por ano, surgindo através da necessidade de se unificar e padronizar as boas práticas da engenharia no setor público.

As tabelas podem ser encontradas no *site* da SEINFRA/CE, de forma gratuita, sendo dividida entre os serviços com desoneração, sem desoneração e ainda subdividida por tipo de etapa da construção, o que facilita a pesquisa. A Figura 3 mostra o exemplo da tabela, com descrição, código, unidade e valor unitário.

Figura 2 – Tabela de serviços da SEINFRA




Tabela 024				
Insumo	Descrição	Unidade	SEM ENCARGOS	COM ENCARGOS
17501	10 SLOTS CHASSIS MODULAR HARDWARE STYLE , MOD. 1746-A10AB	UN	1.537,41	
17447	5'03 RS-232 ROGRAMMER CABLE 3m, MOD. 1747-CP3 AB	UN	67,26	
18222	ABÓBADA DE POLICARBONATO TRANSPARENTE	M2	597,48	
16472	ABRAÇADEIRA PARA POSTE DE CONCRETO DUPLO "T"	UN	6,01	
16700	ABRAÇADEIRAS EM FERRO BARRA CHATA 1/4" PINTURA EPOXI C/PARAFUSOS	UN	36,40	
10003	ABRIGO P/ HIDRANTE 60 X 90 X 17CM	UN	296,67	
10004	ABRIGO PRÉ-MOLDADO CONCRETO (FORNECIMENTO/ASSENTAMENTO)	UN	4.685,00	
17443	AC INPUT MODULE FOR PLC, MOD. 1746-IA16 AB WITH16 CHANNELS	UN	916,71	
18560	ACELERADOR DE COBALTO 6%	L	57,60	
17438	ACESSÓRIOS DE BAIXA TENSÃO	CJ	357,45	
17428	ACESSÓRIOS DE MÉDIA TENSÃO	CJ	3.717,53	
18198	ACESSÓRIOS P/ TRILHO -100	KG	6,79	
18258	ACESSÓRIOS PARA UNIDADE DE PESAGEM (FAROL LUMINOSO, SENSORES DE POSIÇÃO, SOFTWARE DE CONFIGURAÇÃO, CABOS, ETC)	CJ	21.963,05	
17469	ACETILENO	KG	37,74	
10154	ÁCIDO MURIÁTICO	L	3,12	
10005	ACIONAD.MANUAL, TIPO QUEBRE O VIDRO, MOD. EUROTRON	UN	35,37	
10157	AÇO CA-25	KG	4,06	
10163	AÇO CA-50	KG	3,96	
17952	AÇO CA-50/60	KG	4,05	
10169	AÇO CA-60	KG	4,14	

Fonte – SEINFRA (2016).

2.2 Levantamento de quantitativos

Para o setor da construção civil, o levantamento de quantitativos é uma etapa fundamental para a definição do orçamento dos empreendimentos, pois eles são quantificados tanto os serviços, quanto os materiais para a obra. Desta forma, o profissional orçamentista deve compreender e ter o domínio sobre a forma como os serviços de uma construção devem ser realizados para que se tenha noção do que é necessário, material e mão-de-obra, para a etapa de execução. Com isso, pode-se concluir que o levantamento de quantitativos oferece suporte tanto para o setor financeiro da empresa, quanto para servir como base para o planejamento do

empreendimento, uma vez que pode fornecer a quantidade de horas-homem necessárias para cada serviço (BRAGA, 2015).

A definição de quantitativos, a partir de um projeto, compreende a elaboração de cálculos baseados nas composições, como volume de concreto para elementos estruturais, área de superfície, quantidade de ferragem, quantidade de esquadrias, região de pintura, área de tralhado, volumes de cortes e aterro, escavação das fundações, entre outros. Esse levantamento de quantitativos de materiais e serviços influencia diretamente no planejamento da obra (XAVIER, 2008).

Os quantitativos podem ser entendidos como os materiais e trabalhos necessários para se realizar a obra e podem ser definidos em projeto a partir da elaboração de cálculos baseados nas suas composições. Segundo Mattos (2006), eles podem ter classificados em diferentes tipos de medidas, como: volumes, peso, áreas, lineares ou adimensionais, com exemplos representados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões dos quantitativos

Dimensão	Exemplo
Lineares	Tubulação, meio-fio, sinalização horizontal de estrada, rodapé
Superficiais ou de área	Limpeza e desmatamento, fôrma, alvenaria, forro, esquadria, pintura, impermeabilização, plantio de grama
Volumétricos	Concreto, escavação, aterro, dragagem, bombeamento
De peso	Armação, estrutura metálica
Adimensionais	Referem-se a serviços que são pagos por medida, mas por simples contagem: postes, portões, placas de sinalização, comportas

Fonte – Adaptado de Mattos (2006).

Ainda segundo o autor, as quantidades podem ser classificadas quanto a sua permanência na obra, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Permanência dos quantitativos

Classe	Característica	Exemplo
Permanentes	Ficam incorporados ao produto final	Concreto, aço, tinta, areia, brita, cimento, tijolo
Não permanentes	São utilizados durante a fase de construção e removidos em seguida	Madeira para fôrmas e escoramentos, tensores metálicos de fôrmas, prego, desmoldante, tubulações provisórias (ar comprimido, ventilação, água)

Fonte – Adaptado de Mattos (2006).

Com o levantamento de quantitativos realizados, pode-se estruturá-lo em uma planilha eletrônica, como mostrado na Figura 2, para se realizar os cálculos das composições e com o auxílio de *softwares* específicos, é possível realizar diversas atividades, como o orçamento, planejamento da edificação e cronograma físico-financeiro, por exemplo.

Figura 3 – Formulário em planilha eletrônica para revestimentos

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

↓
Dados de entrada

Fonte – Adaptado de Mattos (2006).

Este processo é uma das fases que mais exige, intelectualmente, do profissional orçamentista, pois o levantamento de quantitativos requer uma grande demanda de leitura do projeto para a interpretação de suas contagens, cálculos de área, volumes e comprimentos, além de consulta a tabelas de engenharia. Atualmente, na maioria das empresas, os profissionais orçamentistas trabalham em cima de projetos bidimensionais que representam a realidade tridimensional, sendo então capazes de extrair todas as informações que precisam. Entretanto, essas estimativas entre dimensões, feitas manualmente, podem apresentar erros e podem se mostrar extremamente ineficientes, sendo cada vez pior, devido à propagação dos erros, quanto maior for o empreendimento estudado (MATTOS, 2006).

A quantificação dá início, tradicionalmente, a estimativa de custos de um projeto para a construção de um empreendimento. Essa tarefa, geralmente, ocorre de maneira intensiva com a partir do registro dos componentes presentes nos projetos vistos em desenhos impressos, ou mais comumente usados em desenhos em *Computer Aided Design* (CAD). A partir dos quantitativos levantados, os orçamentistas utilizam planilhas de custos para poder estimar o valor do projeto. Ainda pode-se constatar que o processo é demorado, estimando-se que, dentro da estimativa de custos, o levantamento de quantitativos pode levar de 50% a 80% do tempo total do serviço (SABOL, 2008).

Esse processo é a atividade que mais demanda recursos de tempo para a finalização e é a atividade mais importante para o levantamento de custos, que pode ser realizado manualmente ou de modo automatizando, dependendo das ferramentas e recursos disponíveis para utilização de estimativas de custos. Métodos manuais de levantamento de quantitativos englobam medições e contagem dos elementos da construção através de cotas e escalas, inserido os valores encontrados em uma planilha, que auxilia na organização de uma estimativa de custos, nos cálculos e demonstração dos dados de forma clara. Este método pode ser considerado bastante cansativo devido à transferência dos valores encontrados para a planilha, pois deve ser realizado esse processo com bastante atenção, verificando cuidadosamente para garantir a exatidão (ALDER, 2006).

Por ser, geralmente, um procedimento quase totalmente manual, o levantamento de quantitativos pode possuir diversos problemas e equívocos, que podem se propagar gradualmente em todo o orçamento de um empreendimento. Ou seja, um erro no levantamento de quantitativos pode levar a uma enorme diferença final na avaliação de custo final da obra, o que pode interferir na tomada de decisão de uma empresa ou de clientes. Com isso, considera-se esta etapa de extrema importância para o “nascimento” de um empreendimento e que é necessário que haja melhorias para melhor precisão (SANTOS; ANTUNES; BALBINOT, 2014).

Com isso, o levantamento de quantidades tem importância nas mais diferentes fases do ciclo de vida do empreendimento, seja no início, na qual os quantitativos são utilizadas para obter a primeira estimativa de custos da obra, podendo também ser utilizado como base para a definição do seu prazo de construção, seja durante a execução do empreendimento, na qual os quantitativos são essenciais para um controle de custos bem executado, bem como para produzir indicadores de custo e prazo para o gerenciamento do projeto (MONTEIRO; POÇAS MARTINS, 2013).

Entretanto, o levantamento de quantitativos, no seu processo tradicional da orçamentação, se baseia em projetos em 2D, impressos ou em *softwares*, sendo realizados diversos tipos de processos diferentes para o levantamento dos dados de cada ambiente de forma individual, fazendo com que haja chances de que a metodologia adotada pelo profissional que está realizando esse processo seja diferente de outro profissional, fazendo com que a conferência entre quantidades se torne difícil. Além disso, a interpretação dos projetos acaba sendo de forma pessoal, podendo fazer com que duas pessoas diferentes possam realizar levantamentos de quantitativos de um mesmo empreendimento, chegando a valores diferentes (MONTEIRO; POÇAS MARTINS, 2013).

Muitos dessas incoerências ocorrem devido a falta de padronização no processo de levantamento de quantitativos e o desconhecimento sobre a relação entre o coeficiente de consumo da composição de custo e seu critério de medição, levando a imprecisões no custo final do orçamento (MARCHIORI, 2009).

O levantamento de quantitativos de forma automática pode reduzir o tempo e tem a possibilidade de minimizar os erros e as falhas do processo como um todo. Sendo assim, a estimativa dos valores automatizados permite compilar, padronizar e integrar os dados em outros departamentos da empresa. Por exemplo, o levantamento de quantitativos realizado pela tecnologia BIM permite uma rápida avaliação sobre o impacto que uma decisão tomada no projeto pode custar ao curso da obra (SANTOS *et al.*, 2009).

Apesar de o levantamento de quantitativos ser uma etapa chave para o empreendimento, existem poucos materiais acerca de suas boas práticas, o que faz com que cada profissional adote sua metodologia. Trata-se de um processo fragmentado, que requer o uso de diversas ferramentas e recursos, que muitas vezes se mostram ineficientes, uma vez que variações entre o orçamento e o custo final da obra podem ser encontrados, mostrando que a extração de quantitativos ainda não é um processo totalmente maduro, até mesmo com a utilização do BIM. Além disso, muitas empresas consideram esse conhecimento como algo estratégico, sendo um conhecimento não compartilhado (FORGUES *et al.*, 2012; MELHADO E PINTO, 2015).

2.3 Computer Aided Design (CAD)

A indústria da construção civil, com o passar dos anos, vem utilizando cada vez mais tecnologias computacionais, principalmente para projetar, fabricar e montar elementos construtivos, tanto dentro quando fora do canteiro de obras. Sendo assim, avanços nas

tecnologias de desenhos assistidos por computador (CAD), causaram impactos nos projetos de edifícios e nas práticas construtivas. Os sistemas CAD substituíram o trabalho feito manualmente nas pranchetas, permitindo produções mais complexas, principalmente no que diz respeito à arquitetura, automatizando o processo de projeção, reduzindo o tempo gasto em tarefas repetitivas, fazendo com que o projetista possa desempenhar outras atividades, como planejamento e controle.

Segundo Schodek *et al.* (2005), as aplicações desse sistema começaram a transformar os projetos de arquitetura e práticas de engenharia a partir da geração de geometrias complexas, com mais precisão e rapidez de execução. Isso proporcionou uma grande evolução nos projetos colaborativos entre arquitetos, engenheiros e fabricantes, principalmente devido a criação de modelos que pudessem ser trabalhados simultaneamente.

Na década de 70, o sistema CAD teve ferramentas desenvolvidas para áreas como mecânica, aeroespacial, construção e elétrica, compartilhando conceitos de modelagem de produtos, análises integradas e simulações. Já na década de 80 foi desenvolvido a modelagem paramétrica, que representa objetos por parâmetros e regras que determinam sua forma geométrica e suas propriedades não geométricas. Essas tecnologias permitem atualizações automáticas no sistema, permitindo a modelagem de geometrias complexas, como formas irregulares ou fachadas compostas com diversos elementos inter-relacionados, de difícil desenho e visualização bidimensional (EASTMAN, *et al.* 2011).

A tecnologia CAD pode ter duas interpretações, a primeira como *Computer Aided Drafting*, que se baseia no auxílio do computador na representação gráfica no processo de projeto em prancheta, a qual possui uma formação mental do espaço, onde o projetista faz diversos desenhos como plantas, cortes, elevações e perspectivas no plano para entendimento do seu objeto de projeto. A segunda interpretação pode ser entendida como *Computer Aided Design*, a qual as representações bidimensionais e tridimensionais possuem funções automáticas, ajudando o projetista a tomar decisões, como funções de cálculo de áreas, perímetros e volumes, até funções mais avançadas de sistemas integrados de informação. Além disso, essa segunda interpretação ainda pode se dividir em *Computer Aided Engineering* (CAE) e *Computer Aided Architectural Design* (CAAD) (FERREIRA, 2007).

Desta forma, *Computer Aided Engineering* (CAE) representa os projetos de engenharia e seus sistemas são capazes de executar cálculos, análises, dimensionamentos e simulações de engenharia, enquanto o *Computer Aided Architectural Design* (CAAD) auxilia os projetos de arquitetura, onde os seus sistemas executam funções de desenvolvimento, avaliação e simulação da edificação em diversas etapas do projeto.

A utilização dos sistemas CAD pode ser tanto bidimensional, quanto tridimensional. A primeira, envolve a elaboração de plantas, cortes e elevações como recurso para projetar e analisar, enquanto ainda pode representar a solução final. Os projetistas desenham as formas e detalhes da construção a partir de registro em um espaço durante sua análise e suas informações são armazenadas mentalmente pelos seus responsáveis, levando a um exercício contínuo de abstração e de memorização. O sistema bidimensional se assemelha ao tradicional método realizado manualmente em pranchetas. Apesar de ser possível a introdução de automação do projeto, o resultado continua se resumindo a representações gráficas de plantas, cortes e elevações que reduzem a informação do volume espacial, além disso, os projetistas são obrigados a usar inferências para o entendimento do projeto (FERREIRA, 2007).

Enquanto isso, o CAD 3D requer técnicas de desenho e se baseia em modelagem tridimensional do empreendimento com o objetivo de simples visualização. As ferramentas CAD 3D podem ser classificadas como paramétricas ou não paramétricas. Ou seja, o segundo grupo permite apenas a criação de objetos tridimensionais, mas sem permitir a modificação deste por meio de parâmetros, enquanto o primeiro grupo permite associar as dimensões do sólido modelado a parâmetros que podem ser manipulados diretamente pelo usuário ao atualizar o modelo. O CAD 3D paramétrico é muito utilizado na indústria de manufatura, inclusive integrado com outros tipos de sistemas, tais como, CAM (*Computer Aided Manufacturing*), CAE (*Computer Aided Engineering*) e PDM (*Product Data Management*) (MONTEIRO, 2011).

De acordo com Ferreira (2007), a modelagem em CAD 3D se baseia em três principais técnicas:

(a) Modelo de arestas ou armado: construído posicionando-se no espaço elementos bidimensionais, tais como linhas, polígonos, círculos, elipses, arcos e suas composições. Neste modelo, é possível perceber que o 2D é mais difícil em se transformar em modelo espacial e tem um grande problema com a ambiguidade de observação;

(b) Modelo de composição por superfície: usa-se composições de faces planas, proporcionalmente pequenas do objeto, permitindo esconder o que está atrás, uma vez que a superfície pode se tornar um plano opaco, o que acaba por reduzir a ambiguidade presente no modelo armado, mas torna o desenho mais complexo;

(c) Modelos sólidos: representa todo o volume do objeto, sendo modelos mais completos, com formas mais complexas, porém de construção e edição, em geral, simples. Essa facilidade vem de recursos booleanos para combinar sólidos (união, subtração e intersecção),

efetuando-se comandos de cortes, chanfros e arredondamentos. Esses procedimentos, relativamente simples, amplificam as possibilidades de criação e edição de modelos sólidos e permitem analisar interferências entre dois sólidos. Essa modelagem é ideal para uso em AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), já que permite construção rápida de modelos e consideração dos volumes.

2.4 Building Information Modeling (BIM)

Charles Eastman, tido como o primeiro a utilizar o termo, teria conceituado BIM como sendo “um modelo digital que representa um produto, que, por sua vez, seria o resultado do fluxo de informações do desenvolvimento do seu projeto”. Segundo Catelani (2016), pode-se entender o *Building Information Modeling* (BIM) como um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, são capazes de gerenciar, coordenar e planejar o processo de projeto de uma edificação ou instalação, além de ser capaz de realizar ensaios prévios de desempenho, gerenciar e armazenar informações e dados, durante todo o ciclo de vida da obra, desde a concepção e a conceituação da ideia, desenvolvimento do projeto, a construção, e também após a obra pronta, na sua fase de utilização. Portanto, trata-se de uma plataforma de trabalho, que é baseada em modelos, ou seja, uma representação digital multidimensional das características físicas e funcionais de uma edificação ou instalação. e não apenas em documentos, desenvolvidos pela tecnologia predecessora, o CAD – *Computer Aided Design*.

A plataforma BIM pode ser considerada como uma alternativa ao ato tradicional de se projetar, a partir de uma nova abordagem nas práticas profissionais da engenharia e arquitetura, permitindo um trabalho mais colaborativo entre os profissionais envolvidos no processo de construção civil através de uma manipulação de informações entre os mais diversos projetos envolvidos (MENEZES, 2011).

O BIM é uma tecnologia capaz de permitir a modelagem de informações de uma obra, possibilitando a construção virtual do empreendimento levando em consideração todos os detalhes construtivos dos projetos relacionados, podendo, dessa forma, extrair informações de forma automática e instantânea, como quantitativos, especificações de materiais, entre outros elementos. Além disso, ele permite uma eficiente troca de informações entre os diversos projetistas envolvidos, admitindo que todos acessem os dados dos projetos e faça com que todos consigam visualizar possíveis interferências entre elementos distintos que estão se desenvolvendo em conjunto, podendo ser resolvidas com maior eficiência e em tempo hábil a execução (COSTA, 2016).

Assim, os programas BIM permitem organizar, em um mesmo arquivo digital, um banco de dados contendo todas as informações da obra, sendo acessíveis a todas as equipes envolvidas, o que pode vir a mudar a dinâmica da metodologia da produção da construção civil, começando ainda nas suas fases iniciais (FARIA, 2007)

O desenvolvimento desses modelos do BIM ocorre a partir do gerenciamento do fluxo de dados aplicado as fases do ciclo de vida do projeto. Esse fluxo se baseia em objetos inteligentes com uma rica semântica, que representa elementos da construção civil e do processo construtivo, como vigas, lajes e pilares. Esses objetos inteligentes são desenvolvidos a partir da modelagem paramétrica e o usuário é livre para desenvolver novos objetos e funções (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004; SUCCAR, 2009).

Além disso, a modelagem utilizada no BIM, geralmente é a paramétrica, ou seja, as informações são interligadas entre si, fazendo com que alterações realizadas sejam propagadas em todo o modelo, de forma automática, evitando, dessa forma, a propagação de erros e fazendo com que não haja a necessidade de voltar a etapas anteriores para adequar o restante do projeto às novas alterações realizadas.

O BIM pode ser entendido como uma plataforma de informação que facilita a construção de um edifício. Utilizando-se um modelo virtual de dados, permite a simulação de projetos, cálculo de custos na construção, análise dos processos construtivos, planejamento, gerenciamento e manutenção de um edifício. Ou seja, a plataforma tende a ser um catalisador da industrialização da construção civil, pois tende a apresentar melhorias e avanços em seus processos produtivos/construtivos a partir do armazenamento e detalhamento de informações, melhorando sua eficiência e eficácia e reduzindo custos (SUCCAR, 2009).

O BIM possui diversos tipos de benefícios, sendo um dos seus maiores referentes ao levantamento de quantitativos automáticos que a ferramenta pode gerar, tendo um ganho significativo de tempo no processo de planejamento e orçamentação de um empreendimento. Sendo assim, caso haja uma modelagem bem-feita, pode-se eliminar as possíveis incoerências entre projetos, proporcionando a um levantamento e quantitativos mais preciso e eficiente, fazendo com que as informações que chegam ao canteiro de obras sejam mais confiáveis para o projeto como um todo.

Assim, para que as informações sejam confiáveis, deve-se haver a compatibilização entre todos os projetos, evitando conflito entre projetos e eventuais erros que possam surgir no decorrer da obra, o que pode gerar desperdícios de materiais e a custos adicionais. Com isso, a comunicação entre projetos é facilitada pelo BIM, caminhando, assim, para a compatibilização dos mesmos, pois a partir do momento em que todos são modelados na plataforma, é possível

ver como eles casam entre si e é possível contornar as incoerências. Com isso, é natural que os quantitativos sejam extraídos apenas ao fim da compatibilização entre os projetos, fazendo com que o uso do BIM seja eficiente nessa etapa do empreendimento (CRUZ, 2011; COSTA, 2016).

Tão importante quanto entender a plataforma, é compreender o que não é BIM, pois a medida em que ele foi ganhando seu espaço no mercado, ocorreu que tecnologias tentavam se assemelhar, mas se mostravam apenas iniciativas falsas e oportunistas das verdadeiras propostas de soluções oferecidas pela plataforma. Alguns *softwares* e empresas vendem seus serviços travestidos como soluções gerados pelo BIM, por isso é importante atentar para pontos chave que ajudam no discernimento entre o que é BIM e o que não é BIM, como, segundo Catelani (2016):

(a) Tecnologias que apresentam apenas a modelagem e a visualização gráfica em 3D de uma obra e não incluem outras informações além da sua própria geometria, não podem ser consideradas como soluções BIM, pois faltam as informações. Mas se for BIM, será em 3D;

(b) Soluções que utilizam apenas modelos em 2D e simulam as três dimensões, como *softwares* que não permitem a extração de quantitativos, atualizações automáticas, nem a realização de simulações e análises;

(c) Soluções em 3D que não se baseiam em objetos paramétricos inteligentes, ou seja, aqueles que possuem pouco ou nenhuma compatibilização entre os projetos e toda e qualquer alteração acaba se tornando trabalhosa;

(d) Soluções que não realizam atualizações automáticas nas vistas e relatórios de um mesmo projeto ou trabalho em desenvolvimento;

(e) Soluções ou *softwares* que não utilizam gestores de bancos de dados integrados não são BIM. A plataforma oferece diversos tipos de ‘visualização’ de dados, como listas, tabelas, planilhas, etc. Caso o usuário/projetista faça alguma alteração de informação, por exemplo, em uma tabela, ela será repassada imediata e automaticamente, para todas as outras formas de visualização.

2.4.1 Benefícios da tecnologia BIM

A tecnologia BIM, além de poder ser associada a outras ferramentas de análises, como o *lean construction* (construção enxuta), pode trazer uma série de benefícios para o ciclo de vida de um edifício, desde sua concepção, projeto e manutenção. Dentre os benefícios destacam-se a redução do tempo de projeto e construção, redução de custos, possibilidade de realizar projetos mais complexos, auxílio na construção e no projeto sustentável, melhoria dos

processos construtivos e a facilidade de incorporação de conhecimento técnico sobre os materiais utilizados, a fabricação e o processo construtivo, potencializando a compreensão do projeto e permitindo sucesso nas inovações tecnológicas (BETTING; SHAH, 2000; EASTMAN, 2008).

Para a elaboração do manual de BIM do Cbic, Catelani (2016) listou cerca de 20 grandes benefícios que são atingidos com a utilização da plataforma BIM, estando os mais relevantes apresentadas a seguir:

(a) Visualização e modelagem dos projetos desenvolvidos em 3D, possibilitando a visualização exata do que está sendo projetado, por mais complexa que seja a instalação ou edificação;

(b) Ensaios prévios da edificação no computador, pois pode-se realizar o Projeto e Construção Virtual (*Virtual Design & Construction – VDC*), que permitem ensaiar uma obra no computador, antes do início da construção real, no endereço da obra. Simulações do comportamento e do desempenho são funcionalidades novas, que não podiam ser executadas antes, com a utilização de processos baseados apenas em documentos (CAD). Essa tem sido uma das áreas que mais têm recebido investimentos dos desenvolvedores de *softwares*. Algumas das análises e simulações são as estruturais, energéticas, térmicos, termodinâmicos, ventilação, níveis de emissão de gás carbônico, luminotécnicos e insolação e sombreamento;

(c) Extração automática de quantitativos de serviços e componentes, garantindo consistência, precisão e agilidade de acesso às informações das quantidades, que poderão ser divididas e organizadas (ou agrupadas) de acordo com as fases definidas no planejamento e na programação de execução dos serviços;

(d) Identificação automática de interferências, geométricas e funcionais. Os *softwares* BIM localizam automaticamente as interferências entre os objetos que compõem um modelo, sendo uma ferramenta bastante útil nos casos de modelos muito extensos ou complexos, em que há muitas repetições de trechos de instalações;

(e) Geração de documentos mais consistentes através de objetos paramétricos e inteligentes, o que significa que esses objetos já têm informações sobre si próprios, sobre o seu relacionamento com outros objetos, e também com o seu entorno ou ambiente no qual está inserido;

(f) Capacidade de execução de construções mais complexas;

(g) Viabilização e intensificação da industrialização da construção civil através de estudos mais profundos e análises e ensaios prévios de métodos inovadores;

(h) Melhorias nas macrofases do ciclo de vida de um empreendimento, podendo contribuir para o processo de compreensão dos leitores. A utilização do BIM, nas fases que antecedem a construção de um empreendimento, possibilita a redução de incertezas e riscos associados aos custos e prazos estimados para a sua realização. Suas ferramentas usam modelos pouco detalhados, que são associados a bancos de dados de custos, organizados de maneira que permite o rápido cálculo dos custos de diferentes soluções construtivas, baseados em premissas.

Baroni (2011) realizou uma pesquisa com diversos profissionais das áreas de arquitetura e engenharia, com a finalidade de levantar os principais benefícios observados por esses profissionais com a utilização da ferramenta BIM, podendo ser observados a seguir alguns desses resultados:

- (a) 80% dos usuários afirmam terem reduzido erros e omissões no acervo técnico (documentação);
- (b) 71% afirmam redução de retrabalho;
- (c) 62% constataram que o BIM ajuda a empresa a oferecer novos serviços para clientes;
- (d) 49% relatam que o BIM aumenta o lucro de seus negócios.

2.4.2 Modelagem com BIM

O modelo BIM, ou de informações de construção, é uma representação digital que apresenta os detalhes físicos e funcionais de uma edificação. De acordo com os usos e propósitos, diferentes modelos podem ser elaborados e eles serão desenvolvidos em fases específicas do ciclo de vida de um empreendimento, considerando o detalhamento das informações, progressão do projeto e do processo das soluções construtivas adotadas (CATELANI, 2016).

A modelagem paramétrica, utilizada pelo BIM, é a representação digital de um determinado objeto virtual feito a partir de características pré-definidas, de forma a permitir que os objetos sejam automaticamente ajustados ao se alterar qualquer ponto do projeto. Entretanto, sua aplicação pode ser bastante complexa, pois o objeto inteligente tem a chance de ser criado de diferentes maneiras, podendo ter bastante complexidade, pois o número de possibilidades dos parâmetros cresce exponencialmente a quantidade de componentes considerados. Além disso, ainda requer um processo de pensamento algorítmico e matemático, mesmo sem precisar utilizar a programação de fato. (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006; ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

O BIM trabalha em cima de objetos, que podem ser entendidos como um conjunto de dados contendo informações sobre a geometria, tanto em 3D quanto em 2D, mas também informações, normas e materiais constituintes. Além disso, permite conectar dados de mercado, como custos, documentações complementares, manuais para manutenção e manuais de montagem. Ainda se pode variar muito tanto em complexidade quanto em comportamento e uso, podendo se enquadrar nas seguintes classes (CATELANI, 2016):

(a) Informações geométricas: nível de detalhamento, geometria de um objeto, nível de precisão, unidade de medida, ponto de inserção e renderização (cor, textura, brilho, etc.).

(b) Especificações: técnicas, funcionais e semânticas, parâmetros essenciais para simulações e análises de engenharia, para orçamentação, normas técnicas e padrões atendidos.

(c) Representações Bidimensionais (2D - plantas, vistas e cortes): diversas resoluções bidimensionais (2D), essencial para geração da documentação do projeto;

Os objetos BIM podem, ainda, ser divididos em fixos, onde não é possível ajustar medidas totais ou de seus componentes constituintes, semiparamétricos, no qual algumas dimensões podem ser ajustadas, mas existem grandes limitações de variabilidade, e paramétricos, no qual a maioria das dimensões e configurações dos principais componentes podem ser mudada e ajustada. Podemos ainda dividir em objetos funcionais, ou geométricas, como vigas, pilares e lajes, e os objetos analíticos como: cotas, níveis e zoneamentos (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004; CATELANI, 2016).

Algumas informações já vêm inclusas aos objetos virtuais BIM básicos, mas também é possível inserir novos dados. Alguns deles são ‘inteligentes’, por conterem todas as informações importantes sobre si mesmos, podem ter informações sobre a sua relação com outros objetos e componentes de um modelo, o que colabora na atualização automática global. As especificações técnicas e funcionais contidas nessas informações, são essenciais para a documentação dos projetos e também para o desenvolvimento das estimativas de custos e orçamentos e também fundamentais para a viabilização de simulações realizadas com ferramentas BIM. Ainda em *softwares* que aplicam a tecnologia, pode-se organizar os objetos em famílias, onde se agrupam aqueles que possuem características comportamentais e informações semelhantes (EASTMAN *et al.*, 2011; CATELANI, 2016).

Os objetos paramétricos podem ser alterados devido ao nível de inteligência estabelecida do objeto, ou seja, a sua capacidade para responder aos estímulos que ocorrem no sistema, respondendo aos estímulos possuem rotinas automáticas. A inteligência de um objeto ocorre por procedimentos, que são algoritmos, desenvolvidos em linguagem de programação (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

Entretanto, existem limitações para essas mudanças, que depende dos métodos adotados, tendo, entre eles: adaptação paramétrica, substituição de partes e a adaptação topológica. Na adaptação paramétrica, a mudança é regida por algoritmos, onde estímulos de todo tipo induzem a mudanças automáticas. Na adaptação de substituição de partes, os estímulos externos podem gerar, automaticamente, a substituição de partes. Por fim, as adaptações topológicas são mudanças que não podem ser automatizadas, devido às inúmeras possibilidades, gerando algoritmos muito complexos (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004; PINHEIRO, 2015).

2.4.3 BIM aplicado no levantamento de quantitativos e na orçamentação

O BIM, através da sua armazenagem de informações, possui a grande vantagem de já possuir todo o memorial de especificações já inseridos junto a modelagem dos projetos, o que representa um ganho enorme na quantidade de informações disponíveis dos projetos realizados. Além disso, é possível gerar relatórios automáticos com todos os materiais presentes no empreendimento como um todo, incluindo os quantitativos precisos dos mesmos, o que pode gerar um ganho de tempo na etapa de elaboração do orçamento da obra. A utilização do BIM permiti estabelecer com precisão a estimativa de custos de um projeto arquitetônico a partir do seu modelo, fazendo com que essa informação possa ser exportada de seu banco de dados e reproduzida mais rapidamente do que métodos tradicionais.

Segundo Eastman *et al.* (2008), as informações de quantitativos e custos dos projetos, gerados pelo BIM, são muito satisfatórios em toda a vida útil de uma construção. Com a modelagem do projeto finalizada, com as devidas compatibilizações, é possível extrair detalhes espaciais e quantidade de materiais de forma rápida e automática. Ou seja, é possível quantificar o número de elementos, seus componentes, área, volumes, quantidade de materiais, entre outras informações que possam vir a ser úteis. Devido a sua precisão, essas quantidades são ideais para produzir um levantamento preliminar de custos mais confiável.

Ainda hoje encontram-se dificuldades em realizar os processos de levantamento de quantitativos e orçamentação de um empreendimento, principalmente quando adotam-se técnicas tradicionais e manuais, fazendo com que o valor da quantidade de materiais possa variar de um mesmo empreendimento, de acordo com a metodologia adotada pelo profissional que está realizando esse serviço. Esses acontecimentos acabam justificando a adoção da plataforma BIM para tentar sanar essas dificuldades, pois se o processo de orçamentação for baseado na plataforma em questão, a modelagem fornecerá valores mais precisos, pois os

elementos são representados por componentes parametrizados de acordo com os projetos (SOUSA, 2013; CAMPESTRINE, 2015).

Os *softwares* que aplicam o BIM, diferentes dos programas tradicionais, modelam informações dos projetos, ou seja, uma linha traçada no BIM, pode ser uma parede ou algum outro elemento da construção civil que se diferencia pelas suas informações, enquanto em programas tradicionais, ela será apenas uma linha que se diferencia das demais através de *layers*. Além disso, uma parede em BIM conterá todas as informações que cabem a ela, como alvenaria, chapisco, reboco, acabamento, ou o que estiver nas especificações dos projetos. Com isso, facilita-se a obtenção do compilado dessas informações por meio de relatórios, que, para serem confiáveis, precisa-se de atualizações constantes nas informações para que a parametrização esteja correta e produza informações precisas (COSTA, 2016).

Segundo Eastman *et al.* (2011), as equipes responsáveis pelo planejamento de uma obra podem se focar apenas nas informações e tomadas de decisões de um projeto, pois um projeto modelado em BIM, pode ser quantificado de forma detalhada a partir de relatórios gerados automaticamente, utilizando *softwares* que façam a leitura dos dados gerados. Assim, esses dados, aliados a um banco de dados de composições de custos atuais de cada serviço da obra, facilita a estimativa de custos do projeto.

Por fim, o levantamento de quantitativos dos serviços de um projeto é um ponto chave no processo de planejamento e orçamento da obra, sendo essencial para o gerenciamento dos custos do projeto e controle dos custos, de modo que o projeto possa ser terminado dentro do orçamento e prazo aprovado (PMI, 2013).

2.5 BIM x CAD

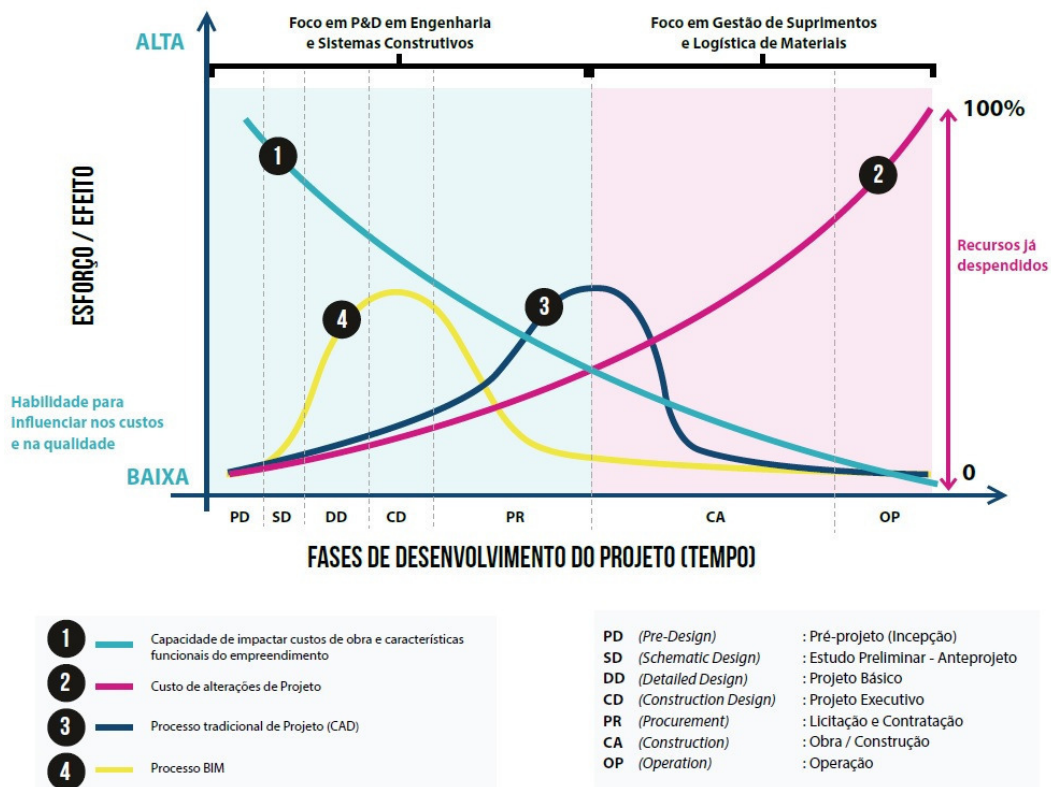
A plataforma CAD pode gerar desenhos de construções abstratas e são representadas apenas por elementos geométricos, como linhas, arcos e polígonos, sem informações úteis que ajudem na distinção desses elementos, dificultando o processo de quantificação e classificação desses componentes como elementos construtivos. Além disso, os desenhos feitos em CAD se baseiam em coordenadas geométricas, que unidos, podem representar elementos distintos, como paredes, lajes, vigas, etc., entretanto, a modificação de algum elemento implica em diversas alterações manuais, que podem acabar requerendo uma grande quantidade de tempo (COELHO E NOVAES, 2008).

Enquanto isso, o BIM consiste em elementos de geometrias construtivas em três dimensões, contendo informações e atributos que possam lhe conferir identidade, como uma

parede, por exemplo. Essa diferença faz com que a plataforma BIM possua informações em maiores quantidades e mais precisas do que os desenhos feitos em CAD. Além disso, devido a sua modelagem paramétrica, quando se realiza uma alteração em algum elemento de um projeto no BIM, todo o modelo é atualizado, dispensando alterações manuais.

Como mostrado na Figura 4, representando uma comparação entre o processo de desenvolvimento de projetos baseado apenas em documentos e desenhos (CAD), e a plataforma BIM, considerando a variação da capacidade de influenciar os custos e a qualidade de um empreendimento no decorrer das diversas fases do projeto. A ferramenta BIM demanda um maior esforço nas fases iniciais do desenvolvimento de um projeto do que o CAD, entretanto, nas demais fases, pode-se perceber menos esforço e menores impactos (CATELANI, 2016).

Figura 4 – Gráfico comparativo entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos (CAD) e o processo BIM



Fonte – Catelani (2016).

3 METODOLOGIA

O projeto tem como ideia principal elaborar uma análise comparativa entre o levantamento de quantitativos entre os sistemas manuais e utilizando a ferramenta BIM, identificando quais são as principais diferenças entre esses métodos e o motivo pelo qual elas ocorrem. Por fim, será analisado os impactos que essas diferenças podem trazer para o orçamento da obra. Com isso, serão apresentadas a seguir, etapas metodológicas a serem executadas com a finalidade de se atingir os objetivos desse trabalho.

A pesquisa para gerar esse trabalho pode se qualificar como exploratória, consistindo em proporcionar maior familiaridade com o problema, elaborando hipóteses e sugestões aos questionamentos, objetivando o aprimoramento de ideias, possuindo um planejamento flexível para poder levar em consideração diferentes aspectos ligados ao estudo (YIN, 2001; GIL, 2002).

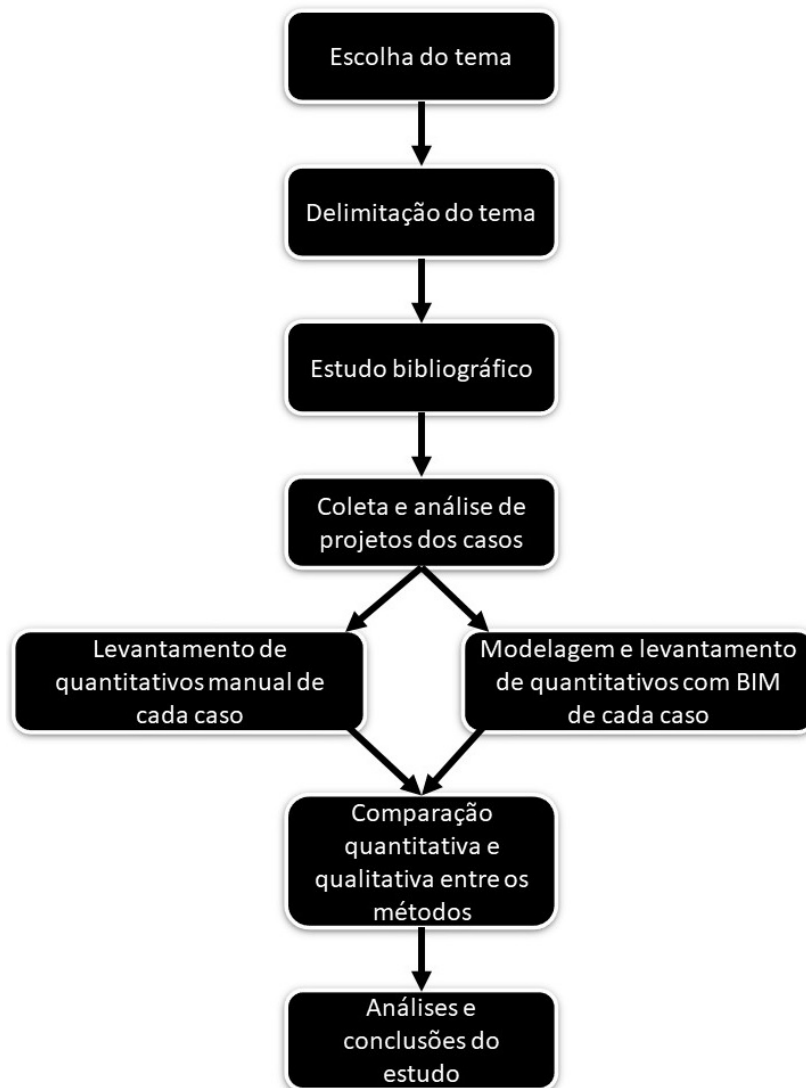
O trabalho também pode ser considerando um estudo de caso, método investigativo prático que requer conhecimento intenso sobre um assunto e tem como principal característica a escolha de um determinado caso (ou um pequeno número de casos) de uma situação individual. Ele se baseia em dados reais e é um método abrangente, relacionando ao planejamento da coleta e da análise dos dados, permitindo que se englobem diversos temas diferentes com o objetivo de analisar os resultados obtidos. Com isso, o estudo de caso pode contribuir para a compreensão de fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos (YIN, 2001; ROBSON, 2002).

Yin (2001) ainda afirma que a estratégia de pesquisa do estudo de caso é um método ideal para se tratar de acontecimentos contemporâneos, quando não é possível manipular comportamentos relevantes. O autor também afirma o grande diferencial do estudo de caso é a capacidade de se utilizar de uma grande variedade de evidências, entretanto, o autor salienta que muitos pesquisadores não consideram esse método de pesquisa, pois muitas vezes se aceita evidências equivocadas ou tendenciosas para analisar os resultados obtidos na conclusão.

Para reforçar o estudo, foram trabalhados dois casos distintos, caracterizando um estudo de caso múltiplo, estratégia que envolve a investigação empírica de um fenômeno particular utilizando múltiplos recursos para evidenciá-lo. A utilização de casos múltiplos deve seguir a lógica de replicação da metodologia, não de amostragem, fazendo com que os casos funcionem de forma semelhante, apresentando resultados similares ou contraditórios previsto pela premissa adotada na investigação (ROBSON, 2002; YIN, 2001).

Por fim, os procedimentos para a realização desse trabalho foram definidos e podem ser visualizados no fluxograma presente na Figura 5, mostrando as etapas realizadas ao longo do desenvolvimento do trabalho. Por meio desses passos, será possível identificar os itens que mais se diferem entre o levantamento de quantitativos manual e o realizado pela plataforma BIM, identificando suas causas e as vantagens e desvantagem de cada método.

Figura 5 – Procedimentos metodológicos do trabalho



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

3.1 Seleção dos *softwares*

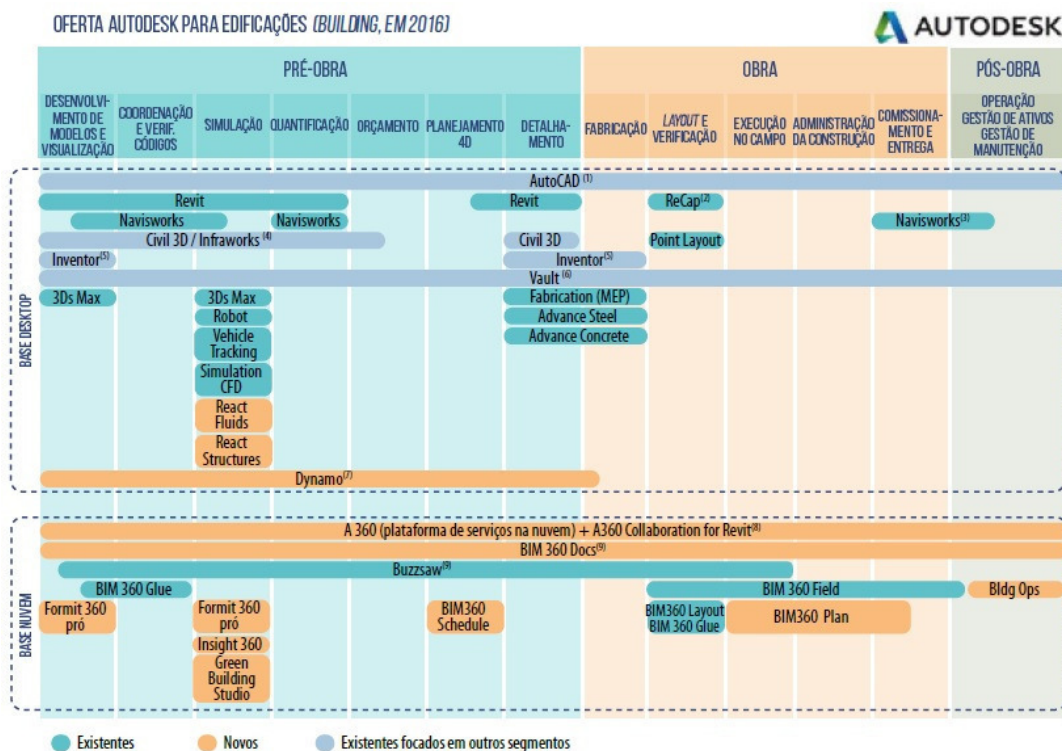
No presente trabalho, irá se utilizar *softwares* de responsabilidade da empresa norte-americana *Autodesk*, atualmente no Brasil, é a solução mais utilizada na construção civil para

desenhos 2D e atual líder no mercado de *softwares* BIM. É válido salientar que a versão dos programas será a disponibilizada no site da empresa como versão para estudantes.

O método manual se baseia na extração de quantitativos a partir de plantas arquitetônicas, estruturais, ou outros projetos ligados diretamente ao corpo físico da edificação. Para isso, utiliza-se o *software Autodesk AutoCAD*, programa mais utilizado da empresa e mais conhecido, utilizado em praticamente todo escritório de planejamento, cálculo estrutural, desenho, etc. mesmo que apenas servir como base para outro *software*.

Para o BIM será utilizado o *software Autodesk Revit*, solução desenvolvida especificamente para este fim, permitindo o trabalho em modelos para os mais diferentes projetos da edificação, além de gerar anotações, levantamento de quantitativos, geração de legendas e tabelas, renderizações e geração de passeios interativos, os conhecidos *walkthroughs*, como mostrado na Figura 6. O *software* utiliza componentes paramétricos para a modelagem de todos os componentes, sem a necessidade de nenhuma codificação ou linguagem de tabela necessária.

Figura 6 – Oferta da Autodesk para BIM



Fonte – Adaptado de Catelani (2016)

No *Revit*, todas as informações são armazenadas em um único banco de dados coordenado, o que faz com que as revisões e alterações efetuadas nas informações são

automaticamente atualizadas em todo o modelo trabalhado (Associação bidirecional, uma mudança em um ponto específico é sentida de forma global), reduzindo significativamente a quantidade de erros e omissões.

3.2 Análise dos projetos e escolha dos serviços

O trabalho consiste em dois empreendimentos para a realização desse trabalho e, para isso, foi necessário ter acesso a todas as plantas que envolvem as duas edificações e seus memoriais descritivos. Esses projetos, em 2D, foram cedidos em formatos compatíveis com o *software AutoCAD*.

Foram analisados os projetos arquitetônicos, estruturais, entre outros. Buscou-se constatar as principais características de cada empreendimento, como se era uma unidade de casa, um prédio, quantos pavimentos, quantos apartamentos, características de circulação, onde havia estrutura ou não, locais onde haviam esquadrias, entre outras análises que estariam em foco no trabalho. Com a ajuda dos memoriais descritivos, foi possível determinar o material a ser quantificado em cada etapa, seja o tipo de alvenaria, de concreto, de revestimento, etc.

Para a seleção dos serviços a serem analisados mais a fundo com o levantamento de quantitativos, utilizou-se a Tabela 1, sobre a variação de custos de cada etapa da obra como principal fator de escolha. Como dito anteriormente, se destacam a etapa de estrutura, que pode atingir um valor de até 22% da obra e a fase de acabamento (considerando revestimento e pinturas), que pode chegar a quase 40% do valor final, podendo chegar a mais de 50% do valor do empreendimento ao seu término. Além disso, pode-se levar em consideração, apesar de terem uma porcentagem baixa, as fundações (7%) e as alvenarias (5%), são serviços que, durante a extração de quantitativos, dependendo da metodologia e conhecimento do profissional que está realizando o serviço, podem ser encontrados resultados que divergem da realidade. Desse modo, essas etapas necessitam de maior cuidado durante o seu levantamento e serão objetos de estudo desse trabalho.

3.3 Levantamento de quantitativos no método manual

A metodologia utilizada nesta etapa foi a ensinada e aplicada por Jereissati (2017). Para isso, foi realizado um curso referente a esta etapa de execução durante o mês de janeiro de 2017, sediado na Universidade de Fortaleza (UNIFOR), onde foi possível aprender sobre esta metodologia. Para esta etapa, o *software AutoCAD* foi utilizado para a extração dos

quantitativos, a partir de funções como *polyline* e *area*, e o *software Excel*, da *Microsoft*, para o registro dos valores encontrados, cálculos e elaboração de tabelas.

Com isso, a metodologia inicia-se criando uma aba no *Excel* chamada “Área e Perímetro”, onde são colocados os valores referentes ao nome do ambiente, área de revestimento, pé direito, de todos os ambientes da edificação que interessam ao trabalho. Essa aba servirá como base para encontrar outros valores correspondentes as etapas construtivas da obra.

Criou-se, então, a aba “Fundação e Movimentação de Terras”, que variam do tipo de fundação adotada, mas que pode conter valores como o comprimento de paredes e total da escavação. Elaborou-se a aba “Estruturas”, onde continha os cálculos referentes a estrutura de fundação, pilar, vigas, lajes, etc. obtendo os valores de volume de concreto, armadura e formas.

Também se criou outras abas “Paredes e Painéis”, “Estruturas” e “Cobertura”, com valores que podem ser referenciados da aba de “Área e Perímetro”, contendo valores como quantidade de alvenaria, verga, contraverga, área da coberta e calha.

Por fim, criou-se as abas “Pintura”, “Revestimento” e “Forro”, com alguns valores referenciados da aba “Área e Perímetro”, onde se colocou os tipos e quantidades de tintas e revestimentos (podendo passar de chapisco até a cerâmica ou um determinado tipo de tinta). Ainda pode-se criar abas referentes a instalações, impermeabilização, área externa, entre outras etapas da construção da edificação.

Todos esses valores e nomes de serviços são organizados em uma aba de nome “Orçamento”, separados por uma estrutura lógica a quem está realizando o levantamento, contendo também o valor unitário de cada item e seu valor final.

É válido salientar que os conhecimentos adquiridos no curso e na leitura da apostila de Jereissati (2017) vão além destes itens citados, entretanto, escolheu-se apenas os processos que possuam maior impacto financeiro no orçamento de uma edificação e que podem divergir dos valores encontrados pelo método explicado a seguir.

3.4 Modelagem e levantamento de quantitativos com a plataforma BIM

A partir dos projetos selecionados, pode ser desenvolvido um modelo arquitetônico BIM utilizando o *software Revit* na versão estudantil. Inicialmente, teve-se de importar a planta em 2D, no formato CAD, do empreendimento para o *Revit*, onde, baseando-se na planta baixa, pode ser realizado a modelagem das paredes primeiro, na qual ocorre a delimitação da estrutura.

As paredes possuem espessura determinadas em projeto e acabamentos contidos nos memoriais descritivos, já se colocando todos os tipos de camadas a serem utilizadas, como chapisco, tintas, cerâmicas e etc. Os pisos também possuem espessuras e acabamentos pré-determinados. Caso se tenha a presença do projeto estrutural, deve-se modelar os pilares, vigas, lajes, vergas e contravergas da edificação. Também deve-se modelar as fundações de acordo com o memorial descritivo e, por fim, detalhes como esquadrias, forro e cobertura.

É válido salientar que o projeto estrutural presente nesse trabalho foi testado anteriormente por um engenheiro calculista especializado na área, sendo um processo necessário para que seja possível realizar a modelagem e, conseqüentemente, o levantamento dos quantitativos. O responsável realizou a interação estrutura-arquitetura, no qual gerou-se um arquivo IFC que pode ser aberto na plataforma BIM.

Por fim, após se concluir a modelagem da edificação, utiliza-se as funções de levantamento de materiais do *Revit* para a extração de quantitativos de cada tipo diferente de elemento presente, como paredes, pisos, estruturas, entre outros itens. O *software* gera relatórios em arquivos de texto que podem ser abertos em planilhas eletrônicas para que seus dados sejam somados, manipulados, pois o simples levantamento de quantitativos gera relatórios com várias divisões de itens e orçados.

3.5 Comparação de resultados

Possuindo-se, então, os resultados obtidos em cada um dos métodos, foi possível realizar uma comparação percentual, com a utilização do *Excel*, comparando-se cada um dos itens escolhidos e explicando as causas que geraram as maiores discrepâncias. Também foi realizado uma comparação percentual final do orçamento obtido em cada um dos métodos, buscando-se explicar como isso impactaria no poder de decisão de uma empresa ou cliente. Além disso, procurou-se determinar se, de fato, um levantamento de quantitativos mais preciso pode ou não impactar na redução de desperdícios durante uma obra.

Ainda foi realizada uma análise qualitativa dos métodos utilizados, baseando-se na análise realizada por Santos, Antunes e Balbinot (2014), na qual os autores avaliaram os métodos utilizados por eles em critérios de facilidade de uso, precisão, grau de detalhamento e rapidez no levantamento, utilizando-se de uma escala de 1 a 3, sendo o terceiro o valor alto, o segundo o valor médio e o primeiro, baixo.

4 ESTUDOS DE CASOS

4.1 Contextualização do Experimento “A”

O empreendimento em questão é um projeto utilizado durante um curso de orçamento de obras, lecionado pela Profa. M.Sc. Geórgia Morais Jereissati, durante o mês de janeiro de 2017, na Universidade de Fortaleza (Ceará). Esse experimento trata-se de um caso mais simples, para demonstrar como os métodos e suas diferenças se comportam nesse tipo de situação e pode ser visualizado na Figura 7.

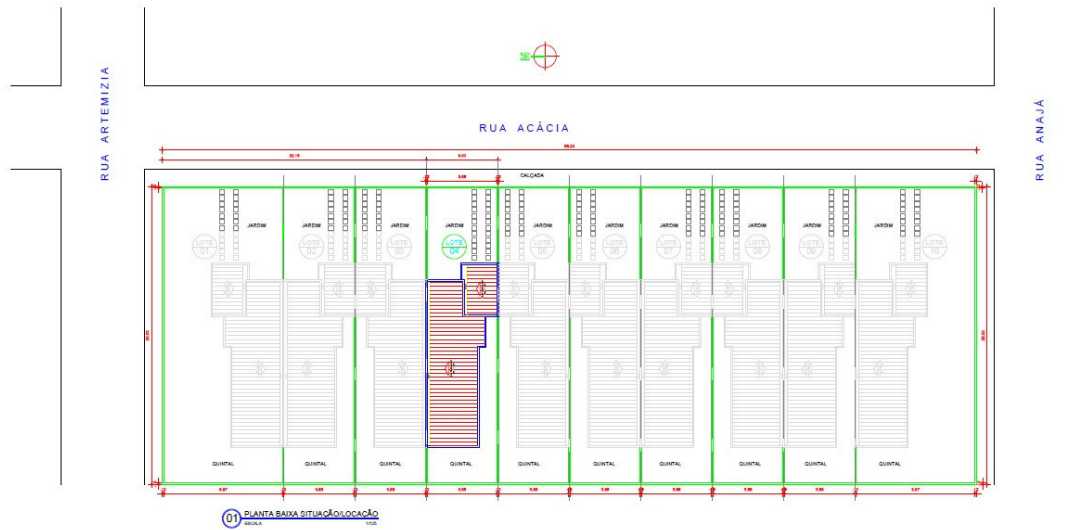
Figura 7 – Modelo 3D do experimento “A”



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

O empreendimento trata-se de um conjunto residencial, localizada na Rua Acácia, na cidade de Aquiraz-CE. A casa faz parte de um conjunto de dez lotes de casas geminadas, sendo o lote 4 o objeto de estudo desse experimento. Cada lote possui 6 metros de testada e 25 metros de profundidade, totalizando 150 m², como mostrado na Figura 8 a seguir.

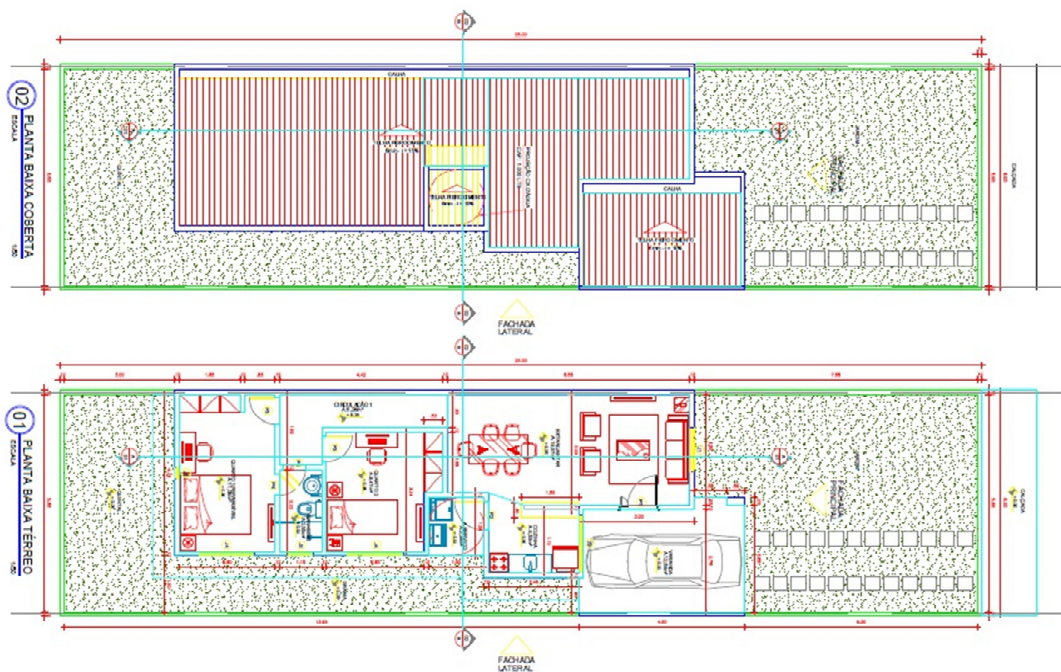
Figura 8 – Planta de situação do Experimento “A”



Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

A edificação se encontra aproximadamente no centro do terreno e possui as seguintes características: área construída de 73,21 m², uma varanda/garagem para um carro, uma cozinha, uma área de serviço, uma sala de estar/jantar, dois quartos e um banheiro, que podem ser visualizadas na Figura 9:

Figura 9 – Planta baixa do térreo e coberta do Experimento “A”



Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

4.2 Contextualização do Experimento “B”

O empreendimento em questão é de um projeto modelado e cedido pela BGM Planejamento, empresa localizada em Fortaleza – Ceará, que presta serviços de planejamento e controle de obras. Esse experimento trata-se de um exemplo mais complexo, pois envolve vários andares, subsolo, tipos diversos de fachadas e revestimento, para demonstrar como os métodos e suas diferenças se comportam nesse tipo de situação e pode ser visualizado na Figura 10.

Figura 10 – Modelo 3D do experimento “B”

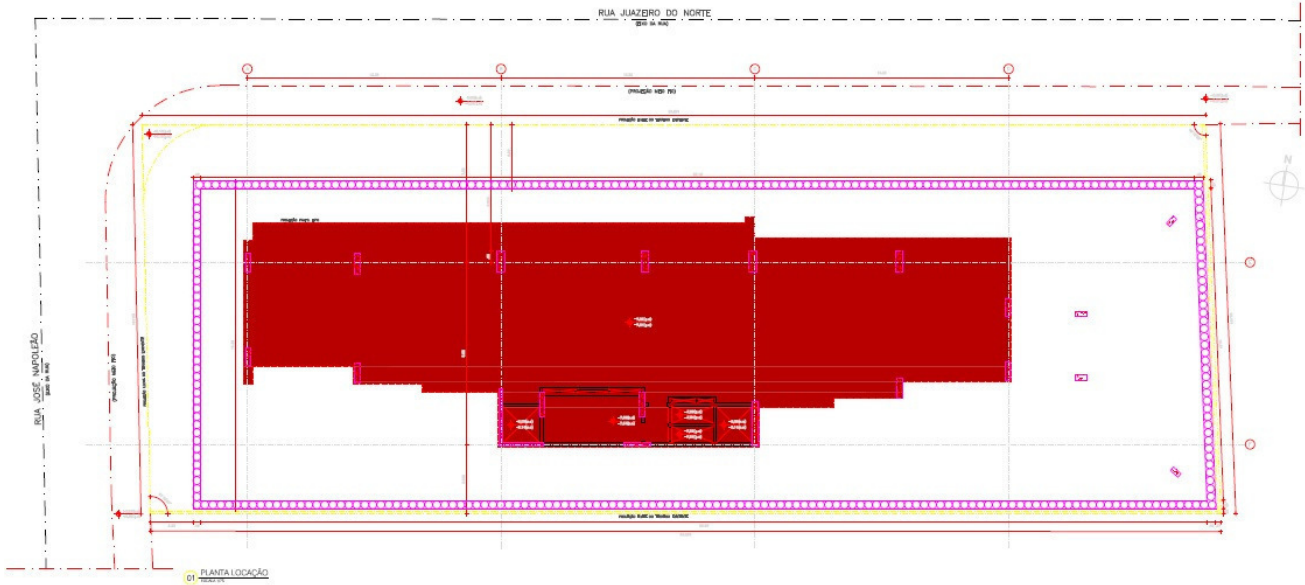


Fonte – Adaptado da modelagem original (2017).

O empreendimento trata-se de um prédio residencial, já finalizado, localizada na rua José Napoleão, Nº233, Meireles, Fortaleza, CE, como pode ser observado na Figura 11. O Condomínio é composto de 03 (três) subsolos, pilotis, mezanino, 15 (quinze) pavimentos tipo

e coberta e suas principais características estão descritas no memorial descritivo cedido pela empresa.

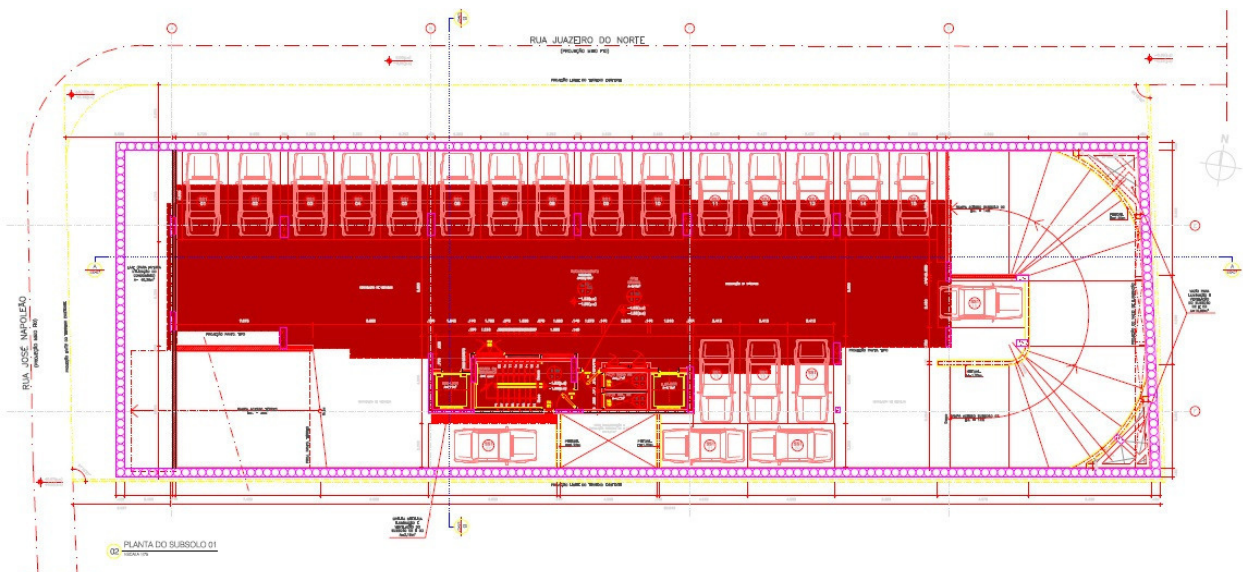
Figura 11 – Planta de localização do Experimento “B”



Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

Os subsolos, como visto na Figura 12, são destinados à guarda de veículos e cada apartamento têm direito a duas vagas de estacionamento. Também está localizada a casa de bombas, a cisterna, *hall* de elevadores, casa de grupo gerador, poço de captação de água pluvial, antecâmara e escada de segurança de uso coletivo.

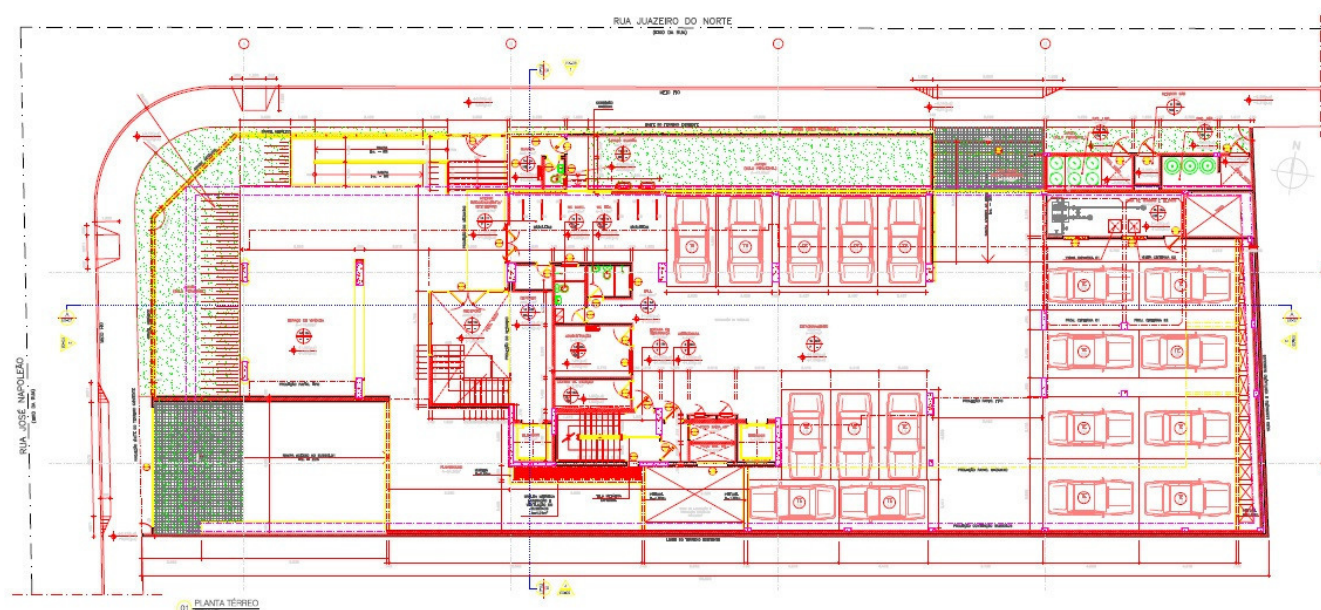
Figura 12 – Planta dos subsolos do Experimento “B”



Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

No pilotis estão localizados o acesso de pedestre, placa com identificação do nome e número da edificação, guarita de segurança com banheiro, recepção, *playground*, área de estacionamento, *halls* social e de serviço dos elevadores, administração, depósitos, central de gás, lixeira, centro de medição, vestiários funcionários, casa de bombas, casa de filtro da piscina, rampas de acesso aos estacionamentos no pilotis e nos subsolos, antecâmara, escada de segurança de uso coletivo, áreas com paisagismo, bancos e luminárias. As características podem ser visualizadas na Figura 13.

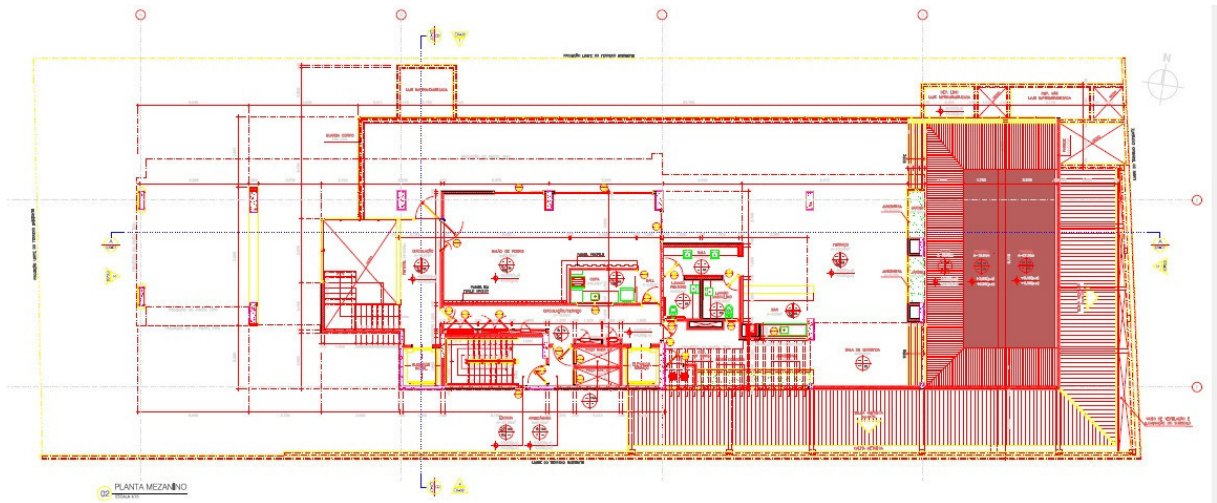
Figura 13 – Planta do térreo com pilotis do Experimento “B”



Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

O mezanino possui um salão de festas, lavabos feminino/masculino, terraço festas, bar com churrasqueira, academia e *deck* com piscina, *halls* social e de serviço dos elevadores, antecâmara, escada de segurança de uso coletivo. As características podem ser visualizadas na Figura 14.

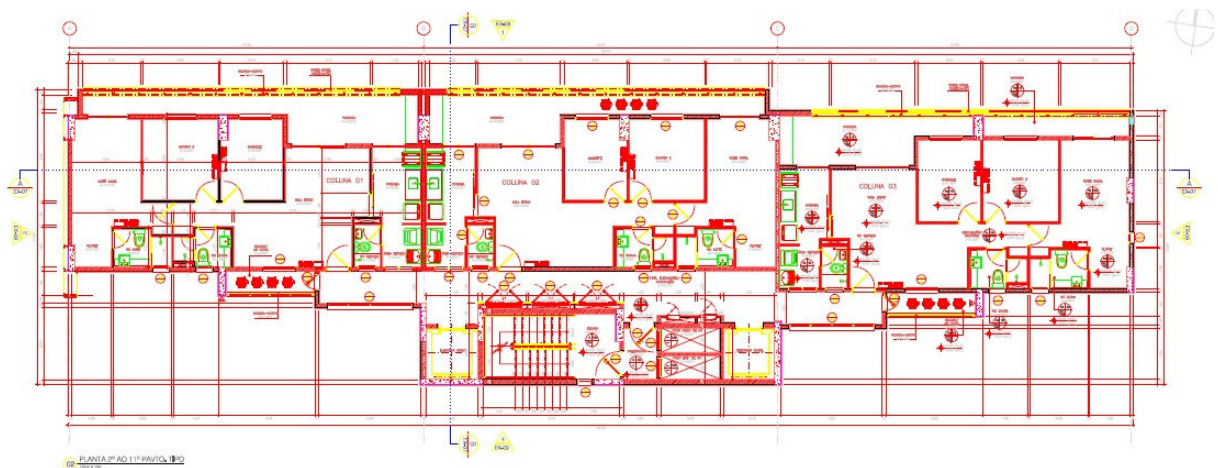
Figura 14 – Planta do mezanino do Experimento “B”



Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

Cada pavimento possui *hall* de circulação dos elevadores, *shaft* de instalações, local para condensadores dos aparelhos de ar condicionado, antecâmara e escada de segurança de uso coletivo e três apartamentos que possuem as seguintes características: área privativa de 91,42 m², uma varanda *gourmet*, uma cozinha, uma área de serviço com banheiro, uma sala de estar/jantar, dois quartos com sacadas, um banheiro social e suíte *master* com *closet*, que podem ser visualizadas na Figura 15:

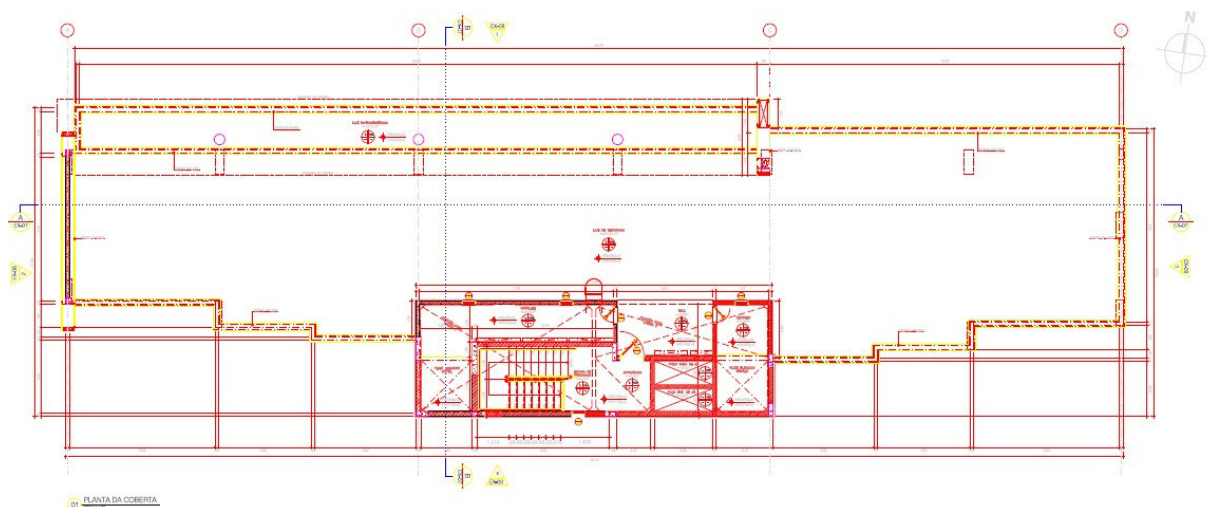
Figura 15 – Planta baixa do pavimento tipo do Experimento “B”



Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

Por fim, a cobertura do prédio possui o barrilete superior, casas de máquinas dos elevadores, antecâmara e escada de segurança de uso coletivo, laje de segurança (escape) e caixas d’água. As características podem ser visualizadas na Figura 16:

Figura 16 – Planta de cobertura do Experimento “B”



Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

4.3 Quantitativos pelo método manual do experimento “A”

Para a realização deste tipo de levantamento, como dito anteriormente, foi utilizado a metodologia ensinada por Jereissati (2017) na sua apostila de orçamento de obras. Com isso, utilizou-se as plantas, representadas pelas Figuras 8 e 9 apresentadas anteriormente, que podem ser abertas pelo *Autodesk AutoCAD*, aplicando as principais funcionalidades do *software* para extrair os quantitativos nas unidades referentes as suas composições, seja em metro linear, área, volume, peso, ou a unidade que for.

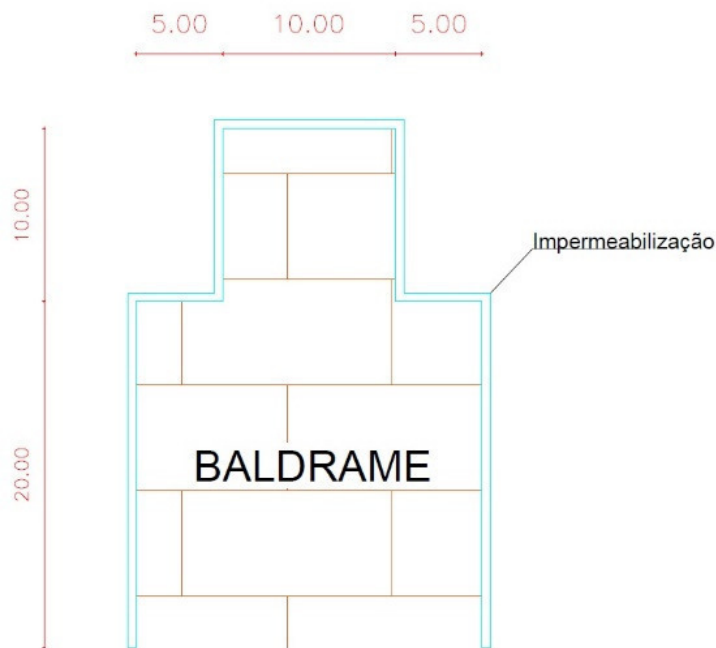
Existem diversas etapas e serviços dentro do levantamento de quantitativos, entretanto, como dito anteriormente, irá se focar nas etapas que podem mais impactar o orçamento final de uma obra, como fundação, estrutura, alvenaria e os acabamentos em geral (revestimento, pavimentação, pintura e forro).

Para a fundação, temos o baldrame em alvenaria, com 20 cm de altura e largura. O valor total (m^3) é encontrado pelo comprimento total das paredes pelas dimensões do tijolo. Ainda na fundação, tem-se a cinta corrida, executado em concreto sem armadura de 10 cm de altura e largura, sendo o valor total (m^3), encontrado também a partir da multiplicação do comprimento pelas dimensões.

Seguindo, considerou-se como alvenaria de pedra tosca e argamassa de cimento e areia grossa presente onde estavam todas as paredes do projeto. A quantidade desse serviço, em metro cúbico (m^3), foi encontrada multiplicando-se o comprimento de todas as paredes, encontrados pelo *software*, por 40 cm de largura e 60 cm de altura.

Para finalizar a fundação, calcula-se a impermeabilização em pintura de emulsão de asfalto, encontrando esse valor contornando o baldrame e a cinta durante todo o comprimento das paredes, como mostra a Figura 17. Por fim, deveria ter uma camada de concreto ciclópico em forma de bloco na base dos pilares da residência, com quantidade (m^3) calculada a partir das dimensões do bloco, estimadas em 80 cm de base, altura e largura, multiplicando pelo número de blocos, mas pela falta do projeto estrutural, não é possível saber quantos pilares há, apenas se fosse realizado um lançamento e cálculo das estruturas.

Figura 17 – Contorno da impermeabilização do baldrame (cota em centímetros)

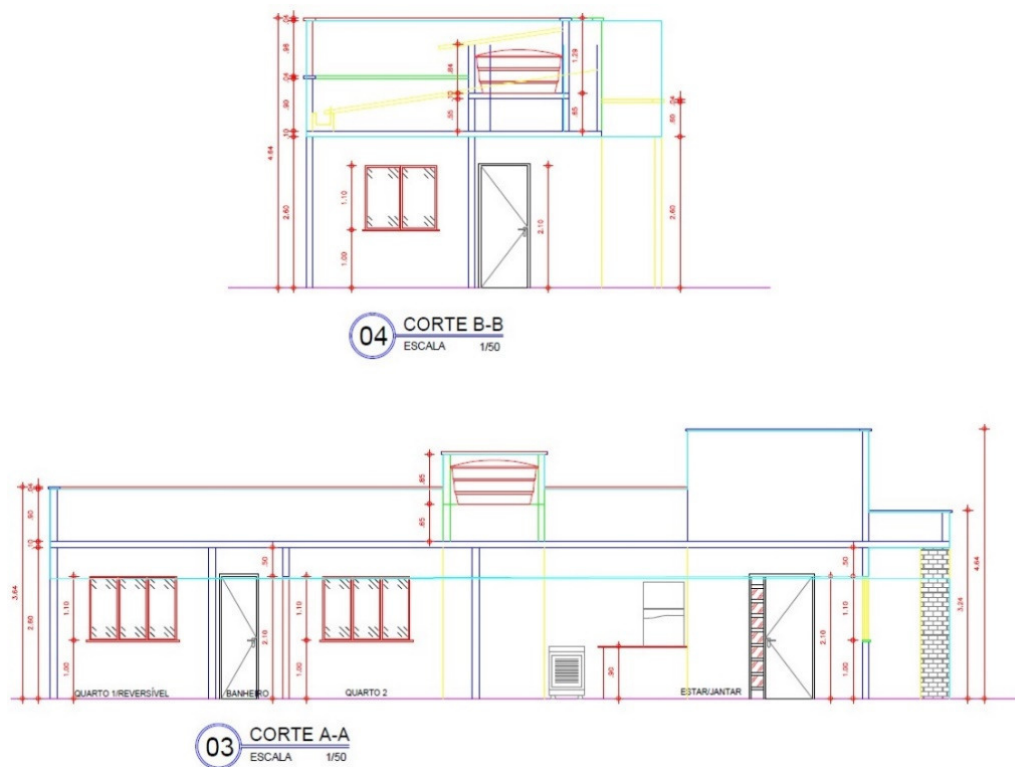


Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

Parte-se, então, para a estrutura da casa. Devido à falta de projeto estrutural, pode-se fazer o lançamento da estrutura e os devidos cálculos de armadura. Entretanto, pode-se realizar a estimativa da estrutura no método manual de acordo com Mattos (2006). Começando pela quantidade de concreto estrutural virado em obra que será utilizado e lançado e aplicado, tendo quantidade (m^3) estimada pela área interna total da casa multiplicada por um índice de $0,12 m^3/m^2$ por pavimento. Deve-se considerar os gastos com fôrmas, valor (m^2) pela quantidade de concreto que será utilizado (encontrado anteriormente), multiplicado por um índice estimado de $12 m^2/m^3$. Por fim, encontra-se a quantidade (kg) de armadura CA50/CA60 necessárias para a estrutura através da quantidade de concreto encontrado anteriormente por um índice estimado de $83 kg/m^3$.

A etapa seguinte é a de paredes e painéis, que são compostas por 90% de alvenaria de tijolo cerâmico furado esp. 10cm e 10% de alvenaria de tijolo cerâmico comum esp. 10cm. Para esta etapa, a quantidade (m²) de alvenaria total será encontrada a partir do comprimento de todas as paredes, multiplicada pelas suas respectivas alturas, além de somar a quantidade das platibandas presentes. Para isso, têm-se o auxílio das dimensões encontradas nos cortes A-A e B-B representados na Figura 18 e das fachadas principal e lateral representada pela Figura 19.

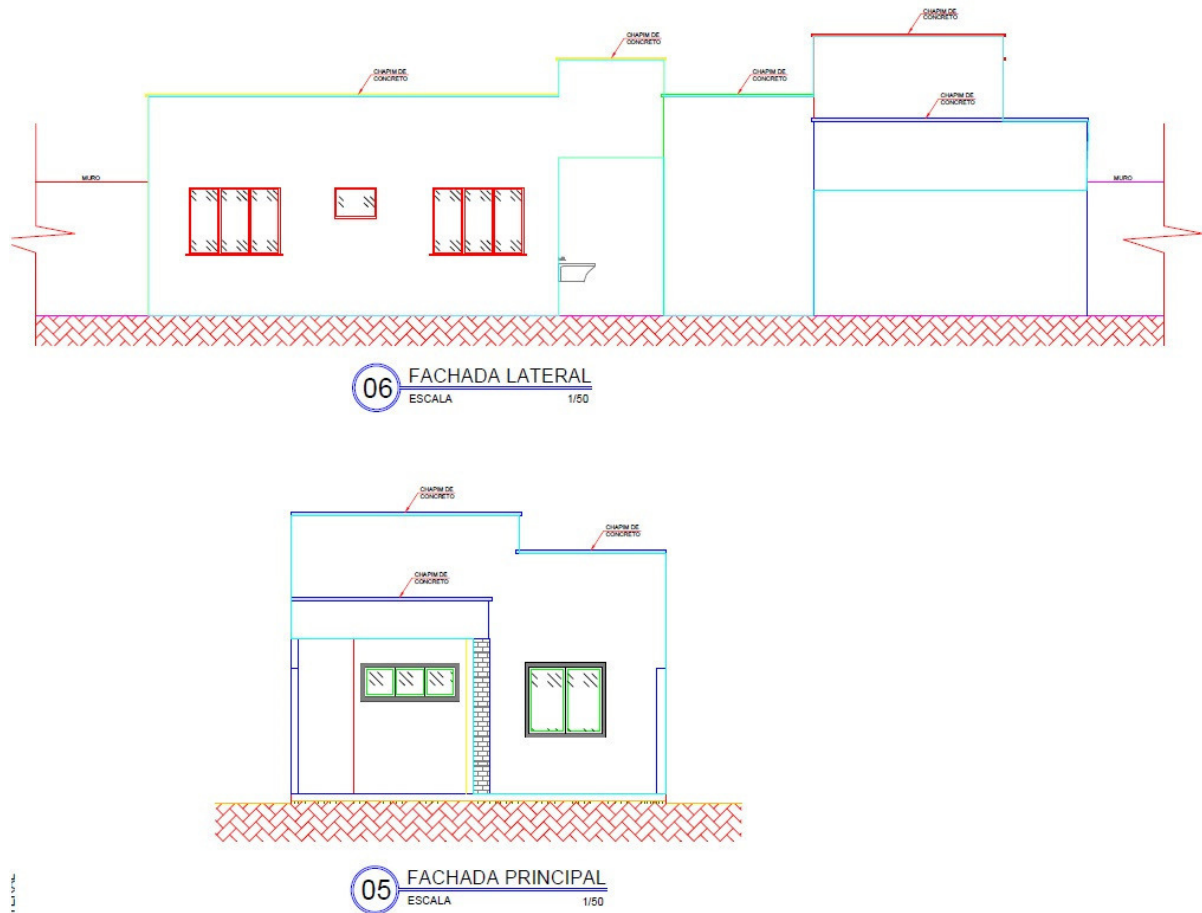
Figura 18 – Cortes A-A e B-B do Experimento “A”



Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

Quando existirem aberturas (portas, janelas, basculantes, cobogós, etc.) existem alguns critérios de medição: área de abertura inferior a 2 m², deve-se desprezar o vão de abertura, isto é, não se faz desconto algum na parede. Já para área de aberturas igual ou superior a 2 m², desconta-se da área total o que exceder a 2 m² (de cada abertura). Essas regras partem da premissa que a execução da alvenaria nas bordas de abertura requer tempo com diversos ajustes para a colocação de verga e contra-verga, tempo este que pode ser aproximado ao que o pedreiro poderia levar para preencher o vão se a parede fosse inteira (MATTOS, 2006).

Figura 19 – Fachada principal e lateral do Experimento “A”



Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

Ainda nas paredes e painéis, deve-se considerar as vergas e contravergas retas de concreto armado que são necessárias nos locais onde estão presentes as portas e as janelas. Para isso, deve-se usar o quadro de esquadrias presentes na Figura 20, considerando as dimensões da verga de 10 cm de altura e largura. Assim, a quantidade (m^3) total de verga é a soma dos produtos, em cada esquadria, do comprimento acrescido de 30 cm de cada lado (comprimento total da verga ou da contraverga) pelas dimensões de altura e largura apresentadas anteriormente. É válido salientar que vergas são usadas em portas e janelas e contravergas apenas em janelas.

Figura 20 – Quadro de esquadrias do Experimento “A”

QUADRO DE ESQUADRIAS				
PORTAS				
NOME	DIMENSÕES	QUANT.	TIPO	
P1	1.00x2.10	1	Madeira Maciça C/ lateral de madeira e vidro /de abrir	
P2	0.80x2.10	1	Paraná /de abrir	
P3	0.70x2.10	2	Paraná /de abrir	
P4	0.60x2.10	3	Paraná /de abrir	
JANELAS				
NOME	DIMENSÕES (LxA)	PEITORIL	QUANT.	TIPO
J1	1.20x1.10	1.00	1	Alumínio e Vidro /Duas folhas /de correr
J2	1.50x0.50	1.00	1	Alumínio e Vidro /Três folhas /Maximar
J3	0.50x0.50	1.60	1	Alumínio e Vidro /Uma folha /Maximar
J4	1.50x1.10	1.00	2	Alumínio e Vidro /Três folhas /De correr
J5	0.30x1.10	1.00	1	Alumínio e Vidro /Maximar Dupla

Fonte – Adaptado do projeto original (2017).

Têm-se então a pavimentação, dentro da área de acabamento. Iniciou-se no lastro de concreto (m³) de 10 cm de espessura em toda a área da casa. Depois tem-se uma camada de regularização (m²) de base para o recebimento da cerâmica em toda a área da casa. Considerou-se soleiras (m) de granito onde há as portas, diferenças de nível ou mudança de ambiente. No restante da casa, é colocado cerâmica esmaltada (m²) até 30x30 cm nas áreas da varanda, banheiro e área de serviço e porcelanato polido (m²) nas demais dependências da casa, devendo-se aplicar rejuntamento nos locais de cerâmicas e porcelanatos.

Chega-se, então, no revestimento de parede, começando pelo chapisco (m²), aplicado em todas as paredes a partir da área de revestimento, encontrado multiplicando-se o perímetro pelo pé-direito. Passa-se para o reboco (m²) da mesma forma anterior, menos nas paredes que receberão emboço. O emboço se encontra onde será aplicado algum tipo de revestimento que não seja pintura, e tem sua quantidade (m²) nos locais que haverá cerâmica ou tijolinho. A cerâmica esmaltada está presente na cozinha, área de serviço e banheiro e o tijolinho aparente está presente na varanda, fachada posterior e na lateral direita. É necessário a aplicação de rejuntamento nas áreas onde serão aplicadas as cerâmicas e tijolinhos (varanda).

Ainda no revestimento, deve-se levar em consideração o forro. Nos locais que levarão tinta (todos, menos o banheiro), utiliza-se chapisco e reboco, com quantidades (m²) encontradas a partir das áreas do teto de toda a casa. Por fim, utiliza-se forro de gesso na área do banheiro.

Finalmente, chega-se a pintura, onde a pintura látex pva, aplicada em todo o teto da casa, exceto no banheiro. A pintura látex acrílico em paredes internas (m²) é encontrada através das áreas de revestimento da sala de estar, circulação interna da casa e nos quartos. O emassamento duas demãos, com massa pva (m²) é a soma das duas áreas encontradas anteriormente. A área (m²) de textura acrílica em paredes externas é encontrada pela soma de todas as áreas de revestimento das paredes externas das fachadas e varanda.

Com isso, após todos esses levantamentos de quantitativos concluídos e com o auxílio das tabelas da SEINFRA/CE, sem desoneração, pôde-se elaborar as tabelas de quantitativos contidos no Apêndice A.

4.4 Quantitativos pelo método manual do experimento “B”

A metodologia para este experimento é similar ao explicado anteriormente, havendo apenas algumas alterações quanto ao material. No caso da fundação, foi escolhido sapata, devido ao tipo de edificação em questão. Para o seu valor, volume medido em m³, utilizou-se as plantas de locação para visualizar a quantidade de sapatas e suas medidas. Com isso, separou-se a fundação em duas partes: a em forma de paralelepípedo e a em tronco de pirâmide. Calculou-se, então, a primeira parte multiplicando a altura, pela largura e seu comprimento. A segunda parte, utiliza-se a seguinte fórmula e depois somou-se os dois valores, para cada fundação:

$$V = \frac{h}{3} * (A + \sqrt{(A * a)} + a) \quad (1)$$

Sendo:

V = Volume;

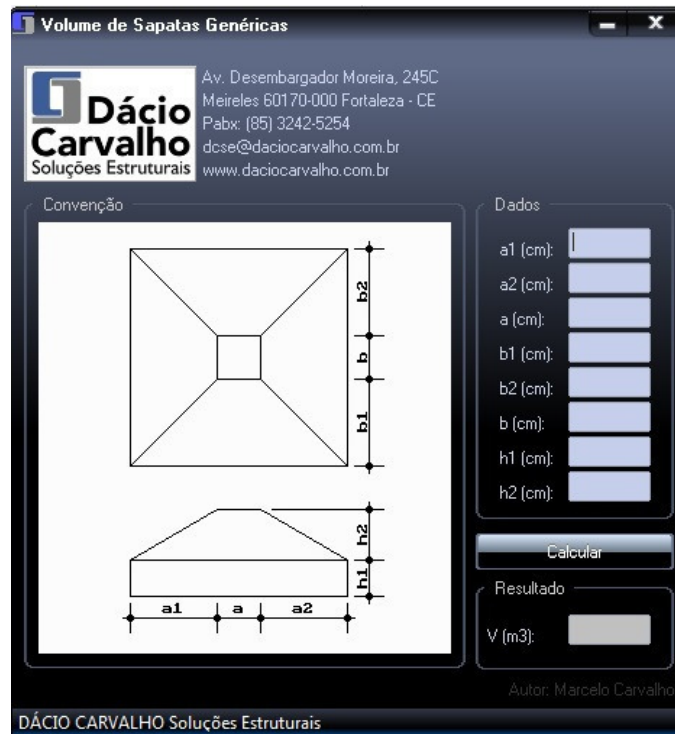
h = Altura do tronco de pirâmide;

A = Área da base maior;

a = Área da base menor.

Já para o cálculo das fôrmas, calculou-se as áreas de todos os lados da sapata, sejam áreas de retângulos, quadrados ou trapézios. Somou-se esses valores e dividiu-se para se adequar ao reaproveitamento estabelecido de 5 vezes. Para conferir tanto as áreas, como volumes, utilizou-se o *software* desenvolvido pelo engenheiro Dácio Carvalho, como pode ser visto na figura a seguir:

Figura 21 – Software de cálculo de sapatas



Fonte – Software de Dácio Carvalho Soluções Estruturais (2017)

Diferente do experimento "A", foi feito o projeto estrutural do edifício por uma empresa especializada. Com isso, foi possível realizar o levantamento dos quantitativos de concreto a mão. Para isso, utilizou-se todas as plantas cedidas, dos pavimentos e subsolos, onde constavam os valores de larguras, alturas ou comprimento dos elementos estruturas. Para as vigas, mediu-se, manualmente, o comprimento de cada uma e multiplicou-se pelos valores correspondentes a cada uma, de altura e largura, encontrando o seu volume (m^3). Para os pilares, que possuíam especificações de largura e comprimento, bastou-se utilizar os pés-direitos de cada pavimento.

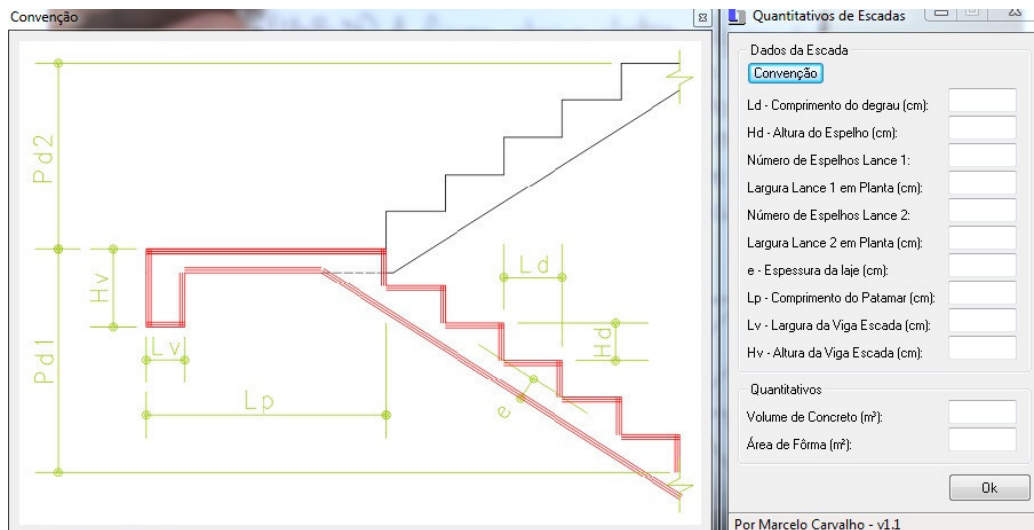
Quanto as lajes, existiam dois tipos: lajes maciças e lajes nervuradas. As lajes maciças e o piso maciço do subsolo 3, foram calculadas a partir da ferramenta "Área" do *AutoCAD*, multiplicando-se pelas espessuras do projeto. Já para as lajes nervuradas, dividiu-se em duas etapas: cálculo da capa e dos locais das nervuras. Para a primeira, bastou-se descobrir a área a partir do *software* multiplicou-se pela espessura da capa de 0,07 m. Quanto ao volume das nervuras, utilizou-se uma área média entre a base de cima e a base de baixo das fôrmas, multiplicou-se, multiplicou-se esse valor pela quantidade de nervuras e utilizou esse valor encontrado para subtrair da área total da laje. Com isso, encontrou-se a área que receberia

concreto e por fim, realizou-se a multiplicação pela altura da nervura. Por fim, somou-se os dois valores de volume para encontrar o final das lajes nervuradas em m^3 .

Por fim, têm-se as fôrmas, que foram levantadas tirando as áreas dos lados dos elementos, exceto a parte superior das vigas, lajes e pilares e a parte inferior desta última, também se dimensionando para o reaproveitamento de 5 vezes. Quanto as armaduras, elas não foram quantificadas, pois elas já foram levantadas no projeto estrutura.

Para a estrutura das escadas, separou-se por andar, contendo dois lances de 8 degraus e um descanso. A partir das medidas presentes no projeto, calculou-se o volume do descanso multiplicando-se a altura, por comprimento e largura. Quanto aos lances, cada degrau pode ser aproximado a um prisma triângulo onde um dos lados é representado pelo espelho e o outro pelo comprimento do degrau. Bastou achar a área do triângulo e multiplicar pela sua largura, descobrindo o volume de cada degrau. Quanto a laje abaixo dos lances, bastou utilizar sua espessura especificada em projeto e multiplica-la pelo seu comprimento e a largura dos degraus. Para conferir, utilizou-se o *software* do Marcelo Carvalho para cálculo do volume de escadas, como mostra a Figura 22.

Figura 22 – *Software* de cálculo de escadas



Fonte – *Software* de Dárcio Carvalho (2017)

A etapa seguinte é a de paredes e divisórias internas. Realizou-se o mesmo procedimento da etapa seguinte, atentando-se para os locais onde haviam alvenaria de espessura de 20 cm, utilizado em todo o subsolo e em todas as paredes que davam para o exterior do edifício, e os demais ambientes possuíam tijolos de espessura de 14 cm. Quanto as áreas internas, suas divisórias são de gesso. Com isso, encontrou-se os valores das áreas e suas

quantidades em m^2 , levando em consideração a mesma metodologia quanto ao tamanho dos vãos, se maiores ou não de $2 m^2$ e sua compensação somente se for superior a este valor.

Têm-se, então, a parte da pavimentação dos pisos internos do edifício, realizados seguindo a metodologia apresentada no experimento "A", mas adequando-se, colocando-se as cerâmicas 30×30 cm (m^2) nos pisos do estacionamento, guarita, antecâmara, casa de bombas e depósito de lixo. O mármore em ambientes como circulação, churrasqueira e recepção. O porcelanato acetinado 45×45 cm (m^2) nas áreas molhadas dos apartamentos, o porcelanato acetinado 60×60 cm (m^2) em todos os outros ambientes dos apartamentos, o porcelanato rustico 45×45 cm (m^2) no hall e o limestone catalunia 60×60 cm (m^2) no terraço. Foram quantificados, ainda, os granitos da obra, seja de bancada, em soleiras ou chapins colocados nas varandas, todos os seus valores medidos através da sua área (m^2).

No revestimento, começou-se aplicando os mesmos procedimentos quando ao chapisco (m^2), reboco (m^2) e emboço (m^2). O revestimento de gesso (m^2), encontrado semelhante às anteriores, é aplicado nas paredes de divisórias internas. Por fim, têm-se os diversos tipos de revestimentos, passando-se de cerâmicas 30×30 cm (m^2) no subsolo, depósito de lixo e no casa de gás, para cerâmicas 45×45 cm (m^2) nas paredes do térreo, até cerâmicas menores de $7,5 \times 7,5$ cm (m^2) em cores diversas nas paredes externas do prédio, mas que não fazem parte da fachada, até porcelanatos de 60×60 cm (m^2) nas áreas comuns dos pavimentos tipo, porcelanatos 45×45 cm (m^2) em algumas áreas internas dos apartamentos, entre outros diversos tipos de acabamentos presentes nos memoriais descritivos.

Ainda no revestimento, como no item anterior, deve-se levar em consideração o forro, que é de gesso em todos os ambientes internos do edifício, medindo-se através de suas áreas (m^2), além da aplicação de tabicas em todo o perímetro (m). Além disso, o forro possui pintura em látex pva, própria para uso, em toda a sua extensão.

Chega-se a pintura, da mesma metodologia do experimento anterior, onde a pintura látex pva (m^2) está presente nas paredes do térreo. A pintura látex acrílico (m^2) é encontrada nos demais ambientes internos e a área (m^2) de textura acrílica de diversas cores no subsolo, áreas de escada, depósito de lixo e gás.

Por fim, chegou-se na fachada, onde há chapisco (m^2) em toda a extensão, além do emestramento (m^2), reboco (m^2) onde há tinta e emboço (m^2) onde há outros tipos de revestimentos. Nos locais em que foi aplicado emboço, têm-se cerâmicas $7,5 \times 7,5$ cm (m^2) de cores diversas e nas demais áreas, textura acrílica (m^2) também de diversas cores. A fachada ainda conta com uma estrutura de madeira fórmica TS (m^2) que segue desde o térreo até o último andar.

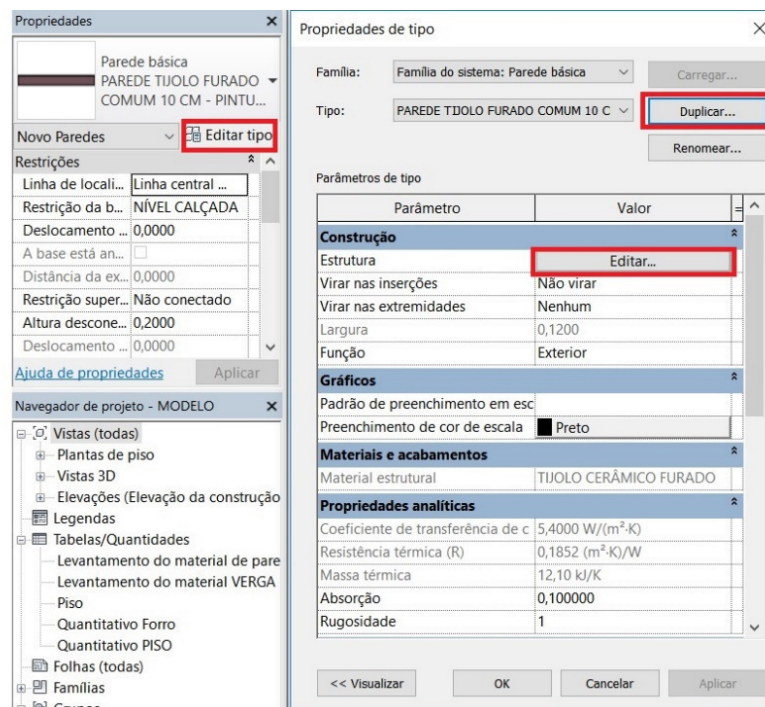
Com isso, após todos esses levantamentos de quantitativos concluídos e com o auxílio dos dados da empresa BGM Planejamento, pôde-se elaborar as tabelas de quantitativos contido no Apêndice C.

4.5 Modelagem e quantitativos pelo método BIM do experimento “A”

Para se iniciar a modelagem, deve-se importar a planta arquitetônica em um arquivo CAD a partir da aba “Inserir”, opção “Vínculos de CAD”, então abrirá uma aba onde se pode selecionar o local onde se encontra o projeto escolher o posicionamento no *layout* do *Revit*, as cores do projeto, as *layers* e deve-se definir em que nível a planta se encontrará. Também deve-se colocar essas plantas de acordo com o nível, sendo necessário criar diferentes níveis de altura, de acordo com o projeto, representando fundações, subsolos, quantidade de pavimentos e coberta, da forma que for necessário.

No projeto, começou-se pelas paredes, a partir da aba “Arquitetura” e opção “Paredes”. Aparecerá uma aba a direita como mostrado na Figura 23, onde se deve clicar em “Editar tipo” e depois em “Duplicar”, para a confecção de uma nova parede. Esse procedimento deve ser aplicado sempre que se for criar um novo elemento diferente, seja uma parede, um piso, ou o que for.

Figura 23 – Criação de um novo elemento na modelagem



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

Dando prosseguimento, após duplicar e renomear a parede com sua identificação, deve-se clicar no botão “Editar...” em “Estrutura” como mostrado na Figura 23. Na nova aba que surgiu, visualizada na Figura 24, pode-se inserir as camadas que fazem parte da parede, suas espessuras, escolhendo-se seu material e núcleo (tijolo cerâmico) e as suas camadas internas e externas, que podem variar para reboco, emboço, cerâmica, tinta, etc. Novamente, esse procedimento de criação de camadas também é utilizado para a criação de qualquer novo elemento.

Figura 24 – Inserção de camadas do elemento

Editar montagem

Família: Parede básica
 Tipo: PAREDE TIPOLO FURADO COMUM 10 CM - PINTURA BRANCA
 Espessura total: 0,1200
 Resistência (R): 0,1852 (m²·K)/W
 Massa térmica: 12,10 kJ/K

Altura da amostra: 5,0000

Camadas

	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutural
1	Acabamento 1 [4]	PINTURA ACRILIC	0,0025	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Substrato [2]	REBOCO	0,0050	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Substrato [2]	CHAPISCO	0,0025	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Limite do núcleo	Camadas acima da	0,0000		
5	Estrutura [1]	TIJOLO CERÂMICO	0,1000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Limite do núcleo	Camadas abaixo da	0,0000		
7	Substrato [2]	CHAPISCO	0,0025	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Substrato [2]	REBOCO	0,0050	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Acabamento 1 [4]	PINTURA ACRILIC	0,0025	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LADO INTERNO

Inserir Excluir Acima Abaixo

Virada do revestimento-padrão
 Nas inserções: Não virar
 Nas extremidades: Nenhum

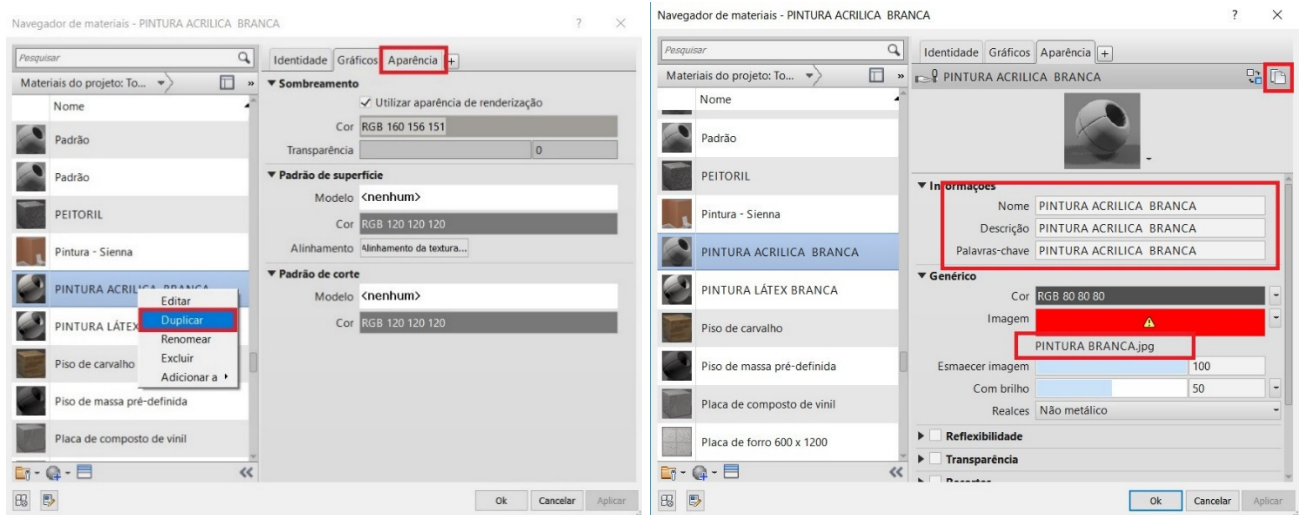
Modificar estrutura vertical (somente na visualização do corte)
 Modificar Mesclar regiões Extrusão por percurso
 Atribuir camadas Dividir região Frisos

<< Visualizar OK Cancelar Ajuda

Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

Por fim, para a finalização da criação de uma nova parede (ou outro elemento), deve-se criar os materiais das camadas inseridas. Clica-se em cima do material, onde abrirá uma nova aba mostrando a lista de materiais presentes na biblioteca do *Revit*, onde deve-se clicar com o botão direito em cima de qualquer uma e duplicar, criando um novo material, onde pode-se renomear, editar sua aparência e suas características, podendo até utilizar uma imagem salva no computador como referência visual para o elemento, como mostrado na Figura 25.

Figura 25 – Criação e edição de novos materiais



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

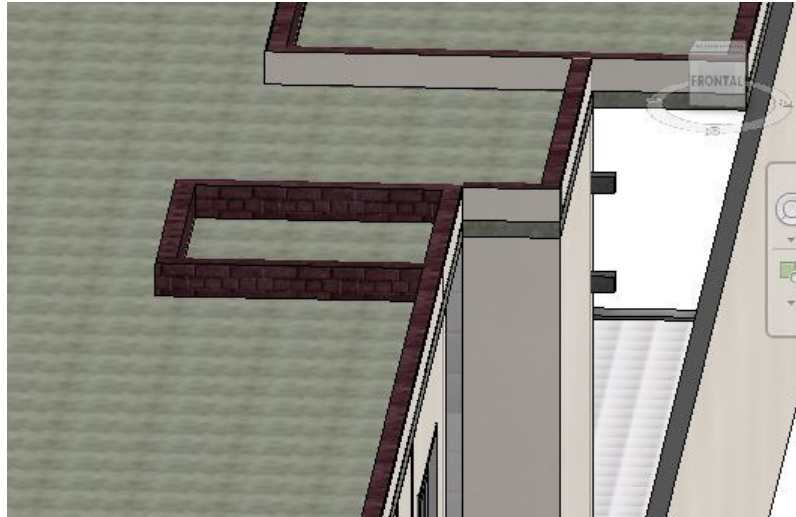
Finalizando a criação dos diversos tipos de paredes, seja com os diferentes tipos de tinta ou com cerâmica presentes da edificação, colocou-as nos seus devidos lugares seguindo a orientação da planta importada anteriormente, colocando-se seus pés-direitos, de acordo com cada projeto. Para facilitar o processo, a fundação foi criada como uma forma de parede, orientada logo abaixo das paredes reais do projeto. Assim, foram criadas paredes “especiais” para a cinta, para o baldrame e para a alvenaria de pedra, localizadas uma abaixo da outra, respectivamente, e com os tamanhos adotados descritos no item 4.3. A impermeabilização do baldrame e da cinta foram criados como um tipo de parede extremamente fina, para não interferir em outros elementos, caso fossem no eixo vertical, e como piso, no eixo horizontal.

Pôde-se inserir, então, as portas e janelas presentes na aba “Arquitetura”, onde deve-se realizar os mesmos procedimentos descritos anteriormente para tornar as esquadrias dos tamanhos presentes na Figura 20. Coloca-se, então, nos locais representados pela planta de origem e as paredes criadas anteriormente já se adaptam a esse espaço.

Criaram-se as vergas e contravergas a partir da opção “Viga”, presente na aba “Estrutura”, onde teve-se que utilizar os processos descritos anteriormente para adequar o tamanho correto das vigas. Colocaram-se os elementos nos seus locais adequados, em cima de portas e janelas e abaixo de janelas e observou-se diversos problemas nessas criações, pois esses elementos tem o seu comprimento consistindo no comprimento da esquadria, somando-se 30 cm de cada lado, entretanto, em diversos cômodos da casa, esse comprimento adicional ficaria para fora da edificação como mostrado na Figura 26, então adaptou-se aos diversos casos, como

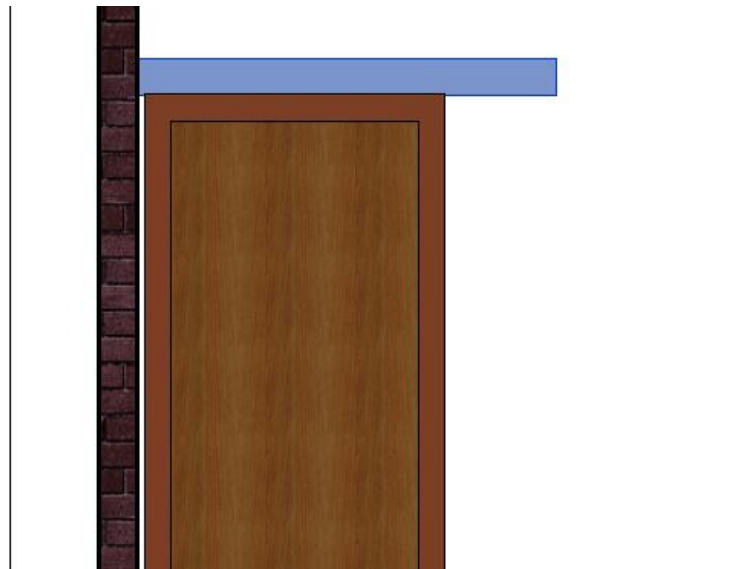
mostrado na Figura 27. Teve-se que revestir essas vigas com os elementos semelhantes a parede que elas se encontram, como com chapisco, reboco, ou outros elementos.

Figura 26 – Problema 01 na modelagem de vergas



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

Figura 27 – Problema 02 na modelagem de vergas



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

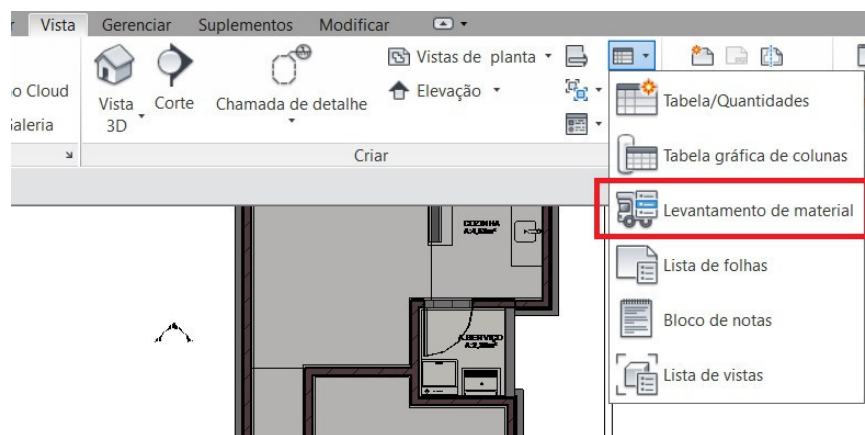
Como dito anteriormente, não foi possível se obter o projeto estrutural do experimento “A”. Como esse trabalho simula o dever de um engenheiro orçamentista ou de planejamentos, realizar o lançamento da estrutura não cabe a esta situação, com isso, não foi possível modelar nenhum tipo de estrutura para a casa, apenas o pilar que se encontra na varanda, pois já se tinha suas dimensões e revestiu-se ele com tijolete.

Prosseguiu-se, então, para o piso, porcelanato e cerâmica, e para o forro, tanto o normal como o de gesso do banheiro. Ambos estão presentes na aba “Arquitetura” e devem passar pelo mesmo procedimento de criação apresentado anteriormente. Criou-se também as soleiras nos locais onde estão as portas e nas mudanças de piso e considerou-se os peitoris como uma forma de piso de 2 cm de espessura, presente logo abaixo das janelas. Esses dois elementos não foram tirados quantitativos devido a sua modelagem se basear no tamanho linear, o que daria igual ao do método manual, mas a sua presença torna mais preciso o levantamento de quantitativo de outros elementos, como alvenaria e revestimentos.

Por fim, acima do forro, deve-se criar as platibandas e a caixa d’água como um tipo de parede, especificando com os processos descritos anteriormente seus tamanhos e características, utilizando os cortes e fachadas presentes nas Figuras 18 e 19. Modela-se, então a cobertura, apenas como fim de acabamento, já que esse serviço não será considerado na análise presente.

Com a modelagem terminada, pôde-se realizar o levantamento, de fato, dos quantitativos. Na aba “Vista”, clica-se no quadro encontrado um pouco ao lado direito superior do centro da tela, onde deve-se clicar na opção “Levantamento de material” mostrado na Figura 28.

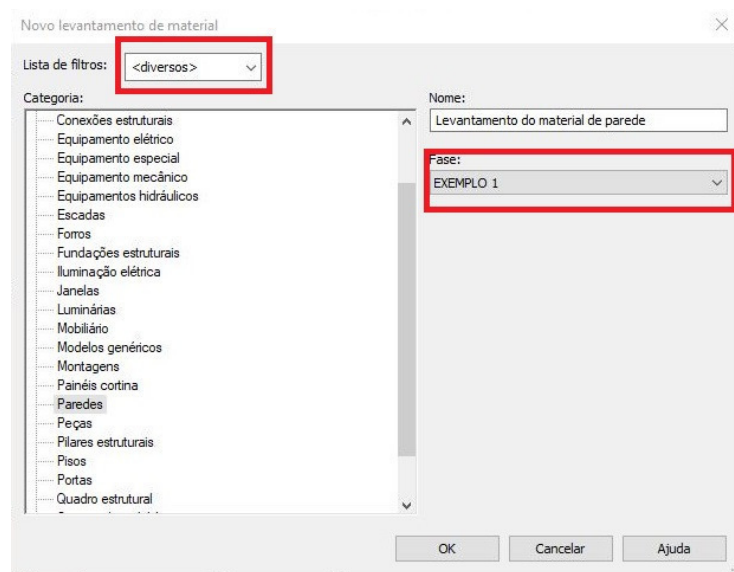
Figura 28 – Primeiro passo do levantamento de quantitativos no *Autodesk Revit*



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

Abriu-se, então, a aba presente na Figura 29, onde deve-se colocar a fase onde foi desenhado o projeto e o tipo de categoria a ser levantado. No caso, colocou-se em “diversos”, pois aparecia todos os tipos de categorias, seja parede, piso, forro, estrutura, ou outros que não foram utilizados neste exemplo. Após escolher e renomear alguma categoria, clicou-se então em “OK” e seguiu-se para a aba seguinte.

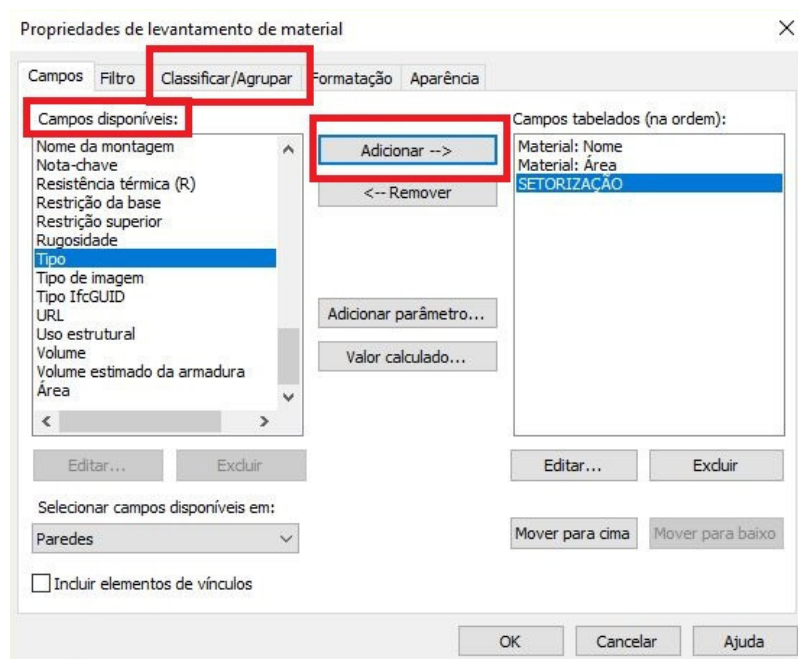
Figura 29 – Segundo passo do levantamento de quantitativos no *Autodesk Revit*



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

Com isso, surgiu a aba mostrada na Figura 30, onde pode-se colocar os campos a serem levantados, como nome, área e volume, apertando no botão “Adicionar” para eles serem tabelados. Na opção “Classificar/Agrupar”, colocou-se para se ordenar os quantitativos em ordem de nome.

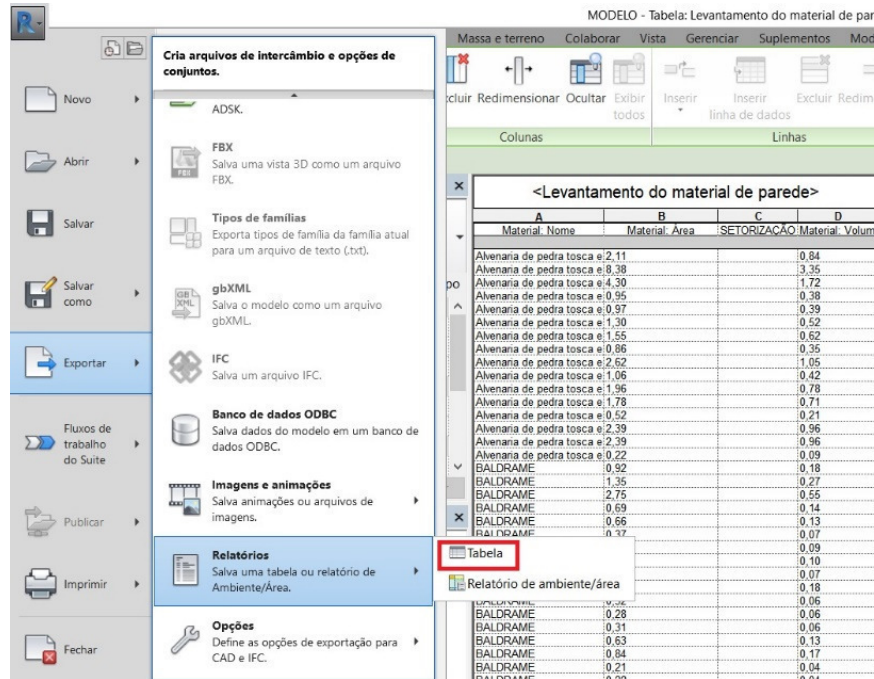
Figura 30 – Terceiro passo do levantamento de quantitativos no *Autodesk Revit*



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

Finalizou-se essa etapa clicando em “OK”, onde foi gerado uma tabela de quantitativos, a qual teve-se que ser exportada para um arquivo de texto, que pode ser aberto no *Excel*. Essa tabela e esse procedimento de exportação podem ser visualizados na Figura 31.

Figura 31 – Tabela de quantitativos e procedimento de exportação



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

No *Excel* realizou-se as somas dos quantitativos, ordenando os insumos como mostrado no método manual e também com a ajuda das tabelas da SEINFRA/CE, não desonerada, resultando-se no quadro presente no Apêndice B.

4.6 Modelagem e quantitativos pelo método BIM do experimento “B”

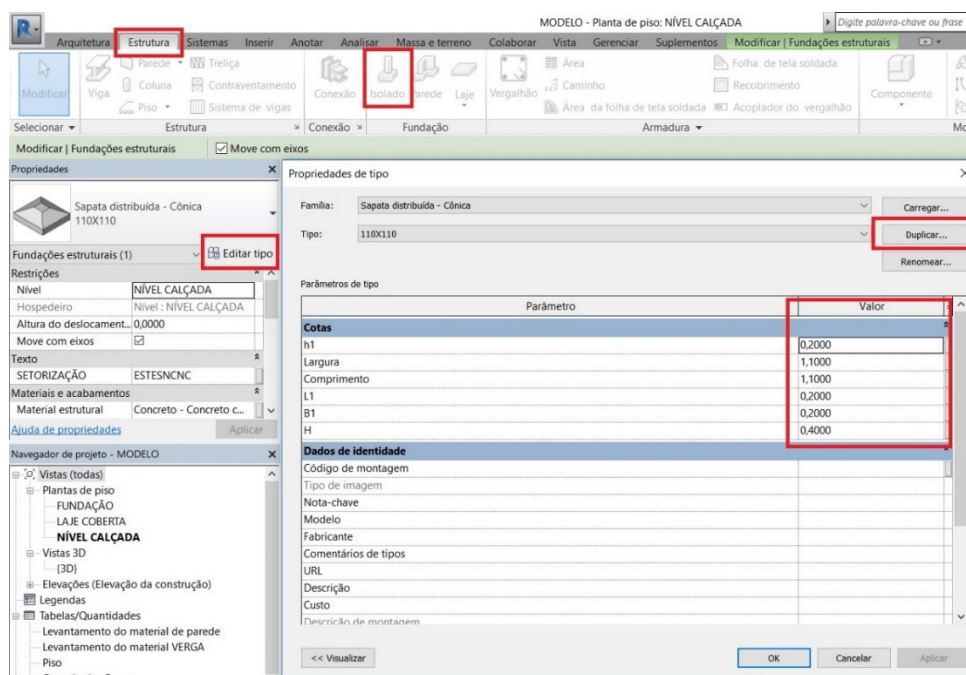
Assim como o item anterior, a modelagem começou-se com a exportação dos arquivos em CAD para o *Revit*. Para não precisar ser necessário realizar a modelagem de todos os andares do experimento “B”, realizou-se apenas de um subsolo e de um dos pavimentos tipos, depois torna-se o andar todo como bloco e replicou-se para os demais pavimentos iguais. Fazendo isso, não há a necessidade de desenhar a todos e caso haja a alteração, ela se aplica a todos os elementos dos andares de uma vez só.

Novamente, o primeiro passo na modelagem envolve a criação das paredes do edifício, então os procedimentos seguiram-se os mesmos, adequando-se aos requisitos de

projetos apresentados no item 4.4. Pôde-se inserir, então, as portas e janelas como descrito anteriormente de acordo com os projetos e memorial descritivo. Coloca-se, então, nos locais representados pela planta de origem e as paredes criadas anteriormente já se adaptam a esse espaço. Criaram-se as vergas e contravergas nos locais onde haviam vão, realizando as devidas adequações ao projeto.

Para este caso, o tipo de fundação utilizada foi sapata. Na aba “Estrutura”, no subitem “Fundação”, clicou-se na opção de fundação “Isolada” e escolheu-se um elemento do tipo “Sapata distribuída – cônica”, que representa a fundação em questão utilizada, como mostrado na Figura 32. Com isso, prosseguiu-se com o processo de duplicação e edição em “Editar tipo”, escolhendo-se as medidas referentes aos diversos tipos utilizados no projeto em questão e posicionando-as nos seus devidos locais.

Figura 32 – Criação de fundação tipo sapata

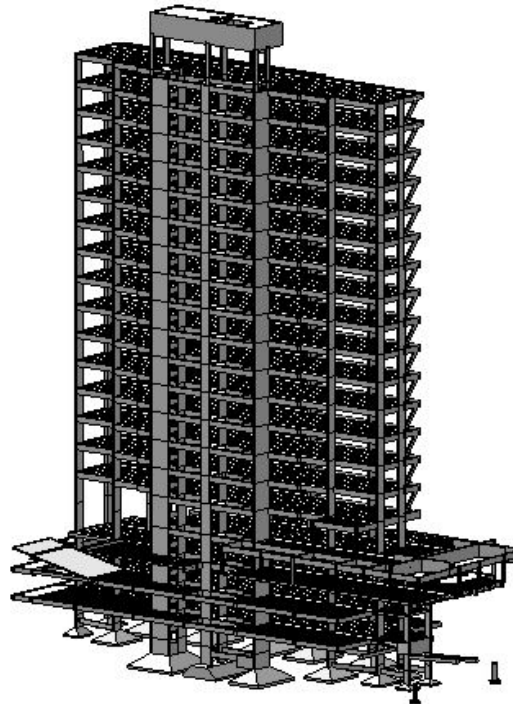


Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

Para o experimento “B”, teve-se o acesso ao projeto estrutural, então foi possível realizar a modelagem. Na Figura 33 é possível visualizar o esqueleto estrutural da edificação gerado pelo Revit. A criação de vigas e pilares é bastante semelhante. O processo inicia-se utilizando as opções “Viga” e “Coluna”, contidas na aba “Estrutura”, então teve-se que editar os novos elementos de acordo com as especificações do projeto, , como mostrado na Figura 34, fazendo o processo de duplicação e edição, que se baseia apenas em altura e largura, para todas

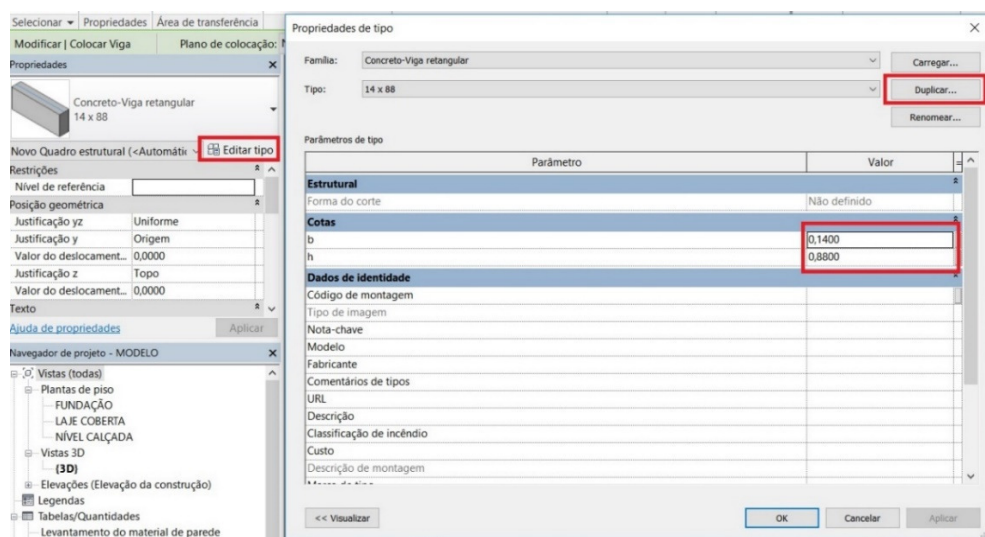
as vigas e pilares presentes. Por fim, modelou-se cada elemento, respeitando o projeto estrutural.

Figura 33 – Estrutura do experimento “B”



Fonte – Adaptado da modelagem original (2017).

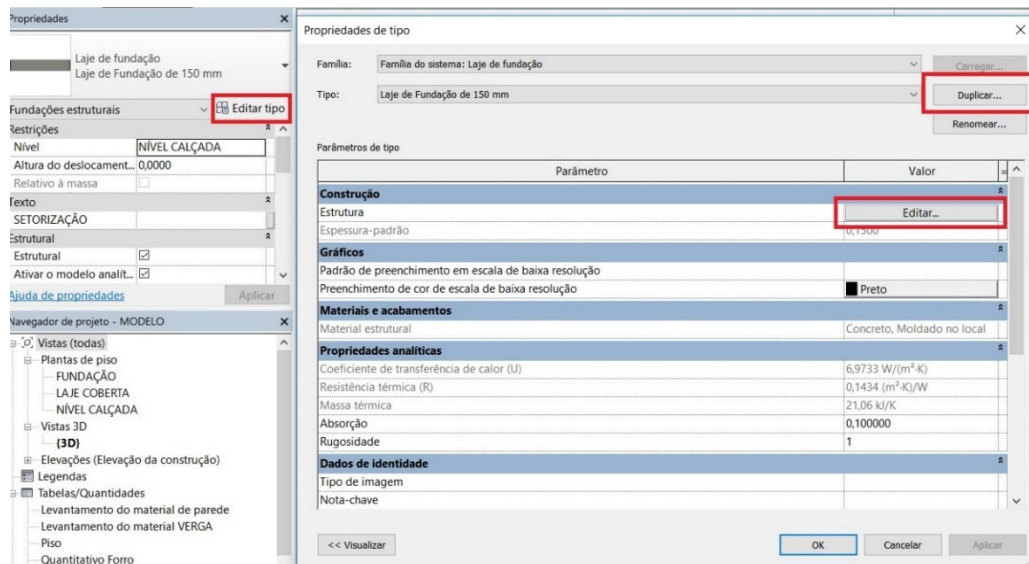
Figura 34 – Criação de vigas e pilares



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

O processo de criação das lajes é mais complexo, principalmente devido a utilização de algumas lajes nervuradas. Na aba “Estrutura”, clicou-se na opção “Laje”, que diferente das vigas e lajes que já são elementos prontos, abre uma opção de desenho, onde limitou-se, manualmente, os limites da laje em questão. A princípio, criou-se o elemento estrutural encobrendo toda a área projetada, utilizando os mesmos procedimentos em “Editar tipo”, duplicar e editar. A escolha da espessura da laje é um processo semelhante ao processo descrito na Figura 35, onde escolheu-se os elementos presente, no caso apenas o concreto, e a sua espessura.

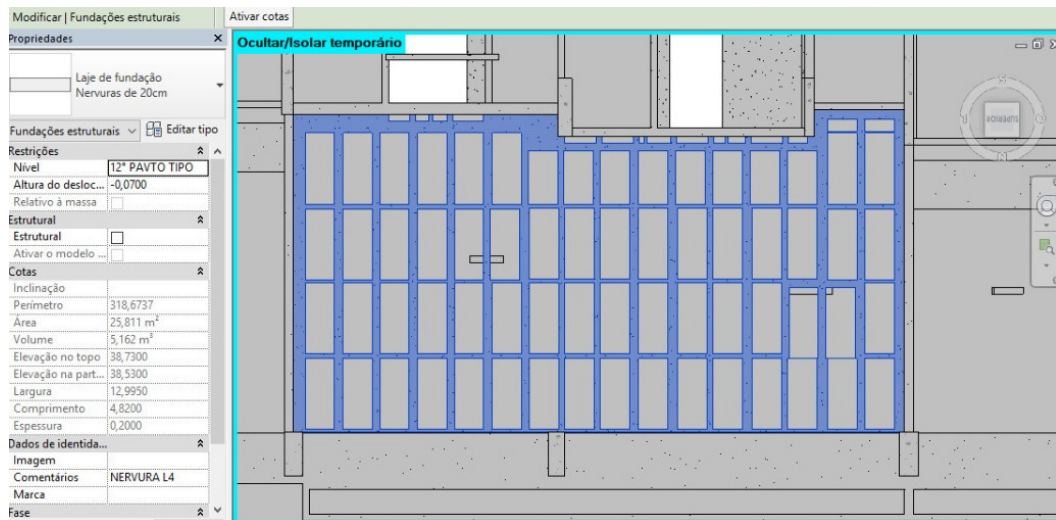
Figura 35 – Criação de lajes



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

O Revit não cria, automaticamente, lajes nervuradas, então utilizou-se uma das várias técnicas que simulam essa prática construtiva. Com isso, teve-se que furar a laje para simular a utilização do método construtivo em questão, para assim chegar ao quantitativo correto. Clicou-se duas vezes na laje, o que faz abrir um menu de edição, onde seguiu-se o mesmo processo de criação da laje. Desenhou-se por cima da laje os locais dos furos, como mostrado na Figura 36, que tiveram seus tamanhos adequados a quantidade de concreto que não seria mais utilizado devido as nervuras, ou seja, como elas funcionam como uma espécie de tronco de cone, não pode-se utilizar o valor de medida de cima, pois isso iria retirar menos concreto, nem o de baixo, pois iria retirar mais concreto, então optou-se por utilizar um valor médio entre a base e o topo desse tronco para representar a medida dos furos que seriam feitos na laje, representando, assim, a quantidade de material mais próxima ao real.

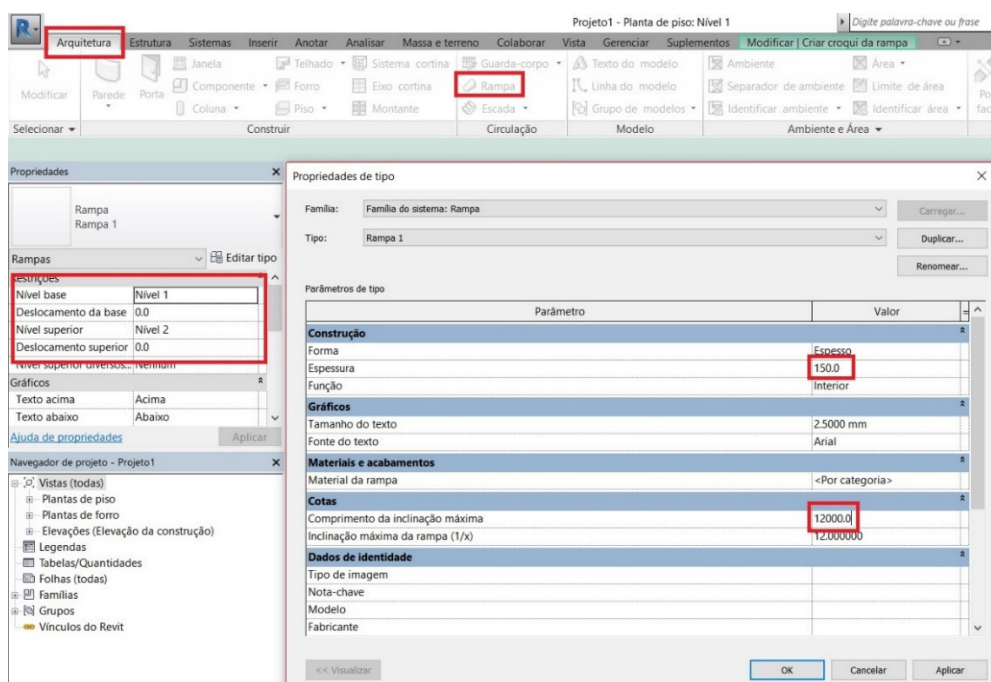
Figura 36 – Resultado da laje nervurada



Fonte – Adaptado da modelagem original (2017).

Para a criação das rampas, usa-se a aba “Arquitetura”, onde existe a opção “Rampa”, como pode ser visualizado na Figura 37. Sua forma de desenho de criação é semelhante ao das lajes. Para definir onde ela começa e termina, colocou-se na janela de propriedades do lado esquerdo, na parte de “restrições”, o seu nível de base e nível superior e em “editar tipo”, utilizou-se o procedimento explicado anterior de duplicação e depois determinou-se outros parâmetros, como espessura e comprimento.

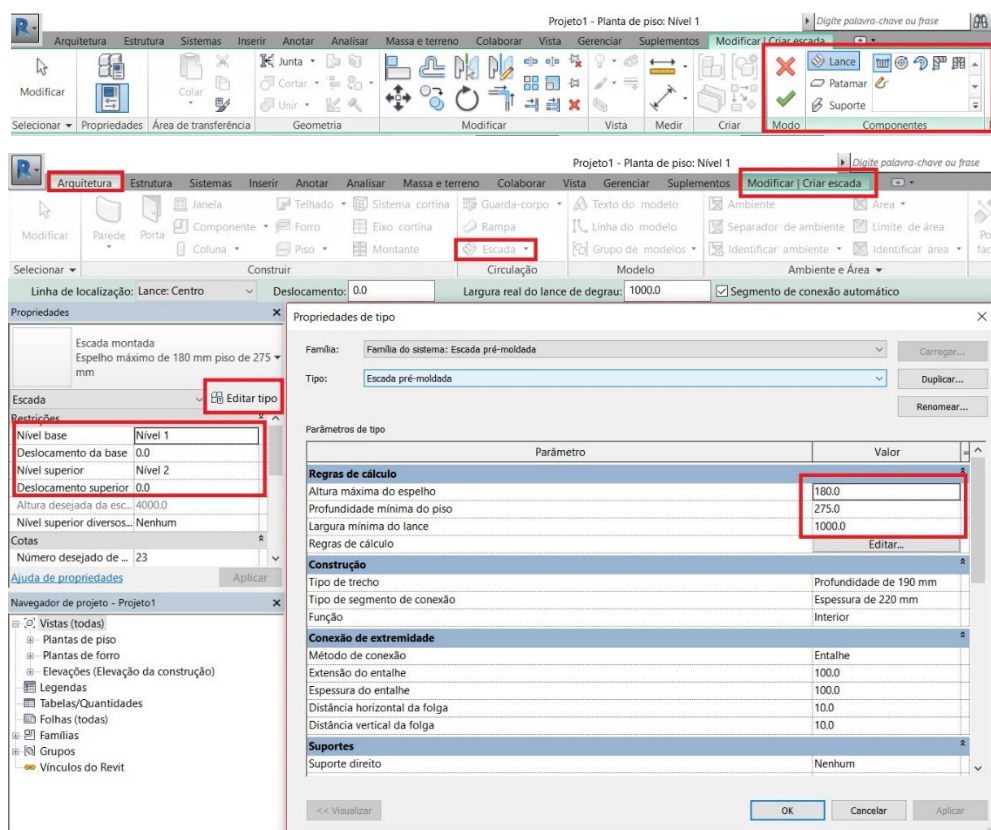
Figura 37 – Criação de rampas



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

Para a criação das escadas, também na aba “Arquitetura”, existe a opção “Escada”. Na aba “Modificar”, realizou-se os desenhos, tanto dos lances, como dos patamares e na janela de propriedades que fica do lado esquerdo da tela, deve-se realizar procedimentos de definições de início e fim de escada e outras propriedades, de forma semelhante a rampa, assim como mostra a Figura 38.

Figura 38 – Criação de escadas



Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

Por fim, prosseguiu-se com os mesmos processos descritos no item 4.5 a respeito do acabamento, envolvendo piso, porcelanato, cerâmica, forro, entre outros revestimentos, assim como a finalização da cobertura, com platibandas e as devidas adequações dos projetos e fins de modelagem.

Com a modelagem finalizada, pôde-se realizar o levantamento dos quantitativos e realizou-se no *Excel* as devidas operações matemáticas, ordenando os insumos como mostrado no método manual e também com a ajuda dos dados da empresa BGM Planejamento, resultando-se no quadro presentes no Apêndice D.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os principais resultados encontrados neste trabalho são os quantitativos gerados, nos experimentos “A” e “B”, utilizando o método manual com o auxílio do *software Autodesk AutoCAD*, e o método automático gerado pela plataforma BIM, utilizando o *Autodesk Revit*, com as suas respectivas comparações. A seguir serão descritos os principais resultados obtidos com a elaboração deste documento.

Para o experimento “A”, a partir dos Apêndices A e B elaborados anteriormente, pôde-se elaborar o Apêndice E com as diferenças percentuais entre o método Manual e o *Revit*, essas diferenças foram calculadas a partir da seguinte equação, se repetindo para o apêndice elaborado para o experimento “B” e para as tabelas apresentadas a seguir:

$$D(\%) = \frac{\text{Valor manual} - \text{Valor BIM}}{\text{Valor manual}} * 100 \quad (2)$$

Foi possível observar que em praticamente todos os itens, os quantitativos levantados pela ferramenta BIM se mostraram menores, o que faz sentido devido a precisão que esse método pode ter devido a modelagem 3D, eliminando contradições entre os projetos. Os únicos elementos que se mostraram maiores foram os baldrames, as cintas e o reboco do forro. Isso aconteceu pois, no método manual, uma pequena quantidade de baldrame e cinta pode acabar não sendo considerada no encontro de dois elementos perpendiculares, o que não acontece no *Revit*. Quanto ao forro, isso aconteceu pois se colocou chapisco e reboco no 1 banheiro, apesar de haver um forro de gesso mais abaixo.

Pôde-se observar que as diferenças percentuais são particularmente maiores quando envolve parede e seus revestimentos. Isso ocorreu, pois como a maioria das esquadrias possuía menos que 2 m², os vãos foram desconsiderados no método Manual, o que não acontece no *Revit*, afetando diretamente a quantidade do insumo de tijolos, chapisco, reboco, emboço, cerâmica e tinta das paredes. Um erro similar ocorre com as vergas, não havendo sua consideração manualmente, tomando toda a sua área como se houvesse a presença de alvenaria, mas a ferramenta BIM desconta esses valores da maneira correta.

Diferenças maiores também ocorreram nos pisos, pois o método Manual leva em consideração toda a área do ambiente, e devido as diferenças de áreas internas impactadas pela espessura das paredes com acabamento, o que nos projetos originais só se tinha a espessura crua da alvenaria, dando uma quantidade maior do que deveria, o que não aconteceu no *Revit*.

Por fim, foi elaborado a Tabela 4 com a diferença de orçamento desses serviços estudados. É válido salientar que os valores das estruturas deveriam ter entrado nessa conta, entretanto, devido à falta de projetos, não foi possível realizar a modelagem desse item no *Revit*.

Tabela 4 – Diferença percentual do orçamento entre métodos do Experimento “A”

MÉTODO	TOTAL (R\$)	DIFERENÇA
MANUAL	47.042,90	
<i>REVIT</i>	43.848,30	6,79%

Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

A diferença de quase 7% pode ser considerada um valor significativo de diferença entre os quantitativos, mas apesar de que isso representa uma diferença de pouco mais de 3 mil reais, é um valor considerável caso se analise a construção de maneira isolada e além disso, a casa se encontra dentro de um conjunto habitacional composto por 10 unidades, o que leva a diferença orçamentária para 30 mil reais, fazendo com que esse valor possa impactar mais ainda na decisão do interessado na realização da mesma.

Para o experimento “B”, a partir dos Apêndices C e D elaborados anteriormente, pôde-se elaborar o Apêndice F com as diferenças percentuais entre o método Manual e o *Revit*, da mesma forma que foi feita anteriormente. Neste caso, todos os valores encontrados no *software* foram menores, reforçando a precisão que a modelagem 3D pode proporcionar devido, principalmente, a eliminação das incoerências entre os projetos originais.

Quanto a fundação e a estrutura, são possíveis observar diferenças mínimas, comparado a outros itens. Isso pode ser explicado devido ao fato dessas duas etapas construtivas se basearem em elementos geométricos bem definidos, como paralelepípedos e troncos de pirâmides, o que facilita os cálculos de quantitativos.

Quanto a alvenaria e divisórias internas, pode-se observar diferenças percentuais altíssimas, maiores até do que as constatadas no experimento “A”. Isso ocorre devido a quantidade de vãos presentes no projeto do edifício. Como cada pavimento era representado por três apartamentos repletos de esquadrias, sendo estas possuindo áreas quase que totalmente menores que 2 m², ou caso fosse superior, eram aproximadamente entre 0,05 a 0,30 m² maiores, o que, no cálculo manual, representa subtrações baixas, enquanto o *Revit* retira todo o valor de área, proporcionando diferenças de quase 20%, o que na casa, obteve-se diferenças de nem 10%

A questão da alvenaria impacta diretamente no revestimento, pois, no método manual, esses quantitativos são levantados baseados nas paredes e painéis. Com isso, obteve-

se diferenças altas, e como alguns revestimentos são aplicados dos dois lados, aumentou mais ainda a diferença de etapas como chapisco, reboco e emboço, sendo um deles superior a 30%.

Quanto ao piso, granitos e forros, obteve-se variações menores que 10%, pois são quantitativos simples de área de ambientes, mas essas diferenças ocorrem devido a representações de paredes ou outros elementos que se colocam nos locais onde se colocaria um dos elementos citados no início. No caso das alvenarias, nos projetos elas são representadas com larguras referentes, geralmente, a espessura do tijolo, mas com a aplicação das camadas que revestem as paredes, a área interna de um ambiente acaba diminuindo, o que explica essa diferença percentual.

Por fim, tem-se os diversos tipos de acabamento, como revestimentos de gesso, pinturas, cerâmicas e porcelanatos e a fachada. Suas diferenças percentuais variam bastante, mas podem ultrapassar os 20%. Isso ocorre devido ao impacto das alvenarias citados anteriormente, mas aumentam mais por conta da falta de especificação dos projetos arquitetônicos quanto ao acabamento. Nos memoriais descritivos só se constavam os materiais a serem utilizados, tipos de tintas, tamanhos de peças de acabamento, mas não a forma que seriam feitos na obra. Com isso, houve dificuldade em determinar esses valores manualmente, principalmente com as cerâmicas e os porcelanatos.

Por fim, foi elaborado a Tabela 5 com a diferença de orçamento desses serviços estudados, servindo como um parâmetro de análise nessa comparação.

Tabela 5 – Diferença percentual do orçamento entre métodos do Experimento “B”

MÉTODO	TOTAL (R\$)	DIFERENÇA
MANUAL	3.741.137,48	
<i>REVIT</i>	3.459.100,96	7,54%

Fonte – Elaborado pelo autor (2017).

É possível observar que a porcentagem encontrada de 7,54% é um pouco maior do que encontrada no experimento “A”, mas ainda pode ser considerada coerente entre os casos, se for abordado de uma maneira geral, demonstrado que os métodos aplicados manualmente e pelo BIM seguem um padrão percentual, girando em torno de 7% a menos para a segunda metodologia.

Apesar de possuir projeto estrutural e, com isso, ter sido realizado a modelagem desta etapa e entrado na comparação, ela pouca impactou nessa diferença. Entretanto, as questões relacionadas a alvenaria e falta de especificação dos projetos em relação ao acabamento podem ter influenciado nesse aumento de diferença do experimento “B” e como a

casa do experimento anterior tinha menores diversificações de acabamento, não houve tanto o impacto desta etapa.

A diferença percentual encontrada de 6,79% e 7,54% são próximas, na primeira ela representa uma diferença orçamentaria na casa de 3 mil reais, aproximadamente, podendo aumentar para 30 mil reais se considerar o empreendimento todo, o que pode impactar no poder de decisão de um cliente ou de uma construtora. No segundo caso, que é de um empreendimento de grande porte, essa diferença percentual representou valores próximos a 300 mil reais, ou seja, um valor muito maior, sendo superior até mesmo ao orçamento encontrado do experimento “A” como um todo. Essa diferença de valor no edifício residencial, que pode até mesmo ser comparado ao valor de um dos apartamentos que poderiam ser vendidos nesse prédio, pode impactar na decisão de construir ou não o empreendimento mais facilmente.

Adaptando a metodologia de Santos, Antunes e Balbinot (2014) utilizando critérios de facilidade de uso, precisão, grau de atenção, rapidez no levantamento, tempo total gasto e facilidade de alterações, utilizando-se de uma escala de 1 a 3, sendo o terceiro o valor alto, o segundo o valor médio e o primeiro, baixo, elaborou-se a Tabela 6:

Tabela 6 – Comparação qualitativa entre método

Critério	Levantamento manual	Levantamento com BIM
Facilidade de uso	3	1
Precisão	2	3
Rapidez no levantamento	1	3
Grau de atenção	3	3
Tempo gasto	2	2
Facilidade de alterações	2	3

Fonte – Adaptado de Santos, Antunes e Balbinot (2014).

Esses resultados mostram que, em relação a facilidade, o método manual é melhor, pois basta conhecer a construção civil e seus processos, enquanto o BIM requer o conhecimento mais aprofundado da ferramenta e seus *softwares* para realizar a modelagem. Entretanto, em todos os outros critérios ou o segundo método se mostrou superior, ou empatados. Este se mostrou mais preciso, apesar de que não houveram tantas disparidades. O levantamento com o *Revit* é praticamente automático, enquanto o manual requer tempo gasto nesta etapa. Os métodos mostraram que precisam de alto grau de atenção, para não ocorrerem erros e, caso ocorressem, no BIM era mais fácil realizar alterações. O tempo gasto entre ambos é

praticamente o mesmo. O primeiro método leva tempo no levantamento de quantitativos, enquanto o segundo, com a modelagem.

Apesar de possuírem gasto de tempo total semelhante, o BIM possui grande vantagem de possuir ganhos paralelos durante o processo. Pode-se citar as incompatibilidades, maquete virtual, análises estruturais, entre outras etapas que podem ser realizadas fora o orçamento, o *Revit* acaba realizando em “segundo plano”, gastando menos tempo em outras etapas.

Os resultados do BIM tendem a ser mais precisos e, nos estudos realizados, foi constatado valores menores, entretanto, comparado ao método manual que pode ter propagação de erros, gerando quantitativos maiores e, conseqüentemente, desperdício na construção civil, o método utilizando a modelagem pode tender a falta de material. A partir da diferença percentual encontrada e sua coerência entre resultados mesmo em casos de proporções de tamanho diferentes, pode-se utilizar índices de correção para evitar essa questão da desvantagem do BIM.

Com isso, aliando a modelagem e levantamento de quantitativos do BIM se mostraram mais rápidas que o método manual, mas com o mesmo grau de atenção e cuidado, e mais preciso. Além disso, este método apresenta vantagem em questão da mudança de projetos ou a necessidade de realizar alterações posteriores, sendo realizadas de maneira automática com o BIM, necessitando menos tempos para correções e eliminando a propagação de erros.

6 CONCLUSÃO

Esse projeto teve como finalidade realizar uma análise comparativa para o levantamento de quantitativos usando os métodos tradicional e manual com o auxílio de ferramentas CAD e utilizando a plataforma BIM.

O mercado na construção civil está sempre buscando evoluções, processos mais rápidos e com resultados mais precisos, buscando ao máximo otimizar os lucros e reduzir desperdícios. Então, esse estudo se faz necessário pela grande quantidade de problemas no levantamento de quantitativos, utilizando técnicas tradicionais e manuais, seja pela facilidade de ocorrer falhas que se propagam por todo o processo ou imprecisões, ou pela grande quantidade de tempo que o projeto requer e as dificuldades caso seja necessária uma revisão ou retrabalho. Por ser um processo que impacta diretamente na tomada de decisão, essas questões podem acabar inviabilizando o empreendimento.

Sendo assim, os objetivos desse trabalho são selecionar e analisar projetos para a realização de estudos de caso utilizando os dois métodos, escolhendo os principais serviços ou etapas da construção que representem boa parte da obra. Realizar as devidas interpretações dos projetos escolhidos e realizar o levantamento manual dos mesmos, com o auxílio de uma ferramenta CAD. Elaborar a modelagem em 3D dos mesmos utilizando a plataforma BIM e utilizar o seu levantamento automático. E, por fim, desenvolver uma análise comparativa entre os dois métodos aplicados, identificando os principais pontos de divergência e suas causas, apresentando algumas vantagens e desvantagem de cada método.

Para atingir esses objetivos, antes de tudo, foi realizada toda uma revisão teórica acerca dos temas abordados nesse projeto, buscando as principais referências, sejam através de artigos, teses, dissertações, livros ou apostilas nos assuntos que conceituam o projeto: o levantamento de quantitativos e todas as suas questões, dificuldades e a importância que envolvem esse processo. O orçamento, seus tipos e como ele é realizado na construção civil através da tabela da SEINFRA/CE ou disponibilizada por empresas privadas. As ferramentas de *Computer Aided Design* (CAD) e como eles podem ser utilizadas para o levantamento manual de quantitativos. E, por fim, o *Building Information Modeling* (BIM), seus benefícios, sua aplicabilidade e como ele pode ser utilizado no processo estudado nesse trabalho.

A partir disso, a metodologia foi dividida em cinco etapas principais: escolha dos *softwares* a serem utilizados nos dois processos, seleção e análise de dois projetos de dimensões diferentes, levantamento manual, modelagem do empreendimento e extração dos materiais e

serviços e, por fim, comparação entre os métodos e discussão acerca das suas principais diferenças.

Foram, então, realizados o estudo dos dois casos selecionados, uma casa unifamiliar representada pelo experimento “A” e um prédio residencial representado pelo experimento “B”. Foram aplicadas as etapas apresentadas na metodologia, realizando os dois tipos de levantamento para os dois casos e, por fim, foi realizada comparações percentuais para todos os quantitativos e uma comparação geral do orçamento, além de ter sido feita uma análise qualitativa entre os dois métodos, buscando classifica-los em relação a alguns critérios.

Foi possível observar que o *Revit, software* BIM utilizado, levantou quantitativos com porcentagens menores que o método manual, apresentando uma média de 6,79% para o experimento “A” e 7,54% para o “B”, sendo valores próximos, mostrando que a diferença entre métodos, seja qual for a dimensão do empreendimento, possui semelhante variação. Esses percentuais representaram diferenças orçamentárias na casa de 3 mil e 300 mil reais, respectivamente, mostrando que mesmo em uma simples casa, o impacto financeiro é significativo e pode afetar a tomada de decisões, ainda mais se for ser feito a análise em cima das 10 casas que compõe o conjunto habitacional. Enquanto para uma obra de grande porte, pode gerar dúvidas, principalmente porque o valor encontrado pode representar facilmente o valor de um apartamento a ser vendido desse empreendimento.

Na análise qualitativa, constatou-se que o BIM possui maior rapidez de levantamento de quantitativos devido ao seu processo praticamente automático, além da sua facilidade de retrabalho, caso haja erros e incoerências, e sua precisão de resultados gerados da sua modelagem. A plataforma apresenta uma desvantagem na grande necessidade de conhecimento e familiaridade, principalmente com a utilização do *software*, além do profundo conhecimento do processo construtivo para a correta modelagem, enquanto o método manual necessita de conhecimentos em básicos em CAD e avançados, semelhante ao outro método, dos processos construtivos.

Também foi possível perceber que o grau de atenção para os dois métodos é o mesmo, a fim de realizar um correto levantamento e evitar erros, mas o BIM acaba possuindo a vantagem de possuir identificação automática de incoerências ou falhas. Além disso, como dito anteriormente, apesar de possuírem um tempo gasto total semelhante, os ganhos paralelos gerados durante a modelagem do *Revit* ainda trazem mais benefícios num contexto onde se procura realizar outras atividades, fora a modelagem.

Portanto, pode-se concluir que todos os objetivos propostos foram atendidos com sucesso e que a plataforma BIM, assim como apresentado durante a revisão bibliográfica e vista

ao decorrer do projeto, possui muito potencial e apresenta diversas vantagens que podem trazer benefícios para as mais diversas áreas da construção civil e para todos os envolvidos no ciclo de vida útil de um empreendimento, não apenas para o levantamento de quantitativos e elaboração de orçamentos.

O BIM pode fornecer, através das suas funcionalidades, valores mais precisos e atualizados automaticamente, capaz de reduzir erros e incoerências, além de encurtar prazos, sendo assim, uma ferramenta de otimização e racionalização da construção civil, algo muito buscado no mercado, atualmente.

Por fim, é válido salientar que, apesar de possuir valores menores e, provavelmente, mais alinhados com a realidade, pode ser um erro levar em consideração os quantitativos exatos encontrados pelo BIM, pois pode ser que o *software* forneça valores não usuais, sem margens para desperdícios, necessitando uma margem de segurança a mais, coisa que se faz no método manual.

Então, pode-se sugerir que se realize, em trabalhos futuros, comparações entre os valores encontrados entre os métodos estudados e a realidade, verificando qual o valor que pode ser utilizado para realizar essa correção, tornando os quantitativos do BIM mais aplicáveis e confiáveis. Pode-se sugerir, também, a realização de estudos comparativos entre os dois métodos levando em consideração todas as etapas da construção de um empreendimento, buscando verificar se os percentuais encontrados continuam próximos e coerentes entre si. Além disso, quanto a análise qualitativa, seria interessante, em trabalhos futuros, realizar pesquisas com engenheiros, escritórios e construtoras, para fundamentar melhor essas diferenças entre métodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEMILAR CONSÓRCIO DE INVESTIMENTO IMOBILIÁRIO. **Tabela com o percentual de gastos para cada etapa da obra.** 2013. Disponível em:

<<https://www.ademilar.com.br/blog/construcao-civil/tabela-percentual-gastos-obra/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

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

ANDRADE, Max; RUSCHEL, R. **Interoperabilidade entre ArchiCAD e Revit por meio do formato IFC.** In: IV Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 2009, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2009.

AYRES FILHO, Cervantes. **Acesso ao modelo integrado do edifício.** 2009. 254f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) –Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

AZEVEDO, O.J.M. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras.** 82 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho. Braga. 2009.

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

BASTOS, Luiza Welter. **Análise de custos dos desperdícios na construção civil.** 2015, 26p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2015.

BETTING, B.; SHAH, J. **Derivation of a standard set of geometric constraints for parametric modeling and data exchange.** Computer-Aided Design, v.33, n.1, p.17-33, jan. 2000.

BRAGA, Paula Rodrigues. **LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS COM USO DA TECNOLOGIA BIM**. 2015. 131 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco et al. **Entendendo BIM - Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. 1ª ed. Curitiba, 2015.

CATELANI, Wilton Silva (Brasil). Cbic - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras: Fundamentos BIM - Volume 1'**. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016. 117 p. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

CEARÁ. Secretária de Infraestrutura. **Tabelas de custos sem desoneração**. 2016. Disponível em: <<http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Celso Carlos. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. 2008

CORDEIRO, Flávia Regina Ferreira de Sá. **ORÇAMENTO E CONTROLE DE CUSTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. 2007.

COSTA, Wesley Rafael da. **USO DA TECNOLOGIA BIM NA FASE DE ORÇAMENTAÇÃO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR - ESTUDO DE CASO**. 2016. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2016.

CRUZ, Gabriela Pontes Silva et al. **Coordenação e compatibilização de projetos para construção de edifícios: estudos de casos em instituições públicas e privadas**. 2011.

EASTMAN, Chuck M.; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2nd, Hoboken: Wiley, 2011.

EASTMAN, Charles M. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. Hoboken: Wiley, 2008, 490 p.

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

FERREIRA, Rita Cristina. **Uso do CAD3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais**. 2007. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) –Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FORGUES, D. et al. **Rethinking the cost estimating process through 5D BIM: A case study**. In: Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World, 2012, West Lafayette, IN. **Proceedings**. p.778-786.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

JEREISSATI, Geórgia Morais. **Orçamento de Obras de Construção Civil**. Fortaleza, 2017. (Apostila)

LEE, Ghang; SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles M. **Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system**. Automation in Construction. 15, n. 6, p.758-776, nov. 2006.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composição de custos para orçamentação de obras de edificações**. 238f. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

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

MELHADO, Silvio; PINTO, Ana Carolina. **Benefícios e desafios da utilização do bim para Extração de quantitativos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 9., 2015, São Carlos. Anais... São Carlos: USP, 2015. 511 p.

MENEZES, G. L. B. B. de Breve histórico de implantação da plataforma BIM **Caderno de Arquitetura e Urbanismo**, v. 18, n. 22, p-153-171, 2011.

MONTEIRO, Ari. **Projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em uma ferramenta CAD-BIM**. 2011. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) –Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2011.

MONTEIRO, A.; POÇAS MARTINS, J. **A survey on modeling guidelines for quantity takeoff oriented BIM-based design**. **Automation in Construction**, v. 35, p. 238-253, 2013. ISSN 09265805.

PINHEIRO, Levi Teixeira. **AVALIAÇÃO DOS LIMITES DE AUTOMAÇÃO DO PROJETO DE ALVENARIA APARTIR DO MÉTODO BUILDING OBJECT BEHAVIOR (BOB)**. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

PMI, **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®) - Quinta Edição**, Newton Square: PMI, 2013.

ROBSON, C. **Real World Research**. 2ed. Victoria: Blackwell Publishing Ltd, 2002.

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

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles M.; LEE, Ghang. **Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete**. **Automation in Construction**, v. 13, n. 3, p.291-312, maio 2004.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; ANTUNES, Cristiano Eduardo; BALBINOT, Guilherme Bastos. **Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia bim.** Iberoamerican Journal Of Industrial Engineering. Florianópolis, SC, Brasil, v. 6, n. 12 p. 134-155. 2014.

SANTOS, A. P. L.; WITICOVSKI, L. C.; GARCIA, L. E. M.; SCHEER, S. **A utilização do BIM em projetos de construção civil.** Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, v.1, n.2, p. 25-42, dez. 2009.

SCHODEK, Daniel, BECHTHOLD Martins, KIMO Griggs, KENNETH Martins Kao, STEINBERG, Marco. **Digital Design and Manufacturing – CAD/CAN Applications in Architecture and Desing.** John Willey & Sons, INC. Hoboken, New Jersey. 2005.

SOUSA, Hugo Daniel Cortês de. **Modelação em BIM de armaduras de betão armado de um edifício: Análise da sua contribuição para processos de medição e orçamentação mais eficientes.** 2013.

SUCCAR, Bilal. **Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders.** Automation in Construction, v.18, n.3, p.357-375, maio 2009.

XAVIER, Ivan Silvio de Lima, **Orçamento, Planejamento e Custos de Obras,** FUPAM – Fundação de Pesquisa ambiental, USP – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A – Quantitativos manuais do Experimento “A”

ITEM	COD	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND	QTDE.	R\$ UNI	R\$ TOTAL
01.	FUNDAÇÃO					6443,05
01.01	C0054	Alvenaria de pedra tosca e argamassa de cimento e areia grossa e arisco no traço 1:2:8	M3	13,66	284,36	3883,90
01.02	C0055	Baldrame em alvenaria de tijolos cerâmicos comuns	M3	2,28	459,92	1046,96
01.03	C1462	Impermeabilização de alvenaria de embasamento no respaldo c/argamassa cimento e areia s/ peneiramento, traço 1:3, esp.=2cm c/ aditivo impermeabilizante	M2	45,53	27,35	1245,19
01.04	C0089	Cinta corrida de impermeabilização, executado em concreto sem armadura	M3	0,57	469,16	267,00
02.	ESTRUTURA					15403,15
02.01	C0843	Concreto estrutural virado em obra, controle tipo "A", consistência para vibração, brita 1, fck=25 Mpa	M3	8,09	331,80	2684,39
02.02	C1399	Forma com chapa compensada plastificada e=12mm, reaproveitamento 5 x	M2	97,08	74,33	7216,31
02.03	C1604	Lancamento e aplicacao de concreto em fundacao.	M3	8,09	81,69	660,90
02.04	C4151	Armadura CA50/CA60	KG	671,50	7,21	4841,54
03.	PAREDES E PAINÉIS					8392,31
03.01	C0073	Alvenaria de tijolo cerâmico furado (9x19x19)cm c/argamassa mista de cal hidratada esp.=10cm (1:2:8)	M2	180,36	37,58	6777,96
03.02	C0076	Alvenaria de tijolo comum c/argamassa mista de cal hidratada 1:2:8 esp=10 cm	M2	20,04	66,47	1332,07
03.03	C2666	Verga reta de concreto armado	M3	0,28	1001,00	282,28
04.	PAVIMENTAÇÃO					9863,52
04.01	C1609	Lastro de concreto incluindo preparo e lançamento	M3	7,73	364,22	2816,51
04.02	C3002	Porcelanato polido c/ arg. pré-fabricada - p/ piso	M2	49,94	91,87	4587,99
04.03	C2996	Cerâmica esmaltada c/ arg. pré-fabricada até 30x30 cm (900 cm ²) - pei-5/pei-4 - p/ piso	M2	17,48	54,37	950,39
04.04	C2181	Regularização de base c/ argamassa cimento e areia s/ peneirar, traço 1:3 - esp=3cm	M2	67,42	17,35	1169,74
04.05	C1120	Rejuntamento c/ arg. pré-fabricada, junta até 2mm em cerâmica, até 30x30 cm (900 cm ²) (parede/piso)	M2	17,48	5,16	90,20
04.06	C1123	Rejuntamento c/ arg. pré-fabricada, junta até 2mm em cerâmica, acima de 30x30 cm (900 cm ²) e porcelanatos (parede/piso)	M2	49,94	4,98	248,70
05.	REVESTIMENTO					13074,47
05.01	C0776	Chapisco c/ argamassa de cimento e areia s/peneirar traço 1:3 esp.= 5mm p/ parede	M2	391,59	4,21	1648,59
05.02	C1213	Reboco paulista argamassa 1:2:9 (cimento, cal e areia)	M2	339,87	20,52	6974,21
05.03	C3120	Emboço traço 1:6 (cimento e areia)	M2	51,72	23,03	1191,03
05.04	C4443	Cerâmica esmaltada c/ arg. pré-fabricada até 30x30cm (900cm ²) - pei-5/pei-4 - p/ parede	M2	47,88	57,09	2733,61
05.05	C1120	Rejuntamento c/ arg. pré-fabricada, junta até 2mm em cerâmica, até 30x30 cm (900 cm ²) (parede/piso)	M2	51,72	5,16	266,86
05.06	C4128	Tijolinho aparente 6,50x18cm c/ argamassa de cimento e areia 1:3	M2	3,83	67,86	260,18
06.	FORRO					1975,50
06.01	C0778	Chapisco c/ argamassa de cimento e areia s/peneirar traço 1:3 esp.= 5mm p/ teto	M2	67,42	7,99	538,69
06.02	C3035	Reboco c/ argamassa de cimento e areia s/ peneirar traço 1:6, esp=20 mm p/ teto	M2	64,87	21,19	1374,60
06.03	C3970	Forro de gesso convencional (60x60)cm com tiro e arame galvanizado encapado - fornecimento e montagem	M2	2,55	24,40	62,22
07.	PINTURA					7294,06
07.01	C1615	Pintura latex pva, duas demãos, cor branco neve, acabamento fosco	M2	67,42	12,53	844,77
07.02	C4167	Latex acrílico três demãos em paredes internas s/ massa	M2	148,28	15,49	2296,83
07.03	C1208	Emassamento duas demãos, com massa pva	M2	215,70	10,04	2165,61
07.04	C2461	Textura acrílica em paredes externas	M2	191,60	10,37	1986,85

APÊNDICE B – Quantitativos pelo *Autodesk Revit* do Experimento “A”

ITEM	COD	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND	QTDE.	R\$ UNI	R\$ TOTAL
01.	FUNDAÇÃO					6367,48
01.01	C0054	Alvenaria de pedra tosca e argamassa de cimento e areia grossa e arisco no traço 1:2:8	M3	13,35	284,36	3796,21
01.02	C0055	Baldrame em alvenaria de tijolos cerâmicos comuns	M3	2,36	459,92	1085,41
01.03	C1462	Impermeabilização de alvenaria de embasamento no respaldo c/argamassa cimento e areia s/ peneiramento, traço 1:3, esp.=2cm c/ aditivo impermeabilizante	M2	44,55	27,35	1218,44
01.04	C0089	Cinta corrida de impermeabilização, executado em concreto sem armadura	M3	0,57	469,16	267,42
02.	ESTRUTURA					0,00
02.01	C0843	Concreto estrutural virado em obra, controle tipo "A", consistência para vibração, brita 1, fck=25 Mpa	M3	-	331,80	0,00
02.02	C1399	Forma com chapa compensada plastificada e=12mm, reaproveitamento 5 x	M2	-	74,33	0,00
02.03	C1604	Lancamento e aplicacao de concreto em fundacao.	M3	-	81,69	0,00
02.04	C4151	Armadura CA50/CA60	KG	-	7,21	0,00
03.	PAREDES E PAINÉIS					7775,54
03.01	C0073	Alvenaria de tijolo cerâmico furado (9x19x19)cm c/argamassa mista de cal hidratada esp.=10cm (1:2:8)	M2	166,689	37,58	6264,17
03.02	C0076	Alvenaria de tijolo comum c/argamassa mista de cal hidratada 1:2:8 esp=10 cm	M2	18,521	66,47	1231,09
03.03	C2666	Verga reta de concreto armado	M3	0,28	1001,00	280,28
04.	PAVIMENTAÇÃO					9100,48
04.01	C1609	Lastro de concreto incluindo preparo e lançamento	M3	6,69	364,22	2436,63
04.02	C3002	Porcelanato polido c/ arg. pré-fabricada - p/ piso	M2	47,32	91,87	4347,29
04.03	C2996	Cerâmica esmaltada c/ arg. pré-fabricada até 30x30 cm (900 cm²) - pei-5/pei-4 - p/ piso	M2	15,049	54,37	818,21
04.04	C2181	Regularização de base c/ argamassa cimento e areia s/ peneirar, traço 1:3 - esp= 3cm	M2	66,96	17,35	1161,76
04.05	C1120	Rejuntamento c/ arg. pré-fabricada, junta até 2mm em cerâmica, até 30x30 cm (900 cm²) (parede/piso)	M2	17,38	5,16	89,68
04.06	C1123	Rejuntamento c/ arg. pré-fabricada, junta até 2mm em cerâmica, acima de 30x30 cm (900 cm²) e porcelanatos (parede/piso)	M2	49,58	4,98	246,91
05.	REVESTIMENTO					11871,46
05.01	C0776	Chapisco c/ argamassa de cimento e areia s/peneirar traço 1:3 esp.= 5mm p/ parede	M2	357,666	4,21	1505,77
05.02	C1213	Reboco paulista argamassa 1:2:9 (cimento, cal e areia)	M2	311,368	20,52	6389,27
05.03	C3120	Emboço traço 1:6 (cimento e areia)	M2	46,168	23,03	1063,25
05.04	C4443	Cerâmica esmaltada c/ arg. pré-fabricada até 30x30cm (900cm²) - pei-5/pei-4 - p/ parede	M2	42,528	57,09	2427,92
05.05	C1120	Rejuntamento c/ arg. pré-fabricada, junta até 2mm em cerâmica, até 30x30 cm (900 cm²) (parede/piso)	M2	46,168	5,16	238,23
05.06	C4128	Tijolinho aparente 6,50x18cm c/ argamassa de cimento e areia 1:3	M2	3,64	67,86	247,01
06.	FORRO					2008,12
06.01	C0778	Chapisco c/ argamassa de cimento e areia s/peneirar traço 1:3 esp.= 5mm p/ teto	M2	66,7	7,99	532,93
06.02	C3035	Reboco c/ argamassa de cimento e areia s/ peneirar traço 1:6, esp=20 mm p/ teto	M2	66,75	21,19	1414,43
06.03	C3970	Forro de gesso convencional (60x60)cm com tiro e arame galvanizado encapado - fornecimento e montagem	M2	2,49	24,40	60,76
07.	PINTURA					6725,20
07.01	C1615	Pintura latex pva, duas demãos, cor branco neve, acabamento fosco	M2	66,75	12,53	836,38
07.02	C4167	Latex acrílico três demãos em paredes internas s/ massa	M2	131,258	15,49	2033,19
07.03	C1208	Emassamento duas demãos, com massa pva	M2	198,008	10,04	1988,00
07.04	C2461	Textura acrílica em paredes externas	M2	180,1	10,37	1867,64

APÊNDICE C – Quantitativos manuais do Experimento “B”

ITEM	COD	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID	QTDE.	RS UNI	RS TOTAL
01.	FUNDAÇÃO/SAPATA					90289,55
01.01	BGM	EQUIPE DE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO CONCRETO - BS	M3	188,43	28,65	5398,63
01.02	BGM	CONCRETO 35 MPA USINADO - BS	M3	188,43	301,2	56756,28
01.03	BGM	EQUIPE DE FORMA E DESFORMA - BS	M2	459,34	18,82	8644,80
01.04	BGM	FÔRMAS (CONSIDERANDO APROVEITAMENTO DE FORMA 5 VEZES) – BS	M2	459,34	42,43	19489,84
02.	ESTRUTURA					1192824,96
02.01	BGM	EQUIPE DE FORMA E DESFORMA	M2	2380,34	18,82	44798,02
02.02	BGM	FÔRMAS (CONSIDERANDO APROVEITAMENTO DE FORMA 5 VEZES)	M2	1427,84	42,43	60583,37
02.03	BGM	FÔRMAS - LAJES NERVURADAS	M2	952,50	149,95	142827,12
02.04	BGM	EQUIPE DE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO CONCRETO	M3	1958,77	28,65	56118,73
02.05	BGM	CONCRETO 35 MPA USINADO	M3	1958,77	301,2	589981,16
02.06	BGM	LAJE MACIÇA C/ FERRAGEM - 7CM	M2	806,8015046	370,00	298516,56
03.	ALVENARIA					187989,23
03.01	BGM	ALVENARIA DE TIJOLO CER 20X20 E=20	M2	1578,08	34,22	54001,79
03.02	BGM	ALV DE TIJOLO CER 20X20 E=14	M2	6101,43	21,96	133987,44
04.	REBOCO E EMBOÇO INTERNO					79068,36
04.01	BGM	CHAPISCO INTERNO	M2	8.281,37	2,00	16542,87
04.02	BGM	REBOCO INTERNO	M2	3.254,91	7,36	23956,15
04.03	BGM	EMBOÇO INTERNO	M2	6026,46	6,4	38569,34
05.	PISO INTERNO					437644,35
05.01	BGM	PAINEL EM FREIJÓ COM ACABAMENTO EM VERNIZ PU FOSCOC/ BITES 1X1CM DE ESPAÇAMENTO	M2	5,97	200	1194,00
05.02	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 30X30CM (PISO+PAREDE)	M2	2.340,71	7,62	17836,21
05.03	BGM	CERÂMICA PEI 5 - 30X30CM	M2	1666,34	16,96	28261,13
05.04	BGM	CERÂMICA PEI 5 VERMELHA - 30X30CM	M2	674,37	16,96	11437,32
05.05	BGM	REJUNTAMENTO CERÂMICO INTERNO E=5MM	M2	2.340,71	1,09	2551,37
05.06	BGM	ASSENTAMENTO DE MÁRMORE	M2	54,44	26,38	1436,13
05.07	BGM	MÁRMORE BRANCO NACIONAL FUNDO CLARO - 1X1M	M2	54,44	350	19054,00
05.08	BGM	REJUNTAMENTO DE MÁRMORE	M2	54,44	1,486	80,90
05.09	BGM	ASSENTAMENTO PORCELANATO (PISO+PAREDE)	M2	4.602,94	9,44	43451,72
05.10	BGM	PORCELANATO RUSTICO 45X45	M2	498,77	45	22444,65
05.11	BGM	REJUNTAMENTO P/ PORCELANATO E=2MM	M2	4.602,94	0,91	4188,67
05.12	BGM	PORCELANATO ACETINADO 60X60	M2	3686,816	50	184340,80
05.13	BGM	PISO PRONTO EM RÉGUAS DE CUMARU	M2	62,30	350	21805,00
05.14	BGM	PORCELANATO PORTINARI COLEÇÃO CROMA(BRANCO)- 60X60	M2	5,92	55	325,60
05.15	BGM	ASSENTAMENTO DE LIMESTONE	M2	203,05	18,87	3831,55
05.16	BGM	REJUNTAMENTO DE LIMESTONE	M2	203,05	1,67	339,09
05.17	BGM	LIMESTONE CREMA CATALUNIA LEVIGADO 60X60	M2	203,05	277,2	56285,46

05.18	BGM	PORCELANATO ACETINADO 45X45	M2	417,35	45	18780,75
06.	DIVISÓRIAS INTERNAS					181849,25
06.01	BGM	ALVENARIA DE BLOCO DE GESSO	M2	4402,06365	41,31	181849,25
07.	REVESTIMENTO DE GESSO					109025,42
07.01	BGM	REVESTIMENTO DE PAREDE INTERNA COM GESSO E=20MM	M2	6209,7141	17,56	109025,42
08.	REVESTIMENTO INTERNO					434471,19
08.01	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 30X30CM (PISO+PAREDE)	M2	180,99	7,62	1379,11
08.02	BGM	CERÂMICA PEI 4 - 30X30CM	M2	180,99	16,96	3069,51
08.03	BGM	REJUNTAMENTO CERÂMICO INTERNO E=5MM	M2	3.740,75	1,09	4077,42
08.04	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 45X45CM (PISO+PAREDE)	M2	80,50	7,62	613,41
08.05	BGM	CERÂMICA PEI 4 - 45X45CM	M2	80,50	25,5	2052,75
08.06	BGM	ESPELHO PRATA 4MM APLICADO SOBRE COMPENSADO DE 10MM	M2	18,14	200	3627,24
08.07	BGM	PAINEL EM COMPENSADO NAVAL 20MM REVESTIDO EM CAPEADO DE MADEIRA FREIJÓ TIPO EXPORTAÇÃO	M2	66,27	200	13254,12
08.08	BGM	ASSENTAMENTO DE MÁRMORE	M2	20,10	26,38	530,28
08.09	BGM	MÁRMORE BRANCO NACIONAL FUNDO CLARO - 1X1M	M2	20,10	350	7035,56
08.10	BGM	REJUNTAMENTO DE MÁRMORE	M2	20,10	1,486	29,87
08.11	BGM	MDF GOFRATO BRANCO	M2	10,55	120	1266,00
08.12	BGM	ASSENTAMENTO DE LIMESTONE	M2	30,60	18,87	577,37
08.13	BGM	LIMESTONE CREMA CATALUNIA 60X60	M2	30,60	277,2	8481,63
08.14	BGM	REJUNTAMENTO DE LIMESTONE	M2	30,60	1,67	51,10
08.15	BGM	ASSENTAMENTO GRANITO	M2	22,53	17,59	396,30
08.16	BGM	GRANITO CINZA APICOADO(MODULAÇÃO C/ BITES DE 1X1CM)	M2	22,53	450	10138,50
08.17	BGM	REJUNTAMENTO DE GRANITO	M2	22,53	1	22,53
08.18	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 7,5X7,5CM (PISO+PAREDE)	M2	3479,26	15,74	54763,61
08.19	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5CM BRANCA	M2	1352,03	30	40560,79
08.20	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5 MARROM	M2	2127,24	30	63817,12
08.21	BGM	ASSENTAMENTO PORCELANATO (PISO+PAREDE)	M2	3.437,08	9,44	32446,06
08.22	BGM	REJUNTAMENTO P/ PORCELANATO E=2MM	M2	3.437,08	0,91	3127,75
08.23	BGM	PORCELANATO POLIDO 60X60	M2	1212,74	50	60637,23
08.24	BGM	PORCELANATO ACETINADO 45X45	M2	2198,59	45	98936,46
08.25	BGM	PASTILHA 5X5CM COR AZUL - MATERIAL	M2	111,44	44,96	5010,49
08.26	BGM	ASSENTAMENTO DE PASTILHA 5X5CM	M2	111,44	58,44	6512,75
08.27	BGM	APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO TIPO FULGET	M2	35,42	94,62	3351,44
08.28	BGM	PAINEL PROFILIT 262X60MM	M2	13,18	400	5270,00
08.29	BGM	PASTILHA 2X2CM BRANCO	M2	17,96	53,952	968,98
08.30	BGM	ASSENTAMENTO DE PASTILHA 2X2CM	M2	17,96	58,44	1049,58
08.31	BGM	PORCELANATO PORTINARI COLEÇÃO CROMA(BRANCO)- 60X60	M2	25,75	55	1416,25
09.	FORRO DE GESSO					174989,37
09.01	BGM	FORRO DE GESSO	M2	4562,16	24,8	113141,57
09.02	BGM	COLOCAÇÃO DE TABICA	M	7254,874	8,525	61847,80
10.	GRANITOS					131651,29
10.01	BGM	SOLEIRA EM GRANITO	M2	22,13	312,38	6912,97

10.02	BGM	ASSENTAMENTO DE SOLEIRA DE GRANITO E=2CM	M2	22,13	7	154,91
10.03	BGM	ASSENTAMENTO DE BANCADAS EM GRANITO	M2	135,09	70,31	9498,18
10.04	BGM	BANCADA EM GRANITO - MATERIAL	M2	135,09	312,38	42199,41
10.05	BGM	CHAPIM EM GRANITO	M2	211,3	312,38	66005,89
10.06	BGM	ASSENTAMENTO DE CHAPIM EM GRANITO	M2	211,3	32,56	6879,93
11.	PINTURA INTERNA					193502,76
11.01	BGM	TEXTURA ACRÍLICA CORES	M2	5.267,74	8,5	44775,82
11.02	BGM	PINTURA ACRÍLICA	M2	8.108,79	12,685	102860,02
11.03	BGM	PINTURA PVA LATEX	M2	49,74	12,27	610,30
11.04	BGM	PINTURA PVA LATEX SOBRE FORRO DE GESSO	M2	4.562,16	9,92	45256,63
12.	FACHADA					527831,74
12.01	BGM	TAMP. ALV., PICOTAM. ESTRUT., ENCUNH, LIMPEZA BASE	M2	2003,75	3,62	7253,58
12.02	BGM	EMESTRAMENTO	M2	2003,75	3,33	6676,50
12.03	BGM	CHAPISCO EXTERNO	M2	2003,75	2,60	5209,76
12.04	BGM	EMBOÇO EXTERNO	M2	1693,49	13,97	23658,11
12.05	BGM	REBOCO EXTERNO	M2	310,26	16,07	4984,45
12.06	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 7,5X7,5CM (PISO+PAREDE)	M2	1598,04	17,31	27668,43
12.07	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5CM - BRANCA	M2	1160,65	30,00	34819,58
12.08	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5CM - MARROM	M2	437,39	30,00	13121,57
12.09	BGM	TEXTURA ACRÍLICA CORES	M2	314,11	8,50	2669,96
12.10	BGM	REJUNTAMENTO C/ ARG. PRÉ-FABRICADA, JUNTA ENTRE 2MM E 6MM (EXTERNO)	M2	1598,04	2,84	4530,99
12.11	BGM	FORMICA TS EXTERIOR PADRÃO AMADEIRADO	M2	882,75	450,00	397238,81

APÊNDICE D – Quantitativos pelo Autodesk Revit do Experimento “B”

ITEM	COD	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID	QTDE.	RS UNI	RS TOTAL
01.	FUNDAÇÃO/SAPATA					89982,99
01.01	BGM	EQUIPE DE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO CONCRETO - BS	M3	188,24	28,65	5393,08
01.02	BGM	CONCRETO 35 MPA USINADO - BS	M3	188,24	301,2	56697,89
01.03	BGM	EQUIPE DE FORMA E DESFORMA – BS	M2	455,38	18,82	8570,25
01.04	BGM	FÔRMAS (CONSIDERANDO APROVEITAMENTO DE FORMA 5 VEZES) - BS	M2	455,38	42,43	19321,77
02.	ESTRUTURA					1161356,27
02.01	BGM	EQUIPE DE FORMA E DESFORMA	M2	2.286,43	18,82	43.030,58
02.02	BGM	FÔRMAS (CONSIDERANDO APROVEITAMENTO DE FORMA 5 VEZES)	M2	1.348,31	42,43	57.208,73
02.03	BGM	FÔRMAS - LAJES NERVURADAS	M2	938,12	149,95	140.671,09
02.04	BGM	EQUIPE DE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO CONCRETO	M3	1.889,52	28,65	54.134,75
02.05	BGM	CONCRETO 35 MPA USINADO	M3	1.889,52	301,20	569.123,42
02.06	BGM	LAJE MACIÇA C/ FERRAGEM - 7CM	M2	803,21	370,00	297.187,70
03.	ALVENARIA					152500,89
03.01	BGM	ALVENARIA DE TIJOLO CER 20X20 E=20	M2	1.225,04	34,22	41920,87
03.02	BGM	ALV DE TIJOLO CER 20X20 E=14	M2	5.035,52	21,96	110580,02
04.	REBOCO E EMBOÇO INTERNO					58184,89
04.01	BGM	CHAPISCO INTERNO	M2	6.744,92	2,00	13473,65
04.02	BGM	REBOCO INTERNO	M2	2.155,81	7,36	15866,76
04.03	BGM	EMBOÇO INTERNO	M2	4.506,95	6,40	28844,48
05.	PISO INTERNO					407254,13
05.01	BGM	PAINEL EM FREIJÓ COM ACABAMENTO EM VERNIZ PU FOSCOC/ BITES 1X1CM DE ESPAÇAMENTO	M2	5,72	200,00	1144,00
05.02	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 30X30CM (PISO+PAREDE)	M2	2249,75	7,62	17143,08
05.03	BGM	CERÂMICA PEI 5 - 30X30CM	M2	1592,43	16,96	27007,61
05.04	BGM	CERÂMICA PEI 5 VERMELHA - 30X30CM	M2	632,60	16,96	10728,90
05.05	BGM	REJUNTAMENTO CERÂMICO INTERNO E=5MM	M2	2279,80	1,09	2484,98
05.06	BGM	ASSENTAMENTO DE MÁRMORE	M2	53,28	26,38	1405,53
05.07	BGM	MÁRMORE BRANCO NACIONAL FUNDO CLARO - 1X1M	M2	53,28	350,00	18648,00
05.08	BGM	REJUNTAMENTO DE MÁRMORE	M2	53,28	1,49	79,17
05.09	BGM	ASSENTAMENTO PORCELANATO (PISO+PAREDE)	M2	4324,13	9,44	40819,79
05.10	BGM	PORCELANATO RUSTICO 45X45	M2	471,31	45,00	21208,95
05.11	BGM	REJUNTAMENTO P/ PORCELANATO E=2MM	M2	4324,13	0,91	3934,96
05.12	BGM	PORCELANATO ACETINADO 60X60	M2	3479,17	50,00	173958,50
05.13	BGM	PISO PRONTO EM RÉGUAS DE CUMARU	M2	55,32	350,00	19362,00
05.14	BGM	PORCELANATO PORTINARI COLEÇÃO CROMA(BRANCO)- 60X60	M2	5,45	55,00	299,75
05.15	BGM	ASSENTAMENTO DE LIMESTONE	M2	175,37	18,87	3309,23

05.16	BGM	REJUNTAMENTO DE LIMESTONE	M2	175,37	1,67	292,87
05.17	BGM	LIMESTONE CREMA CATALUNIA LEVIGADO 60X60	M2	175,37	277,20	48612,56
05.18	BGM	PORCELANATO ACETINADO 45X45	M2	373,65	45,00	16814,25
06.	DIVISÓRIAS INTERNAS					145392,20
06.01	BGM	ALVENARIA DE BLOCO DE GESSO	M2	3.519,54	41,31	145392,20
07.	REVESTIMENTO DE GESSO					93024,56
07.01	BGM	REVESTIMENTO DE PAREDE INTERNA COM GESSO E=20MM	M2	5.298,36	17,56	93024,56
08.	REVESTIMENTO INTERNO					374466,81
08.01	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 30X30CM (PISO+PAREDE)	M2	159,37	7,62	1214,40
08.02	BGM	CERÂMICA PEI 4 - 30X30CM	M2	159,37	16,96	2702,92
08.03	BGM	REJUNTAMENTO CERÂMICO INTERNO E=5MM	M2	3.030,93	1,09	3303,71
08.04	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 45X45CM (PISO+PAREDE)	M2	77,34	7,62	589,33
08.05	BGM	CERÂMICA PEI 4 - 45X45CM	M2	77,34	25,50	1972,17
08.06	BGM	ESPELHO PRATA 4MM APLICADO SOBRE COMPENSADO DE 10MM	M2	17,95	200,00	3590,00
08.07	BGM	PAINEL EM COMPENSADO NAVAL 20MM REVESTIDO EM CAPEADO DE MADEIRA FREIJÓ TIPO EXPORTAÇÃO	M2	61,33	200,00	12266,00
08.08	BGM	ASSENTAMENTO DE MÁRMORE	M2	15,57	26,38	410,74
08.09	BGM	MÁRMORE BRANCO NACIONAL FUNDO CLARO - 1X1M	M2	15,57	350,00	5449,50
08.10	BGM	REJUNTAMENTO DE MÁRMORE	M2	15,57	1,49	23,14
08.11	BGM	MDF GOFRATO BRANCO	M2	8,32	120,00	998,40
08.12	BGM	ASSENTAMENTO DE LIMESTONE	M2	29,14	18,87	549,87
08.13	BGM	LIMESTONE CREMA CATALUNIA 60X60	M2	29,14	277,20	8077,61
08.14	BGM	REJUNTAMENTO DE LIMESTONE	M2	29,14	1,67	48,66
08.15	BGM	ASSENTAMENTO GRANITO	M2	22,05	17,59	387,86
08.16	BGM	GRANITO CINZA APICOADO(MODULAÇÃO C/ BITES DE 1X1CM)	M2	22,05	450,00	9922,50
08.17	BGM	REJUNTAMENTO DE GRANITO	M2	22,05	1,00	22,05
08.18	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 7,5X7,5CM (PISO+PAREDE)	M2	2.794,22	15,74	43981,02
08.19	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5CM BRANCA	M2	1.209,53	30,00	36285,90
08.20	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5 MARROM	M2	1.584,69	30,00	47540,70
08.21	BGM	ASSENTAMENTO PORCELANATO (PISO+PAREDE)	M2	3.070,50	9,44	28985,52
08.22	BGM	REJUNTAMENTO P/ PORCELANATO E=2MM	M2	3.070,50	0,91	2794,16
08.23	BGM	PORCELANATO POLIDO 60X60	M2	987,00	50,00	49350,00
08.24	BGM	PORCELANATO ACETINADO 45X45	M2	2061,32	45,00	92759,40
08.25	BGM	PASTILHA 5X5CM COR AZUL - MATERIAL	M2	98,48	44,96	4427,66
08.26	BGM	ASSENTAMENTO DE PASTILHA 5X5CM	M2	98,48	58,44	5755,17
08.27	BGM	APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO TIPO FULGET	M2	33,45	94,62	3165,04
08.28	BGM	PAINEL PROFILIT 262X60MM	M2	12,75	400,00	5100,00
08.29	BGM	PASTILHA 2X2CM BRANCO	M2	14,00	53,95	755,33

08.30	BGM	ASSENTAMENTO DE PASTILHA 2X2CM	M2	14,00	58,44	818,16
08.31	BGM	PORCELANATO PORTINARI COLEÇÃO CROMA(BRANCO)- 60X60	M2	22,18	55,00	1219,90
09.	FORRO DE GESSO					171582,46
09.01	BGM	FORRO DE GESSO	M2	4.471,48	24,80	110892,70
09.02	BGM	COLOCAÇÃO DE TABICA	M	7.119,03	8,53	60689,75
10.	GRANITOS					125962,93
10.01	BGM	SOLEIRA EM GRANITO	M2	20,95	312,38	6.544,36
10.02	BGM	ASSENTAMENTO DE SOLEIRA DE GRANITO E=2CM	M2	20,95	7,00	146,65
10.03	BGM	ASSENTAMENTO DE BANCADAS EM GRANITO	M2	134,74	70,31	9.473,57
10.04	BGM	BANCADA EM GRANITO - MATERIAL	M2	134,74	312,38	42.090,08
10.05	BGM	CHAPIM EM GRANITO	M2	196,29	312,38	61.317,07
10.06	BGM	ASSENTAMENTO DE CHAPIM EM GRANITO	M2	196,29	32,56	6.391,20
11.	PINTURA INTERNA					183655,11
11.01	BGM	TEXTURA ACRÍLICA CORES	M2	4465,03	8,50	37952,76
11.02	BGM	PINTURA ACRÍLICA	M2	7945,60	12,69	100789,94
11.03	BGM	PINTURA PVA LATEX	M2	45,26	12,27	555,34
11.04	BGM	PINTURA PVA LATEX SOBRE FORRO DE GESSO	M2	4471,48	9,92	44357,08
12.	FACHADA					495737,71
12.01	BGM	TAMP. ALV., PICOTAM. ESTRUT., ENCUNH, LIMPEZA BASE	M2	1877,84	3,62	6797,78
12.02	BGM	EMESTRAMENTO	M2	1877,84	3,33	6256,96
12.03	BGM	CHAPISCO EXTERNO	M2	1877,84	2,60	4882,38
12.04	BGM	EMBOÇO EXTERNO	M2	1595,41	13,97	22287,88
12.05	BGM	REBOCO EXTERNO	M2	282,43	16,07	4537,38
12.06	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 7,5X7,5CM (PISO+PAREDE)	M2	1417,88	17,31	24549,17
12.07	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5CM - BRANCA	M2	1029,26	30,00	30877,80
12.08	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5CM - MARROM	M2	388,62	30,00	11658,60
12.09	BGM	TEXTURA ACRÍLICA CORES	M2	282,42	8,50	2400,57
12.10	BGM	REJUNTAMENTO C/ ARG. PRÉ-FABRICADA, JUNTA ENTRE 2MM E 6MM (EXTERNO)	M2	1417,88	2,84	4020,18
12.11	BGM	FORMICA TS EXTERIOR PADRÃO AMADEIRADO	M2	838,82	450,00	377469,00

APÊNDICE E – Diferença percentual de quantitativos do Experimento “A”

ITEM	COD	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND	QTDE. MANUAL	QTDE. BIM	D (%)
01.	FUNDAÇÃO					
01.01	C0054	Alvenaria de pedra tosca e argamassa de cimento e areia grossa e arisco no traço 1:2:8	M3	13,66	13,35	2,26%
01.02	C0055	Baldrame em alvenaria de tijolos cerâmicos comuns	M3	2,28	2,36	-3,67%
01.03	C1462	Impermeabilização de alvenaria de embasamento no respaldo c/argamassa cimento e areia s/ peneiramento, traço 1:3, esp.=2cm c/ aditivo impermeabilizante	M2	45,53	44,55	2,15%
01.04	C0089	Cinta corrida de impermeabilização, executado em concreto sem armadura	M3	0,57	0,57	-0,16%
02.	ESTRUTURA					
02.01	C0843	Concreto estrutural virado em obra, controle tipo "A", consistência para vibração, brita 1, fck=25 Mpa	M3	8,09	-	-
02.02	C1399	Forma com chapa compensada plastificada e=12mm, reaproveitamento 5 x	M2	97,08	-	-
02.03	C1604	Lancamento e aplicacao de concreto em fundacao.	M3	8,09	-	-
02.04	C4151	Armadura CA50/CA60	KG	671,50	-	-
03.	PAREDES E PAINÉIS					
03.01	C0073	Alvenaria de tijolo cerâmico furado (9x19x19)cm c/argamassa mista de cal hidratada esp.=10cm (1:2:8)	M2	180,36	166,689	7,58%
03.02	C0076	Alvenaria de tijolo comum c/argamassa mista de cal hidratada 1:2:8 esp=10 cm	M2	20,04	18,521	7,58%
03.03	C2666	Verga reta de concreto armado	M3	0,28	0,28	0,71%
04.	PAVIMENTAÇÃO					
04.01	C1609	Lastro de concreto incluindo preparo e lançamento	M3	7,73	6,69	13,49%
04.02	C3002	Porcelanato polido c/ arg. pré-fabricada - p/ piso	M2	49,94	47,32	5,25%
04.03	C2996	Cerâmica esmaltada c/ arg. pré-fabricada até 30x30 cm (900 cm ²) - pei-5/pei-4 - p/ piso	M2	17,48	15,049	13,91%
04.04	C2181	Regularização de base c/ argamassa cimento e areia s/ peneirar, traço 1:3 - esp= 3cm	M2	67,42	66,96	0,68%
04.05	C1120	Rejuntamento c/ arg. pré-fabricada, junta até 2mm em cerâmica, até 30x30 cm (900 cm ²) (parede/piso)	M2	17,48	17,38	0,57%
04.06	C1123	Rejuntamento c/ arg. pré-fabricada, junta até 2mm em cerâmica, acima de 30x30 cm (900 cm ²) e porcelanatos (parede/piso)	M2	49,94	49,58	0,72%
05.	REVESTIMENTO					
05.01	C0776	Chapisco c/ argamassa de cimento e areia s/peneirar traço 1:3 esp.= 5mm p/ parede	M2	391,59	357,666	8,66%
05.02	C1213	Reboco paulista argamassa 1:2:9 (cimento, cal e areia)	M2	339,87	311,368	8,39%
05.03	C3120	Emboço traço 1:6 (cimento e areia)	M2	51,72	46,168	10,73%
05.04	C4443	Cerâmica esmaltada c/ arg. pré-fabricada até 30x30cm (900cm ²) - pei-5/pei-4 - p/ parede	M2	47,88	42,528	11,18%
05.05	C1120	Rejuntamento c/ arg. pré-fabricada, junta até 2mm em cerâmica, até 30x30 cm (900 cm ²) (parede/piso)	M2	51,72	46,168	10,73%
05.06	C4128	Tijolinho aparente 6,50x18cm c/ argamassa de cimento e areia 1:3	M2	3,83	3,64	5,06%
06.	FORRO					
06.01	C0778	Chapisco c/ argamassa de cimento e areia s/peneirar traço 1:3 esp.= 5mm p/ teto	M2	67,42	66,7	1,07%
06.02	C3035	Reboco c/ argamassa de cimento e areia s/ peneirar traço 1:6, esp=20 mm p/ teto	M2	64,87	66,75	-2,90%
06.03	C3970	Forro de gesso convencional (60x60)cm com tiro e arame galvanizado encapado - fornecimento e montagem	M2	2,55	2,49	2,35%
07.	PINTURA					
07.01	C1615	Pintura latex pva, duas demãos, cor branco neve, acabamento fosco	M2	67,42	66,75	0,99%
07.02	C4167	Latex acrílico três demãos em paredes internas s/ massa	M2	148,28	131,258	11,48%
07.03	C1208	Emassamento duas demãos, com massa pva	M2	215,70	198,008	8,20%
07.04	C2461	Textura acrílica em paredes externas	M2	191,60	180,1	6,00%

APÊNDICE F – Diferença percentual de quantitativos do Experimento “B”

ITEM	COD	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID	QTDE. MANUAL	QTDE. BIM	D(%)
01.	FUNDAÇÃO/SAPATA					
01.01	BGM	EQUIPE DE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO CONCRETO - BS	M3	188,43	188,24	0,10%
01.02	BGM	CONCRETO 35 MPA USINADO - BS	M3	188,43	188,24	0,10%
01.03	BGM	EQUIPE DE FORMA E DESFORMA - BS	M2	459,34	455,38	0,86%
01.04	BGM	FÔRMAS (CONSIDERANDO APROVEITAMENTO DE FORMA 5 VEZES) - BS	M2	459,34	455,38	0,86%
02.	ESTRUTURA					
02.01	BGM	EQUIPE DE FORMA E DESFORMA	M2	2380,34	2.286,43	3,95%
02.02	BGM	FÔRMAS (CONSIDERANDO APROVEITAMENTO DE FORMA 5 VEZES)	M2	1427,84	1.348,31	5,57%
02.03	BGM	FÔRMAS - LAJES NERVURADAS	M2	952,50	938,12	1,51%
02.04	BGM	EQUIPE DE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO CONCRETO	M3	1958,77	1.889,52	3,54%
02.05	BGM	CONCRETO 35 MPA USINADO	M3	1958,77	1.889,52	3,54%
02.06	BGM	LAJE MACIÇA C/ FERRAGEM - 7CM	M2	806,8015046	803,21	0,45%
03.	ALVENARIA					
03.01	BGM	ALVENARIA DE TIJOLO CER 20X20 E=20	M2	1578,08	1.225,04	22,37%
03.02	BGM	ALV DE TIJOLO CER 20X20 E=14	M2	6101,43	5.035,52	17,47%
04.	REBOCO E EMBOÇO INTERNO					
04.01	BGM	CHAPISCO INTERNO	M2	8.281,37	6.744,92	18,55%
04.02	BGM	REBOCO INTERNO	M2	3.254,91	2.155,81	33,77%
04.03	BGM	EMBOÇO INTERNO	M2	6026,46	4.506,95	25,21%
05.	PISO INTERNO					
05.01	BGM	PAINEL EM FREIJÓ COM ACABAMENTO EM VERNIZ PU FOSCOC/ BITES 1X1CM DE ESPAÇAMENTO	M2	5,97	5,72	4,19%
05.02	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 30X30CM (PISO+PAREDE)	M2	2.340,71	2249,75	3,89%
05.03	BGM	CERÂMICA PEI 5 - 30X30CM	M2	1666,34	1592,43	4,44%
05.04	BGM	CERÂMICA PEI 5 VERMELHA - 30X30CM	M2	674,37	632,60	6,19%
05.05	BGM	REJUNTAMENTO CERÂMICO INTERNO E=5MM	M2	2.340,71	2279,80	2,60%
05.06	BGM	ASSENTAMENTO DE MÁRMORE	M2	54,44	53,28	2,13%
05.07	BGM	MÁRMORE BRANCO NACIONAL FUNDO CLARO - 1X1M	M2	54,44	53,28	2,13%
05.08	BGM	REJUNTAMENTO DE MÁRMORE	M2	54,44	53,28	2,13%
05.09	BGM	ASSENTAMENTO PORCELANATO (PISO+PAREDE)	M2	4.602,94	4324,13	6,06%
05.10	BGM	PORCELANATO RUSTICO 45X45	M2	498,77	471,31	5,51%
05.11	BGM	REJUNTAMENTO P/ PORCELANATO E=2MM	M2	4.602,94	4324,13	6,06%
05.12	BGM	PORCELANATO ACETINADO 60X60	M2	3686,816	3479,17	5,63%
05.13	BGM	PISO PRONTO EM RÉGUAS DE CUMARU	M2	62,30	55,32	11,20%
05.14	BGM	PORCELANATO PORTINARI COLEÇÃO CROMA(BRANCO)- 60X60	M2	5,92	5,45	7,94%
05.15	BGM	ASSENTAMENTO DE LIMESTONE	M2	203,05	175,37	13,63%

05.16	BGM	REJUNTAMENTO DE LIMESTONE	M2	203,05	175,37	13,63%
05.17	BGM	LIMESTONE CREMA CATALUNIA LEVIGADO 60X60	M2	203,05	175,37	13,63%
05.18	BGM	PORCELANATO ACETINADO 45X45	M2	417,35	373,65	10,47%
06.	DIVISÓRIAS INTERNAS					
06.01	BGM	ALVENARIA DE BLOCO DE GESSO	M2	4402,06365	3.519,54	20,05%
07.	REVESTIMENTO DE GESSO					
07.01	BGM	REVESTIMENTO DE PAREDE INTERNA COM GESSO E=20MM	M2	6209,7141	5.298,36	14,68%
08.	REVESTIMENTO INTERNO					
08.01	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 30X30CM (PISO+PAREDE)	M2	180,99	159,37	11,94%
08.02	BGM	CERÂMICA PEI 4 - 30X30CM	M2	180,99	159,37	11,94%
08.03	BGM	REJUNTAMENTO CERÂMICO INTERNO E=5MM	M2	3.740,75	3.030,93	18,98%
08.04	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 45X45CM (PISO+PAREDE)	M2	80,50	77,34	3,93%
08.05	BGM	CERÂMICA PEI 4 - 45X45CM	M2	80,50	77,34	3,93%
08.06	BGM	ESPELHO PRATA 4MM APLICADO SOBRE COMPENSADO DE 10MM	M2	18,14	17,95	1,03%
08.07	BGM	PAINEL EM COMPENSADO NAVAL 20MM REVESTIDO EM CAPEADO DE MADEIRA FREIJÓ TIPO EXPORTAÇÃO	M2	66,27	61,33	7,46%
08.08	BGM	ASSENTAMENTO DE MÁRMORE	M2	20,10	15,57	22,54%
08.09	BGM	MÁRMORE BRANCO NACIONAL FUNDO CLARO - 1X1M	M2	20,10	15,57	22,54%
08.10	BGM	REJUNTAMENTO DE MÁRMORE	M2	20,10	15,57	22,54%
08.11	BGM	MDF GOFRATO BRANCO	M2	10,55	8,32	21,14%
08.12	BGM	ASSENTAMENTO DE LIMESTONE	M2	30,60	29,14	4,76%
08.13	BGM	LIMESTONE CREMA CATALUNIA 60X60	M2	30,60	29,14	4,76%
08.14	BGM	REJUNTAMENTO DE LIMESTONE	M2	30,60	29,14	4,76%
08.15	BGM	ASSENTAMENTO GRANITO	M2	22,53	22,05	2,13%
08.16	BGM	GRANITO CINZA APICOADO(MODULAÇÃO C/ BITES DE 1X1CM)	M2	22,53	22,05	2,13%
08.17	BGM	REJUNTAMENTO DE GRANITO	M2	22,53	22,05	2,13%
08.18	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 7,5X7,5CM (PISO+PAREDE)	M2	3479,26	2.794,22	19,69%
08.19	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5CM BRANCA	M2	1352,03	1.209,53	10,54%
08.20	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5 MARROM	M2	2127,24	1.584,69	25,50%
08.21	BGM	ASSENTAMENTO PORCELANATO (PISO+PAREDE)	M2	3.437,08	3.070,50	10,67%
08.22	BGM	REJUNTAMENTO P/ PORCELANATO E=2MM	M2	3.437,08	3.070,50	10,67%
08.23	BGM	PORCELANATO POLIDO 60X60	M2	1212,74	987,00	18,61%
08.24	BGM	PORCELANATO ACETINADO 45X45	M2	2198,59	2061,32	6,24%
08.25	BGM	PASTILHA 5X5CM COR AZUL - MATERIAL	M2	111,44	98,48	11,63%
08.26	BGM	ASSENTAMENTO DE PASTILHA 5X5CM	M2	111,44	98,48	11,63%
08.27	BGM	APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO TIPO FULGET	M2	35,42	33,45	5,56%
08.28	BGM	PAINEL PROFILIT 262X60MM	M2	13,18	12,75	3,23%
08.29	BGM	PASTILHA 2X2CM BRANCO	M2	17,96	14,00	22,05%
08.30	BGM	ASSENTAMENTO DE PASTILHA 2X2CM	M2	17,96	14,00	22,05%

08.31	BGM	PORCELANATO PORTINARI COLEÇÃO CROMA(BRANCO)- 60X60	M2	25,75	22,18	13,86%
09.	FORRO DE GESSO					
09.01	BGM	FORRO DE GESSO	M2	4562,16	4.471,48	1,99%
09.02	BGM	COLOCAÇÃO DE TABICA	M	7254,874	7.119,03	1,87%
10.	GRANITOS					
10.01	BGM	SOLEIRA EM GRANITO	M2	22,13	20,95	5,33%
10.02	BGM	ASSENTAMENTO DE SOLEIRA DE GRANITO E=2CM	M2	22,13	20,95	5,33%
10.03	BGM	ASSENTAMENTO DE BANCADAS EM GRANITO	M2	135,09	134,74	0,26%
10.04	BGM	BANCADA EM GRANITO - MATERIAL	M2	135,09	134,74	0,26%
10.05	BGM	CHAPIM EM GRANITO	M2	211,3	196,29	7,10%
10.06	BGM	ASSENTAMENTO DE CHAPIM EM GRANITO	M2	211,3	196,29	7,10%
11.	PINTURA INTERNA					
11.01	BGM	TEXTURA ACRÍLICA CORES	M2	5.267,74	4465,03	15,24%
11.02	BGM	PINTURA ACRÍLICA	M2	8.108,79	7945,60	2,01%
11.03	BGM	PINTURA PVA LATEX	M2	49,74	45,26	9,00%
11.04	BGM	PINTURA PVA LATEX SOBRE FORRO DE GESSO	M2	4.562,16	4471,48	1,99%
12.	FACHADA					
12.01	BGM	TAMP. ALV., PICOTAM. ESTRUT., ENCUNH, LIMPEZA BASE	M2	2003,75	1877,84	6,28%
12.02	BGM	EMESTRAMENTO	M2	2003,75	1877,84	6,28%
12.03	BGM	CHAPISCO EXTERNO	M2	2003,75	1877,84	6,28%
12.04	BGM	EMBOÇO EXTERNO	M2	1693,49	1595,41	5,79%
12.05	BGM	REBOCO EXTERNO	M2	310,26	282,43	8,97%
12.06	BGM	ASSENTAMENTO CERAMICA 7,5X7,5CM (PISO+PAREDE)	M2	1598,04	1417,88	11,27%
12.07	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5CM - BRANCA	M2	1160,65	1029,26	11,32%
12.08	BGM	CERÂMICA 7,5X7,5CM - MARROM	M2	437,39	388,62	11,15%
12.09	BGM	TEXTURA ACRÍLICA CORES	M2	314,11	282,42	10,09%
12.10	BGM	REJUNTAMENTO C/ ARG. PRÉ-FABRICADA, JUNTA ENTRE 2MM E 6MM (EXTERNO)	M2	1598,04	1417,88	11,27%
12.11	BGM	FORMICA TS EXTERIOR PADRÃO AMADEIRADO	M2	882,75	838,82	4,98%