

Leticia Mattana

**CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DE ORÇAMENTAÇÃO
COM USO DE BIM NO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof. Dr^a. Lisiane Ilha Librelotto

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Mattana, Leticia

Contribuição para o ensino de orçamentação com uso
de BIM no levantamento de quantitativos / Leticia
Mattana ; orientadora, Lisiane Ilha Librelotto,
2017.

279 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-
Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis,
2017.

Inclui referências.

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. BIM. 3.
Quantitativos. 4. Ensino. 5. Construção civil. I.
Librelotto, Lisiane Ilha. II. Universidade Federal
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Leticia Mattana

CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DE ORÇAMENTAÇÃO COM USO DE BIM NO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 14 de Setembro de 2017.

Prof. Renato T. Saboya, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Lisiane Ilha Librelotto, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Silvio Burrattino Melhado, Dr.
Universidade de São Paulo

Prof.^a Cristine do Nascimento Mutti, PhD.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Alice Theresinha Cybis Pereira, PhD.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos
meus pais, Jorge e Lenir.
Obrigada!

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todos que fizeram parte desta pesquisa de mestrado e colaboraram de alguma forma para esta conquista. Agradeço:

À minha família, especialmente meus pais, Lenir Baldo Mattana e Jorge Luiz Mattana, que nunca mediram esforços para apoiar as minhas decisões e que sempre me incentivaram a crescer como pessoa e como profissional, e ao Eduardo, pela paciência, compreensão e apoio ao longo desse período de pesquisa!

À minha orientadora, Lisiane Ilha Librelotto, pela orientação competente e segura deste trabalho, pela paciência, pelos conselhos, pelo aprendizado, pela contribuição e compartilhamento de informações, pelas correções e sugestões, pelas oportunidades de crescimento e desafios vivenciados com as tarefas do laboratório e pelo convívio ao longo destes dois anos de mestrado acadêmico. Obrigada por tudo, especialmente pela amizade!

À Universidade Federal de Santa Catarina, pelo ensino gratuito e de qualidade, e pela oportunidade de retornar aos estudos no curso de Pós-graduação e à CAPES pela bolsa de pesquisa.

Aos professores que fizeram parte das bancas de qualificação e de defesa deste trabalho, agradeço pelo tempo que dedicaram para as correções, aos conselhos e orientações para que esta pesquisa virasse realidade. Obrigada Prof.^a Alice T. Cybis Pereira, Prof.^a Cristine Mutti e Prof.^o Silvio B. Melhado!

Aos professores que eu tive a oportunidade de conviver em sala de aula ao longo do período do mestrado no Departamento de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFSC: Prof. Carlos Loch, Prof.^a Alice Theresinha Cybis Pereira, Prof. Humberto Ramos Roman, Prof. Fernando Barth, Prof.^a Margarita Barreto e minha orientadora, Prof.^a Lisiane Ilha Librelotto. Obrigada pelos conhecimentos, conselhos e experiências repassadas.

Aos funcionários do PósArq, em especial à Mariany Souza da secretaria, que sempre auxiliou e orientou sobre as questões administrativas relacionadas ao mestrado, ao José e ao Élcio do LabMicro, por ajudar a instalar os softwares que foram utilizados no estágio em docência nos computadores do laboratório da arquitetura.

Aos alunos de TEC IV do semestre 2016.1 e 2017.1, por participarem da experiência proposta no estágio em docência e por ajudarem a gerar os dados deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas do LaBIM, o Laboratório de BIM do Governo do Estado de Santa Catarina, em especial ao Eng^o Rafael Fernandes Teixeira da Silva, Bruna Campos, Gabriela de Bem Goeth, Maria Fernanda Antelo, Leandro Negoceki, Débora Bohrer, Arthur Stofella e Karoline Antunes, pelo companheirismo, pela parceria, pelos cursos e aprendizados relacionados ao BIM, pelas trocas de ideias, pelo crescimento, pelos desafios, pela ousadia, muito obrigada!

Aos meus amigos e colegas do Grupo de Pesquisa VirtuHab, em especial para a Luana Carbonari, pelo auxílio na correção deste trabalho e por todas as sugestões, e também aos meus colegas do PósArq, pela companhia e pela parceria!

A todos que em algum momento e de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho: Muito obrigada pela colaboração!

RESUMO

A construção civil tem passado por modificações nos processos de projeto e gestão de obras para todo o ciclo de vida das edificações, devido à introdução do BIM. O processo convencional 2D, linear e fragmentado, se transforma em um processo BIM colaborativo, multidisciplinar, simultâneo e parametrizado. A etapa de levantamento de quantitativos com base em projetos é de grande importância para o processo de projeto. Esta pesquisa apresenta experiências de ensino integrado com BIM, para alunos de graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Santa Catarina, na disciplina de Tecnologia das Edificações IV. O objetivo é o levantamento de quantidades BIM para fins de orçamentação. A metodologia utilizada foi dividida em 4 etapas, sendo três referentes à experiências realizadas em sala de aula e uma no mercado de trabalho. Na primeira etapa foi feita a modelagem de um projeto simples e extração de quantidades usando o Revit – BIM 3D, para posterior desenvolvimento do orçamento convencional usando software Franarin/Pléo. A segunda teve como propósito a extração de quantidades de um modelo BIM usando o ArchiCAD – BIM 3D, para posterior desenvolvimento de orçamento da obra convencional usando o Microsoft Excel. A terceira etapa contemplou o desenvolvimento de um orçamento completo a partir do modelo, com extração de quantidades diretamente de uma ferramenta BIM 5D chamada VICO Office. A quarta etapa da pesquisa teve o intuito de caracterizar o mercado de trabalho de Florianópolis quanto à implementação/adoção de BIM 5D. Os principais resultados demonstram que a qualidade do modelo BIM e a experiência do orçamentista são essenciais para garantia do sucesso do orçamento. Apesar das ferramentas BIM facilitarem o processo de orçamentação, elas precisam ser utilizadas com atenção, olhar crítico e entendimento, para garantia da precisão almejada dos quantitativos. Este conhecimento contribui para a prática educativa docente das disciplinas de orçamentação, através das aplicações em sala de aula, e para o processo de levantamentos de quantidades com diferentes ferramentas BIM.

Palavras-chave: Construção civil; BIM; Quantitativos; Ensino; Orçamento.

ABSTRACT

The civil construction industry is changing the design and construction management processes for the entire life cycle of buildings, which is happening because of BIM's adoption. This change is occurring from the linear and fragmented building's process to become a collaborative, multidisciplinary, simultaneous and parametrized process with BIM. The quantity takeoff is an important phase for a building's life cycle. This research presents experiences of integrated teaching with BIM. The investigation happened with undergraduate students in Architecture and Urbanism course, at Federal University of Santa Catarina. Furthermore, the discipline applied was Building Technology IV. The objective is to get quantities of BIM models for budgeting purposes. Additionally, the methodology used consists in the development of four stages: three experiments were carried out in the classroom and one in the job market of Florianópolis. In the first stage, a simple design was used to quantify elements using Revit - BIM 3D, for further development of the conventional budget using Franarin's Pléo software. The second stage aimed at extracting quantities from a BIM model using ArchiCAD - BIM 3D. Later, the budget estimating was developed using Microsoft Excel. On the other hand, the third stage involves the development of a complete budget from the model, with quantity takeoff directly from a BIM 5D tool called VICO Office. Finally, the fourth stage of this research was elaborated with the purpose of characterizing the job market of Florianópolis regarding the implementation/adoption of BIM 5D. The main results demonstrate that the quality of the BIM model and the budgeting experience are still essential to ensure budget estimating success. Although BIM tools facilitate the budgeting process, they should to be used with attention, critical evaluation and experience, to guarantee the precision of the quantities. Therefore, this knowledge contributes to the educational teaching practice of the management disciplines, through the applications in the classroom, and to the process of quantity takeoff with different BIM tools.

Keywords Civil Construction; BIM; Quantitative; Teaching; Budget.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 - <i>Heydar Aliyev Centre</i> : Empreendimento; obra na República do Azerbaijão; projeto BIM de autoria do escritório Zaha Hadid Architects | 30 |
| Figura 2 - <i>The Louis Vuitton Museum</i> : Empreendimento; projeto BIM de autoria do escritório Gehry Partners LLP; execução da obra em Paris | 30 |
| Figura 3 - <i>Ecole Normale Supérieure</i> : Projeto BIM em andamento de autoria do escritório de arquitetos Renzo Piano Building Workshop | 31 |
| Figura 4 - Construção civil no Brasil | 33 |
| Figura 5 - Definição de Construção Sustentável | 38 |
| Figura 6 - Esquema das etapas de pesquisa | 43 |
| Figura 7 - Atividades do orçamento e delimitação proposta nesta pesquisa | 45 |
| Figura 8 - Exemplo de composição de custos da TCPO para o serviço de portas de alumínio | 68 |
| Figura 9 - Exemplo de composição de custos do SINAPI para o serviço de instalação de portas metálicas | 68 |
| Figura 10 - Caderno de Projeto da Caixa | 86 |
| Figura 11 - Planta Baixa Arquitetônica..... | 87 |
| Figura 12 - Modelo arquitetônico do protótipo desenvolvido no Revit 2015 em sala de aula..... | 89 |
| Figura 13 - Modelo estrutural do CRAS..... | 91 |
| Figura 14 - Modelo arquitetônico do CRAS – Software ArchiCAD 20..... | 91 |
| Figura 15 - Método com definição das etapas da pesquisa | 95 |
| Figura 16 - Esquema da modelagem do Caso 1 no Revit..... | 98 |
| Figura 17 - LabMicro da Arquitetura/UFSC | 114 |
| Figura 18 - LabMicro - Arquitetura/UFSC | 115 |
| Figura 19 - Modelo arquitetônico da casa desenvolvido no Revit | 117 |
| Figura 20 - Modelo hidrossanitário desenvolvido no ArchiCAD..... | 123 |
| Figura 21 - Modelo elétrico desenvolvido no Revit..... | 124 |
| Figura 22 - Compatibilização entre as 3 disciplinas na etapa 1..... | 124 |
| Figura 23 - Definição de Objetos - Sapatas | 133 |
| Figura 24 - Regras condicionais do ArchiCAD | 140 |
| Figura 25 - VICO instalado no Labmicro da Arquitetura/UFSC | 155 |
| Figura 26 - Destaques nas laterais das sapatas..... | 162 |
| Figura 27 - Destaque nas pirâmides das sapatas | 162 |

| | |
|--|-----|
| Figura 28 - Destaque nas laterais de pilares | 163 |
| Figura 29 - Destaque pilares circulares | 164 |
| Figura 30 - Vigas Baldrame | 164 |
| Figura 31 - Lajes | 165 |
| Figura 32 - Paredes Externas | 166 |
| Figura 33 - Encunhamento das alvenarias | 167 |
| Figura 34 - Detalhe do encunhamento | 168 |
| Figura 35 - Vergas e Contravergas..... | 168 |
| Figura 36 - Portas..... | 169 |
| Figura 37 - Janelas..... | 170 |
| Figura 38 - Cobertura..... | 171 |
| Figura 39 - Calhas..... | 172 |
| Figura 40 - Impermeabilização de lajes..... | 172 |
| Figura 41 - Impermeabilização de marquises..... | 173 |
| Figura 42 - Revestimentos de teto..... | 173 |
| Figura 43 - Revestimentos de azulejos de paredes | 174 |
| Figura 44 - Quantidades de paredes externas | 175 |
| Figura 45 - Pintura esmalte em esquadria de ferro | 177 |
| Figura 46 - Contrapiso e regularização de piso..... | 177 |
| Figura 47 - Pisos podotáteis | 178 |
| Figura 48 - Peitoris de janelas | 179 |
| Figura 49 - Granitos da platibanda | 180 |
| Figura 50 - Soleiras de Portas | 180 |
| Figura 51 - Muros | 181 |
| Figura 52 - Bugs na ferramenta destaque das laterais das sapatas | 188 |
| Figura 53 - Bugs da ferramenta destaque – superfície da sapata | 189 |
| Figura 54 - Bugs da ferramenta destaque – área da pirâmide da sapata..... | 189 |
| Figura 55 - Estratégias para o ensino de BIM na disciplina de orçamentação..... | 194 |
| Figura 56 - Síntese das contribuições do BIM para o levantamento de quantidades | 203 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 - Benefícios do BIM..... | 37 |
| Quadro 2 - Sustentabilidade econômica..... | 39 |
| Quadro 3 - Definição de BIM..... | 48 |
| Quadro 4 - Definição de LODs..... | 53 |
| Quadro 5 - Relação entre LOD e Fases de Projeto..... | 54 |
| Quadro 6 - Classificação Omniclass..... | 57 |
| Quadro 7 - Exemplo de comparação da classificação BIM americana <i>Omniclass</i> e da adaptação para a Norma BIM do Brasil..... | 58 |
| Quadro 8 - Softwares BIM e a contribuição direta para a orçamentação..... | 59 |
| Quadro 9 - Elaboração do memorial por etapa de projeto..... | 65 |
| Quadro 10 - Exemplo de EAP parcial para a construção de uma residência..... | 66 |
| Quadro 11 - Classificação da pesquisa..... | 84 |
| Quadro 12 - Outras conceituações sobre método..... | 93 |
| Quadro 13 - Metodologia da Pesquisa..... | 107 |
| Quadro 14 - Modelo arquitetônico da casa desenvolvido no Revit..... | 118 |
| Quadro 15 - Exemplo para comparação dos resultados da turma..... | 121 |
| Quadro 16 - Extrato parcial da análise para paredes e revestimentos..... | 128 |
| Quadro 17 – Caracterização das empresas entrevistadas..... | 195 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1- Comparação entre experimentos..... | 71 |
| Tabela 2 - Margens de erros e tipos de orçamentos | 74 |
| Tabela 3 - Irregularidades apontadas pelo TCU na auditoria de obras públicas | 74 |
| Tabela 4 - Compatibilização entre as 3 disciplinas | 125 |
| Tabela 5 - Percentuais de quantitativos obtidos por tipo de serviço | 185 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA – *The American Institute of Architects*
BIM - *Building Information Modelling*
CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil
CRAS - Centro de Referência para Assistência Social
CUB – Custo Unitário Básico
EAP - Estrutura Analítica de Projeto
IAI – *International Alliance of Interoperability*
IFC - *Industry foundation classes*
ISO - *International Standard Organization*
LaBIM – Laboratório de BIM do Governo do Estado de Santa Catarina
LOD - *Level of development*
MEP - *Mechanical, Electrical and Plumbing*
NBIMS - *National BIM Standards*
OCCS - *OmniClass Construction Classification System*
PIB - Produto Interno Bruto
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCPO - Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos
TEC IV – Tecnologia das Edificações IV
WBS – *Work Breakdown Structure*

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 29 |
| 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E TEMA DA PESQUISA | 29 |
| 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA | 33 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO | 35 |
| 1.4 OBJETIVOS | 41 |
| 1.4.1 Objetivo Geral | 41 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 41 |
| 1.5 METODOLOGIA DA PESQUISA | 41 |
| 1.5.1 Classificação da Pesquisa | 42 |
| 1.5.2 Casos escolhidos para investigação | 44 |
| 1.6 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA | 44 |
| 1.7 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO | 46 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 47 |
| 2.1 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO 47 | |
| 2.1.1 Definições sobre BIM | 47 |
| 2.1.2 A importância da informação: o “i” do BIM | 49 |
| 2.1.3 A interoperabilidade BIM | 49 |
| 2.1.4 Nível de Desenvolvimento e Nível de Detalhamento do modelo BIM | 51 |
| 2.1.5 <i>nD Modelling</i> | 54 |
| 2.1.6 Sistemas de Classificação da Informação | 56 |
| 2.1.7 Qualidade do Modelo BIM | 58 |
| 2.1.8 Variedade de softwares BIM | 59 |
| 2.2 CONTROLE DE CUSTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL .61 | |
| 2.2.1 Planejamento e Controle de Obras | 61 |
| 2.2.2 A orçamentação | 62 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 2.2.2.1 | Memorial descritivo da obra | 63 |
| 2.2.2.2 | Discriminação orçamentária..... | 64 |
| 2.2.2.3 | Composições de custos..... | 66 |
| 2.2.2.4 | Levantamento de quantidades | 69 |
| 2.2.2.5 | Níveis de detalhamento do orçamento..... | 72 |
| 2.2.3 | Orçamento de obras públicas..... | 74 |
| 2.2.4 | Modelagem 5D | 76 |
| 2.3 | O ENSINO DE BIM NAS ESCOLAS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA..... | 77 |
| 3. | MÉTODOS E MATERIAIS | 83 |
| 3.1 | CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA..... | 83 |
| 3.2 | CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS E DA DISCIPLINA | 86 |
| 3.3 | MÉTODOS E METODOLOGIAS | 93 |
| 3.4 | MATERIAIS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS..... | 109 |
| 4 | RESULTADOS DA ETAPA 1 - ESTUDO DE CASO 1 | 117 |
| 4.1 | EXPERIMENTO A..... | 117 |
| 4.1.1 | Caracterização do estudo | 117 |
| 4.1.2 | Modelagem do projeto arquitetônico com os alunos | 117 |
| 4.1.3 | Revisão do projeto com os alunos | 118 |
| 4.1.4 | Elaboração da discriminação orçamentária | 119 |
| 4.1.5 | Critérios de medição e seleção das composições de custos | 119 |
| 4.1.6 | Uso de software para orçamentação na disciplina | 120 |
| 4.1.7 | Obtenção dos resultados | 120 |
| 4.1.8 | Percepção sobre o entendimento dos alunos | 121 |
| 4.1.9 | Análise dos resultados da turma | 122 |

| | |
|--|------------|
| 4.2 EXPERIMENTO B..... | 122 |
| 4.2.1 Geração de arquivo IFC do modelo arquitetônico | 122 |
| 4.2.2 Modelagem do projeto hidrossanitário e elétrico | 122 |
| 4.2.3 Geração de IFCs para o elétrico e o hidrossanitário..... | 123 |
| 4.2.4 Compatibilização dos projetos | 124 |
| 4.2.5 Análise das interferências e correção dos conflitos..... | 125 |
| 4.2.6 Aprovação dos projetos compatibilizados..... | 125 |
| 4.2.7 Quantidades extraídas do software mestre: Revit e ArchiCAD..... | 126 |
| 4.2.8 Organização dos resultados para análise | 126 |
| 4.2.9 Análise dos resultados | 126 |
| 4.2.10 Análise dos questionários..... | 129 |
| 5 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO 2: CRAS | 131 |
| 5.1 CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS SOBRE O MODELO DO CRAS | 131 |
| 5.1.1 Classificação da informação adotada na pesquisa: nomenclaturas | 131 |
| 5.1.2 Compatibilização do projeto: análise das interferências existentes | 133 |
| 5.1.3 Qualidade da modelagem: construção do modelo e informações inseridas no modelo..... | 133 |
| 5.1.4 Etapas de projeto associadas ao LOD..... | 134 |

| | |
|--|------------|
| 5.2 ETAPA 2 – EXTRAÇÃO DE QUANTIDADES CASO 2 PELO ARCHICAD..... | 135 |
| 5.2.1 Desenvolvimento do Caso 2 - ArchiCAD 20..... | 135 |
| 5.2.2 Percepção a respeito dos critérios de medição e extração de quantidades BIM | 139 |
| 5.2.3 Considerações sobre os resultados | 141 |
| 5.2.4 Percepção acerca do entendimento dos alunos | 151 |
| 5.3 ETAPA 3 – EXTRAÇÃO DE QUANTIDADES CASO 2 PELO VICO OFFICE | 154 |
| 5.3.1 Desenvolvimento do Caso 2 – VICO Office..... | 154 |
| 5.3.2 Percepção a respeito dos critérios de medição e extração de quantidades BIM | 158 |
| 5.3.3 Considerações sobre os resultados | 159 |
| 5.3.4 Percepção acerca do entendimento dos alunos | 181 |
| 5.4 ANÁLISES GERAIS DAS ETAPAS 2 E 3 | 184 |
| 5.4.1 Etapa 2 – BIM 3D – ArchiCAD | 186 |
| 5.4.2 Etapa 3 – BIM 5D – VICO Office | 187 |
| 5.5 ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO | 190 |
| 6 RESULTADOS DA ETAPA 4 | 195 |
| 6.1 EMPRESA 1..... | 195 |
| 6.2 EMPRESA 2..... | 196 |
| 6.3 EMPRESA 3..... | 197 |
| 6.4 EMPRESA 4..... | 198 |
| 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 201 |
| 7.1 SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES..... | 201 |
| 7.2 QUANTO AO ALCANCE DOS OBJETIVOS..... | 205 |

| | |
|--|------------|
| REFERÊNCIAS..... | 217 |
| ANEXO A – Quadros adaptados da pesquisa de Barison (2015) | 229 |
| APÊNDICE A – Questionários aplicados nas etapas 1, 2 e 3 | 231 |
| APÊNDICE B - Entrevistas realizadas na Etapa 4..... | 235 |
| APÊNDICE C – Exercícios individuais preliminares. | 239 |
| APÊNDICE D – Tabela Comparativa das Quantidades – Etapas 2 e 3..... | 255 |
| APÊNDICE E – Cálculo de Estimativas para Instalações .. | 277 |
| APÊNDICE F – Vídeos das Etapas 2 e 3 | 279 |

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFSC, sob a orientação da professora Dr^a. Eng^a. Lisiane Ilha Librelotto. O trabalho foi realizado na área de concentração de “Projeto e Tecnologia do Ambiente Construído”, e trata de uma investigação sobre a contribuição do BIM – *Building Information Modelling*, para obtenção de informações sobre quantitativos orçamentários com foco no ambiente acadêmico.

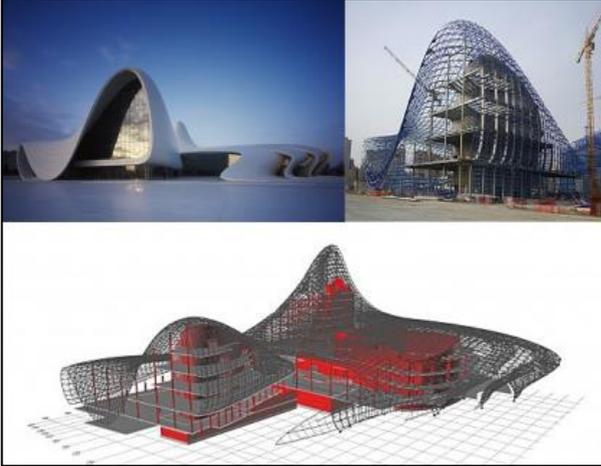
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E TEMA DA PESQUISA

A construção civil brasileira é vista como uma indústria tradicional e resistente às mudanças. Apesar disso, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil, CBIC, afirma que a cada dia este setor envolve-se em situações desafiadoras e que requerem a busca por inovações que possam auxiliar na solução das deficiências existentes (CBIC, 2016a; SAKAMORI, 2015).

Essas deficiências eram tratadas no final do século XX por autores como Tzortzopoulos (1999), que afirmou que o setor da construção civil era considerado um setor atrasado em relação aos demais setores industriais. Esta autora referia-se aos atrasos nos cronogramas das obras, ao lento desenvolvimento tecnológico, à baixa produtividade e qualidade do produto final, às perdas e desperdícios de material, mão de obra e tempo, entre outras. Mutti (1995) também mencionou os problemas relacionados à falta de treinamento da mão-de-obra, como por exemplo, a geração de desperdícios, perdas, a alta rotatividade dos trabalhadores e a falta de qualidade do produto final.

No caso de edificações mais complexas e que utilizam formas orgânicas, a exemplo dos projetos dos renomados arquitetos Zaha Hadid apresentado na Figura 1, Frank Gehry conforme mostra na Figura 2, Santiago Calatrava e Renzo Piano conforme Figura 3, e com consumidores exigentes que esperam informações acuradas sobre os prazos, custos e impactos da obra no meio ambiente, eleva-se a dificuldade do setor em relação à coordenação de projetos e potencializa-se o esforço para a viabilização e gestão da construção (CBIC, 2016a).

Figura 1 - *Heydar Aliyev Centre*: Empreendimento; obra na República do Azerbaijão; projeto BIM de autoria do escritório Zaha Hadid Architects



Fonte: Archdaily (2013) e Bim Trainer Company (2016)

Figura 2 - *The Louis Vuitton Museum*: Empreendimento; projeto BIM de autoria do escritório Gehry Partners LLP; execução da obra em Paris



Fonte: Gehry Partners LLP (2014) e The Fondation Louis Vuitton Museum (2014)

Figura 3 - *Ecole Normale Supérieure*: Projeto BIM em andamento de autoria do escritório de arquitetos Renzo Piano Building Workshop



Fonte: RPBW - Renzo Piano Building Workshop (2016)

Durante o desenvolvimento de um empreendimento, tudo está baseado em informações que devem ter consistência, conteúdo, velocidade e qualidade. Porém, devido às deficiências do setor, existe uma evidente dificuldade envolvida na obtenção de informações precisas e uma carência de comunicação entre os diferentes agentes envolvidos, o que pode comprometer o sucesso de um empreendimento (MATTEI, 2008).

A falta de informações precisas oriundas de sistemas tradicionalmente empregados no processo de construção pode levar a tomadas de decisões equivocadas e trazer consequências indesejadas para um empreendimento, influenciando, por exemplo, no seu orçamento (WITICOVSKI, 2011). Para garantir a competitividade, uma das preocupações do setor da construção é a eficácia dos custos envolvidos, que está diretamente relacionada com a precisão das informações obtidas do projeto (ANDRADE, 2012).

Melhado (1994) afirma que os custos de uma obra podem ser reduzidos a partir de mudanças de base tecnológica que garantam maior qualidade a todo o processo, especialmente à

etapa de projeto. Na procura por uma mudança de base tecnológica no Brasil, após mais de 20 anos da afirmação de Melhado (1994), o mercado dispõe atualmente da Modelagem da Informação da Construção, também chamada de BIM, que é a sigla de *Building Information Modeling*. No Brasil, o termo adotado para designar esta inovação tecnológica é a Modelagem da Informação da Construção. Neste trabalho será utilizado o termo BIM para referir-se a este processo (EASTMAN et al., 2014; SAKAMORI, 2015).

A Modelagem da Informação da Construção é uma inovação tecnológica do setor da Engenharia, Arquitetura e Construção que pretende abranger todo o ciclo de vida dos empreendimentos, provocando mudanças em seus processos (EASTMAN et al., 2014). Kassem e Amorim (2015) afirmam que o processo BIM permite a criação de um modelo 3D paramétrico, que é a construção virtual do empreendimento. A parametrização refere-se à características específicas inseridas nos objetos de forma a atribuir-lhes propriedades.

A adoção do BIM, ao permitir a modelagem da obra no computador, proporciona uma melhor compreensão e entendimento das premissas e requisitos do empreendimento em fases iniciais do projeto, reduz as modificações e interferências futuras, permite a extração automática de quantidades para orçamentação e facilita o controle de empreendimentos, principalmente nos casos complexos, com a possibilidade de análises virtuais (CBIC, 2016b).

Por ser uma mudança tecnológica recente para as áreas de Engenharia, Arquitetura e Construção, ainda há muito a explorar sobre a adoção da Modelagem BIM. Kassem e Amorim (2015) salientam que a estrutura regulatória para práticas do BIM ainda é bastante limitada ao nível mundial, sendo poucos os países que estão resolvidos nesse quesito.

As universidades também buscam a incorporação dessa inovação e procuram formas de integrá-las com o currículo dos cursos acadêmicos, que são influenciados por essa novidade do setor (BARISON, 2015; DELATORRE, 2014).

Além das universidades, existe um esforço por parte dos profissionais para entendimento dessa inovação e para sua implementação no mercado de trabalho, com o intuito de obter melhores resultados para todas as fases da construção de um empreendimento (MANZIONE, 2013).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A construção civil possui um papel estratégico para o desenvolvimento econômico do país. Além de seu caráter social, por empregar grande parte dos trabalhadores brasileiros independente de suas qualificações, é um dos setores que mais influencia a economia do país, fato comprovado pela sua participação e influência no Produto Interno Bruto - PIB - nacional (MORAIS; SOUZA JUNIOR, 2011; MUTTI, 1995; SIMOES, 2013; ZVEIBIL, 2016).

Apesar da sua importância para o país, a construção civil em meados de 1999 era considerada um setor atrasado em relação às demais indústrias brasileiras (TZORTZOPOULOS, 1999). Percebe-se que a situação teve pouca alteração. Isso ocorre, por exemplo, devido à problemas relacionados ao processo de projeto, à dificuldade de inserção de inovações tecnológicas, à limitação de colaboração entre os profissionais, à geração de resíduos e à qualidade do produto final (MARCOS, 2015).

Na Figura 4 são apresentadas imagens que retratam esse cenário da construção civil, de uma obra executada com sistema construtivo convencional contendo estrutura de concreto armado e tijolo cerâmico nas vedações. Essas imagens mostram exemplos de perdas e desperdício de materiais nos canteiros de obras, o processo artesanal, a grande geração de entulhos e a dificuldade de racionalização de alguns materiais, como as chapas de madeira compensadas.

Figura 4 - Construção civil no Brasil



Fonte: Autora, 2014

Além disso, as estimativas de custos dos empreendimentos são influenciadas pelas grandes imprecisões ocasionadas pela complexidade dos projetos, pela extensão da orçamentação e pela forma manual/artesanal como as atividades são tradicionalmente realizadas na construção civil (SAKAMORI, 2015). Esse cenário é recorrente na construção civil brasileira. Em contrapartida, atualmente existe a preocupação pela elaboração de construções sustentáveis, que causem menor impacto ao meio ambiente e que contribuam para um futuro mais equilibrado para o planeta (MARCOS, 2015).

Segundo Viana (2013) a busca por construções mais sustentáveis ocorre através da minimização dos impactos ambientais, do uso racional dos recursos naturais, da redução de entulho e das emissões de CO₂, entre outros. Apesar da importância do tema, muitas empresas de construção ainda não adotaram tais práticas. Alguns motivos que justificam esse fato são a falta de dados e de quantificação dos benefícios da atividade e também a resistência cultural do setor às mudanças.

Avaliar a sustentabilidade do edifício implica na análise de muitas variáveis, como a valorização da mão de obra, o uso de inovações tecnológicas e o desenvolvimento urbano sustentável, que requerem tempo do processo de desenvolvimento do produto e atuação de múltiplos profissionais (CBIC, 2016b).

A partir das deficiências apontadas, que influenciam negativamente o setor da construção civil, percebe-se a necessidade de considerar a sustentabilidade nas diversas fases de um empreendimento, desde o projeto e execução da edificação, até sua operação e demolição. Neste contexto, a adoção do BIM ganha força como uma possível solução para auxiliar nessas questões. Com o BIM é possível obter estimativas consistentes, avaliações fidedignas, dados precisos e que permitem a decisão em tempo hábil, preferencialmente na etapa de projeto, além da possibilidade de avaliar aspectos da sustentabilidade de uma edificação nas suas diferentes fases (EASTMAN et al., 2014).

Tendo em vista a capacidade de incorporar informação ao projeto através do BIM, formulou-se a pergunta de pesquisa: **qual a contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM para obtenção de quantitativos?** Associadas à pergunta geral foram formuladas algumas perguntas secundárias que devem ser respondidas no decorrer do trabalho, e serão

apresentadas na metodologia da pesquisa, através do Quadro 13.

Fundamenta-se o problema da pesquisa, que visa compreender a contribuição da adoção de BIM para o levantamento de informações que permitam quantificar os serviços de construção, para obtenção dos custos de um empreendimento em ambiente acadêmico.

A contribuição do BIM pode ser estratificada de várias maneiras:

- 1) Contribuição do BIM para o setor da construção civil;
- 2) Contribuição do BIM para um estudo de caso;
- 3) Contribuição do BIM para especificidades, como o ensino, o mercado de trabalho, a extração de quantidades para orçamentos...

Este estudo visa estudar a contribuição do BIM para estudos de casos específicos com extração de quantidades para orçamentos em ambiente de ensino-aprendizagem, além da investigação do mercado de trabalho. Essa contribuição para o setor é alcançada nesta pesquisa através de revisão bibliográfica do tema. Desta forma, também apresenta alguma contribuição para o tema mais abrangente.

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O rápido crescimento do uso de tecnologias nas últimas décadas, principalmente através do uso de celulares e da Internet, além de outros meios que permitem comunicação instantânea e soluções rápidas, modificaram o relacionamento entre as pessoas e a forma de resolver os diversos problemas cotidianos, impactando também nas organizações (CAMPESTRINI et al., 2015).

A incorporação de *softwares* no mercado de trabalho chega com a promessa de facilitar a atuação do profissional. No caso das atividades relacionadas à Arquitetura, Engenharia e Construção, Pupo (2009) afirma que essas novas tecnologias revolucionaram a forma como os arquitetos e projetistas avaliam, fabricam e constroem a arquitetura, e que os nichos de atuação desses profissionais têm sofrido mudanças em decorrência do uso de novas tecnologias. Dentre essas novas tecnologias destaca-se a implantação de BIM no setor. A modernização da indústria da construção civil com a adoção dessa inovação

tecnológica promete facilitar melhorias na qualidade do produto final e minimizar as deficiências ou incompatibilidades existentes, através da utilização de um modelo unificado que contém as informações das diversas disciplinas integradas (CBIC, 2016b).

Apesar da adoção do BIM no Brasil estar nos estágios iniciais de implementação, tanto o mercado de trabalho quanto o meio acadêmico se preparam para adaptar suas rotinas com as recentes inovações. Em relação ao meio acadêmico, Natumi (2013), Delatorre (2014) e Barison (2015) afirmam que a tendência é a introdução do BIM nos currículos dos cursos ligados ao setor da construção, como a Arquitetura e Urbanismo e a Engenharia civil.

No mercado de trabalho, Manzione (2013 p.124) afirma que “o mercado vive atualmente uma fase de transição e de início de implantação de uma nova tecnologia e novos processos” e complementa que as empresas têm procurado por novos profissionais especialistas que possuam habilidades em BIM, os chamados gerentes BIM.

Além disso, a adoção do BIM parece surpreender o setor de Arquitetura, Engenharia e Construção devido às diversas vantagens e benefícios atribuídos ao processo de gestão da construção, que englobam desde a pré-construção, a etapa de projeto, a construção, a fabricação de componentes pré-fabricados e a pós-construção, a exemplo do conteúdo apresentado no Quadro 1 (EASTMAN et al., 2014).

Sakamori (2015), referindo-se aos benefícios dos aspectos econômicos da Modelagem da Informação da Construção, afirma que um dos motivos para que surgissem novos processos de controle de empreendimentos e para levantamento de custos foi devido à busca incessante por resultados financeiros da indústria da construção.

O controle mais acurado desse resultado financeiro almejado pela indústria da construção pode ser positivamente influenciado pela adoção do BIM, visto que está diretamente relacionado com os benefícios apontados no Quadro 1. Um dos benefícios é o aumento de qualidade e desempenho da construção, que foi mencionado por Melhado (1994 p.36) como uma possível contribuição para redução dos custos de um empreendimento:

“Nas empresas de construção de edifícios, pelas próprias peculiaridades do mercado consumidor, a motivação pela implementação de um sistema da qualidade deve estar predominantemente vinculada à redução de custos finais dos produtos, já que hoje existe a consciência de que se deve buscar maior competitividade e que as perdas no processo de produção, os custos de retrabalho e correções pós-entrega são significativos, embora nem sempre conhecidos.”

Quadro 1 - Benefícios do BIM

| BENEFÍCIOS DO BIM | | |
|--------------------|-------------------------|--|
| ETAPAS DO PROCESSO | PRÉ-CONSTRUÇÃO | <ol style="list-style-type: none"> 1. ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA 2. AUMENTO DA QUALIDADE E DESEMPENHO DA CONSTRUÇÃO |
| | PROJETO | <ol style="list-style-type: none"> 1. VISUALIZAÇÃO ANTECIPADA E PRECISA DO PROJETO 2. CORREÇÕES AUTOMÁTICAS QUANDO MUDANÇAS SÃO FEITAS NO PROJETO 3. GERAÇÃO DE DESENHOS 2D PRECISOS E CONSISTENTES 4. COLABORAÇÃO ANTECIPADA ENTRE AS MÚLTIPLAS DISCIPLINAS 5. EXTRAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE CUSTOS DURANTE ETAPAS DE PROJETO 6. INCREMENTAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DA SUSTENTABILIDADE |
| | CONSTRUÇÃO E FABRICAÇÃO | <ol style="list-style-type: none"> 1. SINCRONIZAÇÃO DE PROJETO E PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO 2. DESCOBERTA DE ERROS DE PROJETO E OMISSÕES ANTES DA EXECUÇÃO 3. REAÇÕES RÁPIDAS A PROBLEMAS DE PROJETO OU DO CANTEIRO 4. USO DO MODELO COMO BASE PARA COMPONENTES PRÉ-FABRICADOS 5. MELHOR IMPLEMENTAÇÃO E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA 6. SINCRONIZAÇÃO DA AQUISIÇÃO DE MATERIAIS COM O PROJETO E OBRA |
| | PÓS-CONSTRUÇÃO | <ol style="list-style-type: none"> 1. MELHOR GERENCIAMENTO E OPERAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES 2. INTEGRAÇÃO COM SISTEMAS DE OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO DE FACILIDADES |

Fonte: Adaptado de Eastman et al (2014)

Deve-se salientar que a cultura da determinação do custo no Brasil não prevê sua incorporação no projeto. Existe uma deficiência na percepção do custo como elemento para tomada de decisão ao longo do processo de projeto. Além disso, há uma sutil diferença entre o custo do projeto – elemento de tomada de decisões – e o custo para uma construção em obra de licitação, por exemplo – custo determinístico estabelecido a partir de decisões já tomadas (GONCALVES, 2011). De acordo com Gonçalves (2011), percebe-se a existência desta deficiência no setor relativa à definição do custo na etapa de análise da viabilidade “e ao suporte de custo quanto às decisões tomadas durante o desenvolvimento do projeto”. Conforme apresentado no Quadro 1, um dos benefícios do BIM é para a extração de estimativas de custos em etapas de projeto.

Este estudo também se justifica pela busca da sustentabilidade nas edificações e da complexidade inerente a sua introdução na construção civil. A sustentabilidade é caracterizada por alguns autores como a união de diferentes dimensões, e dentre as mais citadas estão a dimensão social, a econômica e a ambiental, conforme a Figura 5. (CARVALHO, 2009; HOFFMANN, 2014; LIBRELOTTO, L., 2005).

Figura 5 - Definição de Construção Sustentável



Fonte: Adaptado de Librelotto (2005) e Carvalho (2009)

A adoção do BIM, ao possibilitar a melhoria dos resultados financeiros da construção civil através da realização de estudos de viabilidade financeira e da extração de quantidades para estimativas de custos, contribui também com a sustentabilidade na sua dimensão econômica. A sustentabilidade econômica de uma edificação visa trazer o resultado financeiro almejado pela indústria da construção, sem deixar de lado aspectos que envolvem o meio ambiente e a sociedade.

Carvalho (2009) definiu, em sua tese, alguns aspectos que caracterizam a sustentabilidade econômica de uma edificação, através de uma metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social. Dentre os aspectos analisados por essa metodologia, chamada de MASP-HIS, tais como os aspectos ambientais e os socioculturais, ela abordou também os fatores econômicos, que auxiliam na quantificação da sustentabilidade econômica e consideram os seguintes itens: o fortalecimento da economia, a viabilidade econômica, o custo de construção/manutenção/operação e os critérios econômicos para empresas de projetos, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Sustentabilidade econômica

| ASPECTOS ECONÔMICOS | |
|----------------------------|---|
| CATEGORIA | ECONOMIA |
| SUB-CATEGORIAS | 1 FORTALECIMENTO DA ECONOMIA LOCAL |
| | 2 VIABILIDADE ECONÔMICA |
| | 3 CUSTO DE CONSTRUÇÃO/OPERAÇÃO/MANUTENÇÃO |
| | 4 CRITÉRIOS ECONÔMICOS PARA EMPRESAS DE PROJETO |

Fonte: Adaptado de Carvalho (2009)

Em relação ao fortalecimento da economia local, tal autora considera positivo o uso de materiais locais, a existência de infraestrutura básica no local e a geração de emprego e renda (CARVALHO, 2009).

Para a viabilidade econômica, ela considera favorável o custo acessível com a realidade local, a existência de retorno do investimento, a inexistência de custos com implantação de infraestrutura, a consideração no orçamento de ampliações nas infraestruturas existentes e a existência de subsídios fiscais para os que adotarem medidas sustentáveis (CARVALHO, 2009).

Sobre o custo de construção, operação e manutenção, Carvalho (2009) expõe que a existência de soluções que diminuam seu custo e a economia de água e energia são pontos positivos para a sustentabilidade econômica.

Em relação aos critérios econômicos para empresa de projeto, tal autora considera favorável a existência de ações sustentáveis internas à empresa, tais como a economia de água e energia, a reciclagem, políticas de critérios sustentáveis nas compras e verbas destinadas à melhoria do desempenho sustentável da empresa e dos trabalhadores (CARVALHO, 2009). Todos esses aspectos abordados pela referida autora contribuem para a avaliação da sustentabilidade na dimensão econômica e ajudam a quantificá-la.

Jrade e Jalaei (2013) complementam que ultimamente a indústria da construção civil está interessada em projetar e construir edificações sustentáveis que forneçam alto desempenho e que permitam diminuir os custos, integrando os pilares da sustentabilidade em busca de melhores resultados.

Checcucci (2014) afirma que a possibilidade da criação de edificações sustentáveis é uma vantagem do uso do BIM, e que isso ocorre através das simulações feitas sobre os modelos BIM e pela existência de maior controle da edificação e suas partes. Além disso, a extração de quantidades do projeto representa um dos alicerces para a obtenção dos demais dados sobre a sustentabilidade da edificação.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Verificar a contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM no levantamento de quantitativos.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Determinar a precisão e a confiabilidade das informações para o estabelecimento de quantitativos em orçamento usando BIM;
- b) Investigar a adoção de BIM por profissionais e empresas do setor na cidade de Florianópolis, para obtenção de quantitativos em orçamentos;
- c) Propor estratégias para auxiliar professores a implementar BIM em ambientes de ensino-aprendizagem na disciplina de orçamentação, no curso de Arquitetura e Urbanismo.

1.5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Em relação às etapas de desenvolvimento, esta pesquisa está estruturada em 4 etapas. Inicialmente foi realizado o mapeamento da lacuna do conhecimento sobre a temática proposta, através da revisão bibliográfica exploratória dos temas Modelagem da Informação da Construção, Processo de ensino-aprendizagem e Orçamentação: levantamento de quantidades e determinação de custos, durante a etapa 1.

Foram realizadas novas buscas nas etapas 2, 3 e 4, para complementar a revisão bibliográfica da pesquisa. Esta complementação da revisão teve o objetivo de identificar o maior número possível de estudos relacionados ao tema, e ocorreu entre os meses de Novembro do ano de 2016 e Junho de 2017. Com base no material coletado, a revisão bibliográfica foi complementada.

Durante o estágio em docência da autora, no semestre 2016/1, desenvolveu-se o primeiro estudo de caso em sala de aula, que foi posteriormente complementado pela autora a fim de obter resultados para esta dissertação. Esse é considerado o estudo de caso 1 desta pesquisa, que compreende a etapa 1.

Após a etapa 1, com os objetivos definidos realizou-se a segunda e a terceira etapa da pesquisa em busca dos dados desejados, com base em um novo estudo de caso. Este trabalho foi desenvolvido em um ambiente de ensino-aprendizagem, com o objetivo de investigar a utilização de uma ferramenta BIM 3D e outra 5D para obtenção de resultados para a construção de uma edificação. Por fim, a etapa 4 consiste em uma pesquisa de mercado para investigação do uso de BIM pelas empresas de Florianópolis, para orçamentação de projetos.

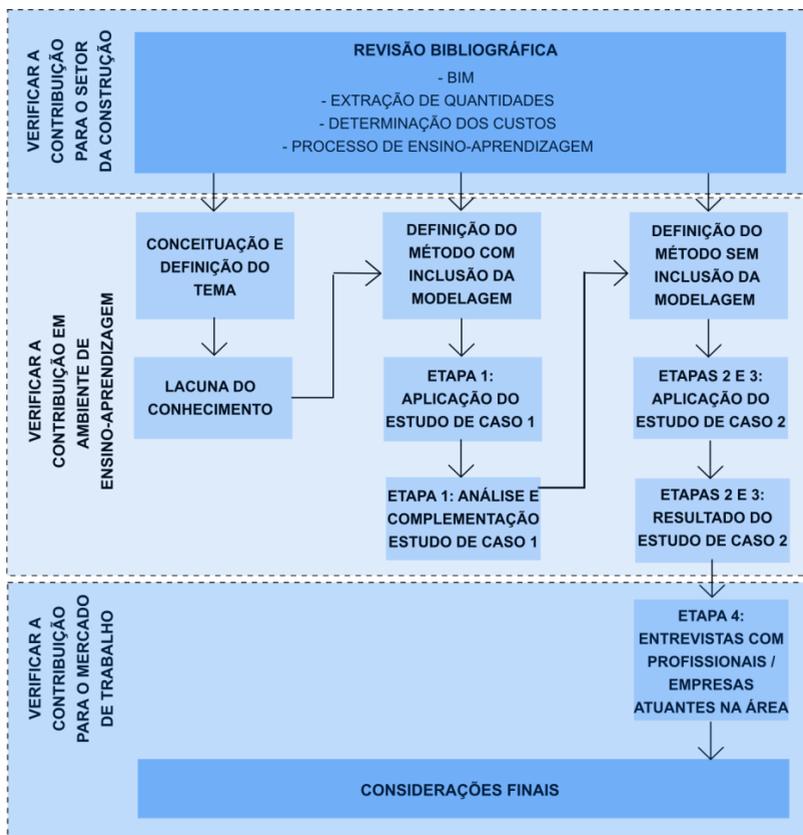
São três os principais pontos nos quais este trabalho contribui: a revisão bibliográfica traz o mapeamento das contribuições do BIM para o setor da construção civil, com base em pesquisas de diversos autores e outras fontes; a aplicação dos estudos de casos 1 e 2, que compreendem as etapas 1, 2 e 3 da pesquisa, em ambiente de ensino-aprendizagem permite verificar a contribuição do BIM em ambiente acadêmico para docentes e discentes na disciplina de orçamentação; a aplicação de entrevistas semiestruturadas em empresas do setor na cidade de Florianópolis, que compreende a etapa 4 da pesquisa, permite verificar a contribuição do BIM para os profissionais da área.

A investigação em ambiente acadêmico é o principal foco de aplicação deste estudo. Na Figura 6, pode ser observado o esquema das etapas que estruturaram a metodologia desta pesquisa.

1.5.1 Classificação da Pesquisa

O procedimento técnico utilizado nesta dissertação é a pesquisa-ação, que é uma estratégia de pesquisa que envolve investigação empírica, baseada em experiências vividas, na qual a pesquisadora desempenha “um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas” (THIOLLENT, 1986, p. 15).

Figura 6 - Esquema das etapas de pesquisa



Fonte: elaborado pela autora

Thiollent e Silva (2007, p. 95), a respeito da pesquisa-ação, complementam que “a principal vocação é investigativa, dentro de um processo de interação entre pesquisador e população interessada, para gerar possíveis soluções aos problemas detectados”.

Através da aplicação da pesquisa-ação, esta dissertação busca a compreensão dos resultados constatados por diferentes grupos, os quais foram escolhidos para conduzir a investigação da ação proposta. Houve interação entre a pesquisadora e os membros escolhidos para participação na pesquisa, sendo esses formados por estudantes de graduação da disciplina de Tecnologia das edificações IV, do curso de Arquitetura e

Urbanismo da UFSC e por profissionais atuantes no mercado de trabalho de Florianópolis/SC.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa classifica-se como uma pesquisa exploratória, que "... tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito..." (GIL, 2002, p. 41).

O capítulo 3 detalha as etapas desta pesquisa.

1.5.2 Casos escolhidos para investigação

Foram escolhidos dois projetos para aplicação nesta pesquisa. O primeiro foi desenvolvido em ferramenta BIM 3D em sala de aula, durante o estágio em docência da autora e com o objetivo de resultados para a etapa 1. Refere-se a um projeto padrão de Habitação de Interesse Popular de uma instituição financeira brasileira, a Caixa Econômica Federal.

O segundo caso foi utilizado durante o primeiro semestre de 2017, em ambiente de ensino-aprendizagem para aplicação de ferramenta BIM 3D e BIM 5D. Refere-se ao projeto do CRAS - Centro de Referência para Assistência Social, do Governo do Estado de Santa Catarina.

1.6 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

As delimitações presentes neste estudo são:

- Optou-se por trabalhar com diferentes softwares BIM. Na etapa 1, no estudo de caso 1, foi utilizado o software BIM 3D chamado Revit 2015, o ArchiCAD 19 e o Tekla BIM Sight. Na etapa 2 optou-se pelo software BIM 3D chamado ArchiCAD 20 e na etapa 3 pelo software BIM 5D chamado VICO Office. Caso fossem usadas diferentes ferramentas, possivelmente os resultados seriam diferentes, portanto este estudo vale para este pacote de softwares escolhidos para esta investigação, aplicados nestes casos especificados no estudo;

- As análises das composições de custos são irrelevantes para este estudo. É critério de cada profissional a escolha do banco de composições que será utilizado para o orçamento. Neste estudo optou-se pelo uso das composições de custos da Tabela de Composições de Preços para Orçamentos - TCPO13 (TCPO, 2010);

- Os preços que compõem o orçamento também são irrelevantes para esta análise. A base de dados para extração de preços usada em aula foi o SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, com fins meramente didáticos.

- Não será questionado o dimensionamento dos projetos escolhidos para a análise. Na etapa 2 e 3 não foram considerados os projetos de instalações, somente o estrutural e o arquitetônico da edificação do CRAS;

- O modelo do CRAS não será ajustado quanto às considerações de qualidade do modelo e às falhas de modelagem existentes. Apenas serão mencionadas no trabalho as falhas encontradas, que conseqüentemente proporcionaram quantitativos equivocados;

- A compatibilização do modelo arquitetônico e estrutural utilizado no estudo de caso 2, nas etapas 2 e 3, foi realizada pelo proprietário do projeto, não cabendo à esta pesquisa realizar tal atividade;

- Foram estudados apenas os casos apresentados no decorrer do trabalho, com foco nas atividades iniciais de um orçamento, principalmente na extração de quantidades do projeto – Figura 7;

Figura 7 - Atividades do orçamento e delimitação proposta nesta pesquisa



Fonte: Adaptado de Librelotto (2016)

- Foi pesquisado o mercado de trabalho na cidade de Florianópolis, para o período do primeiro semestre de 2017.

- As contribuições deste estudo são destinadas ao setor da construção, ao ambiente acadêmico e aos profissionais, sendo que os principais resultados obtidos são para o ambiente acadêmico, uma vez que no ambiente profissional verificou-se que o uso do BIM ainda é incipiente para a região de estudo, a cidade de Florianópolis/SC;

1.7 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Este trabalho de mestrado está organizado em sete capítulos. O Capítulo 1 é introdutório, apresenta a contextualização e tema, a justificativa, o problema, as delimitações e os objetivos da pesquisa.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica do tema, com a definição dos principais conceitos e o mapeamento das pesquisas desenvolvidas na área. O Capítulo 3 trata da metodologia de pesquisa, na qual se discute os materiais, os métodos e os procedimentos utilizados para desenvolvimento dos resultados. O Capítulo 4 concentra-se basicamente nos resultados obtidos para o Estudo de Caso 1 – Casa Caixa, que compreende a Etapa 1 da pesquisa.

No Capítulo 5 são apresentados os resultados para o Estudo de Caso 2 – edificação do CRAS, nas etapas 2 e 3 da pesquisa. No Capítulo 6 são apresentados os resultados das entrevistas aplicadas no mercado de trabalho de Florianópolis, sobre a adoção do BIM para extração de quantidades. Por fim, no Capítulo 7 são feitas as considerações finais da pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa configuram-se as definições dos principais conceitos e termos que serão abordados nesta pesquisa, a fim de esclarecer previamente possíveis questões que podem surgir no decorrer da leitura. O referencial teórico desta pesquisa está dividido em três itens, que compreendem a redação sobre a Modelagem da Informação da Construção no item 2.1, a revisão sobre o tema controle de custos na construção no item 2.2, e o ensino BIM no item 2.3.

2.1 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

2.1.1 Definições sobre BIM

BIM é a sigla de *Building Information Modelling*, que na língua portuguesa foi traduzido para Modelagem da Informação da Construção, sigla adotada também neste trabalho. Diversas são as definições de BIM encontradas na literatura brasileira e na internacional. Santos, Antunes e Balbinot (2014, p. 2), tratando de BIM, definem como “um banco de dados unificado, no qual quaisquer informações relacionadas ao edifício podem ser criadas ou extraídas”.

Para Wong e Fan (2013) *apud* NBIMS - *National BIM Standards* (2016) BIM pode ser considerado um produto porque é um modelo completo que descreve uma edificação e será entregue para um cliente. Outra definição proposta é a de que BIM é um processo de projeto, pois considera as diversas atividades que são realizadas e as equipes colaborativas envolvidas no processo.

No livro Manual de BIM, há outra conceituação de BIM como um “processo que se apoia nas informações geradas por ferramenta de projeto BIM para análise, detalhamento para fabricação, estimativa de custos, cronograma, entre outros”. (EASTMAN et al., 2014, p. 462). No mesmo livro encontra-se o termo “ferramenta BIM”, que refere-se aos aplicativos de manipulação dos modelos de construção, ou seja, os softwares BIM (EASTMAN et al., 2014). Com base nessa definição, não é interessante rotular BIM apenas como uma ferramenta, pois essa definição refere-se somente ao software de trabalho, enquanto

que o conceito de BIM é mais amplo e considera o processo de trabalho como um todo.

Existem várias definições sobre BIM, dos quais se destacam os sugeridos por Eastman et al (2014, p. 13) que definem como BIM “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”, e por AIA - *The American Institute of Architects* (2008), que considera BIM como uma representação digital das características físicas e funcionais de um projeto, e que refere-se ao processo e às tecnologias usadas para criar um modelo. Outras definições encontradas na literatura estão descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Definição de BIM

| AUTORES | DEFINIÇÕES DE BIM |
|------------------------|--|
| CBIC (2016b, p. 18) | “BIM é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação, ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais, através de todo seu ciclo de vida”. |
| Azevedo (2009, p. 15) | “BIM é um conceito que fundamentalmente envolve a modelação das informações do edifício, criando um modelo digital integrado de todas as especialidades, e que abrange todo o ciclo de vida da edificação. A modelação 3D paramétrica e a interoperabilidade são características que dão suporte a esse conceito.” |
| Manziona (2013, p. 55) | “ <i>Building Information Modelling</i> pode ser definido como um processo que permite a gestão da informação, enquanto o <i>Building Information Model</i> é o conjunto de modelos compartilhados, digitais, tridimensionais e semanticamente ricos, que formam a espinha dorsal do processo do <i>Building Information Modeling</i> .” |
| NBIMS (2016) | É a representação digital de informações geométricas e não geométricas físicas e funcionais de uma edificação. É um recurso de conhecimento compartilhado entre equipes para facilitar a informação sobre o empreendimento, criando dados confiáveis para facilitar a tomada de decisão. |

Fonte: Indicada na primeira coluna

2.1.2 A importância da informação: o “i” do BIM

Quando se trabalha com Modelagem da Informação da Construção, a informação é uma característica essencial a ser considerada. Isto ocorre porque o processo de trabalho está voltado para inserção das informações dos objetos em um modelo BIM, e não apenas à elaboração de sua geometria ou da sua aparência. Esta informação é tão presente na Modelagem da Informação da Construção, que alguns autores definiram que “quando falarmos de BIM estaremos referindo-nos muito mais ao “*Information*” do que ao “*Building*” ou ao “*Modeling*””. (ADDOR et al., 2010, pg. 105).

Eastman et al (2014, p. 12), referindo-se à Modelagem da Informação da Construção, descreve que “um modelo pode ser descrito por seu conteúdo, ou seja, quais objetos ele descreve, ou por suas capacidades - a que tipos de requisitos de informação ele pode dar suporte.” Os autores complementam dizendo que quando um profissional trabalha em BIM é necessária a existência de um modelo 3D que contenha objetos paramétricos, os quais representam uma determinada edificação.

Um modelo paramétrico tem como objetivo incorporar informações importantes que estão interconectadas no projeto. Essas informações incorporadas nos projetos poderão ser utilizadas em etapas posteriores do processo de projeto, tais como a execução da obra e a manutenção do edifício (BAPTISTA, 2015; WONG; FAN, 2013). Este tipo de modelo trabalha com base em parâmetros, ou seja, o projetista pode ajustar, modificar ou adicionar determinadas características, atributos ou valores a determinado objeto ou às famílias do modelo (ANDRADE, 2012; MARCOS, 2015; SAKAMORI, 2015).

Os parâmetros podem conter informações geométricas e não geométricas necessárias para a obra ou para o projeto em questão. Quando corretamente utilizado, o modelo paramétrico poderá atender todo o ciclo de vida da obra, além de permitir o ajuste automático das mudanças efetuadas no modelo (DINIZ, 2013; EASTMAN et al., 2014).

2.1.3 A interoperabilidade BIM

A interoperabilidade, segundo o Manual de BIM, é definida como a “habilidade de ferramentas BIM de diferentes

desenvolvedores de trocar dados do modelo da construção e operar sobre esses dados”. (EASTMAN et al., 2014, p. 461).

BIM é um sistema interoperável, uma vez que permite a comunicação entre as diferentes plataformas de trabalho ou entre os softwares de diferentes fabricantes e, conseqüentemente, permite a colaboração entre as diferentes equipes de projetos (AZEVEDO, 2009; BAPTISTA, 2015).

Eastman et al (2014, p. 65) descrevem que a interoperabilidade “representa a necessidade de passar dados entre as aplicações”, e que um software sozinho não pode suportar todas as tarefas relacionadas ao projeto e à construção de uma edificação.

Para muitos autores, apesar da necessidade da interoperabilidade entre as ferramentas de projeto BIM, ela ainda não é completamente confiável, e é considerado um fator limitante para a adoção de BIM nos projetos de edificações (LINO; AZENHA; LOURENÇO, 2012; WONG; FAN, 2013).

Isso deve-se ao fato de que existem problemas que envolvem essa comunicação direta entre os softwares BIM (SALGADO, 2016), que deveria ocorrer através do arquivo em formato IFC, sigla de *Industry Foundation Classes*. Sakamori (2015) complementa que a perda de informações do modelo durante a troca de dados dos softwares BIM, através do uso de arquivos em formato IFC, é um dos grandes problemas de interoperabilidade BIM.

Pesquisadores e desenvolvedores estão em busca da solução para a problemática que envolve esta questão. Atualmente existe uma comissão para estudos chamada *buildingSMART*, que trata dessa problemática da interoperabilidade BIM para intercâmbio de dados entre as ferramentas de modelagem (EASTMAN et al., 2014; SABOL, 2008; STANLEY; THURNELL, 2014).

O IFC é um esquema bem planejado e comum a todos os softwares BIM, que prevê certa ordem nos dados e informações inseridas no modelo paramétrico. É responsável por originar um novo formato para salvar os arquivos em um software BIM, chamado de formato IFC (MANZIONE, 2013).

A *buildingSMART*, que antigamente era chamada pelo nome de IAI - *International Alliance of Interoperability*, é a comissão responsável pela origem desse novo esquema de organização e estruturação dos dados para trabalhos em BIM.

São eles que definem a linguagem padrão que será utilizada para esse esquema de trabalho (ADDOR et al., 2010; BUILDINGSMART, 2016; KAMARDEEN, 2010).

Para Eastman et al (2014) o IFC foi criado para representar dados consistentes da construção, permitindo a integração entre as diferentes ferramentas de projetos BIM. É o único modelo de dados público e não proprietário, que está em constante evolução.

O IFC tem grande importância, pois é através dele que haverá a organização do arquivo de forma correta para as simulações e resultados, além de permitir a comunicação entre as diferentes plataformas BIM. Isso deve ocorrer por meio da descrição atribuída aos elementos que compõem o modelo, permitindo então a troca de informações entre as plataformas BIM (MANZIONE, 2013).

2.1.4 Nível de Desenvolvimento e Nível de Detalhamento do modelo BIM

A definição de nível de desenvolvimento – *Level of Development*, e nível de detalhamento BIM – *Level of Detail*, conhecidos pela sigla LOD, é importante para um bom entendimento de um trabalho executado em BIM.

O Guia da CBIC (2016b) traz importantes definições a respeito destes níveis de um modelo BIM. Os autores explicam que inicialmente a sigla LOD era conhecida como nível de detalhamento de um modelo BIM. Nessa, eram consideradas as quantidades de detalhes e as informações existentes no modelo.

Recentemente, LOD tem sido caracterizado como nível de desenvolvimento de um modelo BIM, que é um conceito mais amplo que o primeiro, pois considera o nível de confiabilidade que o usuário terá sobre as informações adicionadas no modelo BIM (CBIC, 2016b).

Manzione (2013) descreve o LOD como nível de desenvolvimento, e menciona que usará essa descrição por ser amplamente encontrada na literatura internacional do tema. AIA (2008), através do “*AIA Document E202*” elaborado pelo *American Institute of Architects*, também descreve o LOD como nível de desenvolvimento do modelo.

Baptista (2015) explica que quanto maior o detalhe existente em um modelo BIM, maior será o seu LOD. Os LODs

BIM geralmente estão divididos em LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 e LOD 500, e desta forma são mencionados em grande parte da literatura, como por exemplo, em Fernandes (2014), Manzione (2013), Sakamori (2015) e CBIC (2016b).

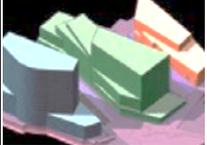
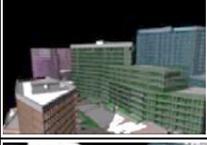
Em algumas pesquisas, como a de Baptista (2015), e em outros trabalhos como o Caderno de Projeto BIM do Governo do Estado de Santa Catarina (2014), é possível verificar a presença de outro nível, o LOD 350.

Manzione (2013) explica que essa escala de divisão dos LODs em gradações de 100 unidades ocorre para que exista a possibilidade de criação de níveis intermediários, como o nível 350 proposto por Baptista (2015) e pelo Caderno de Projetos BIM do Governo do Estado de Santa Catarina (2014). Para facilitar o entendimento, o Quadro 4 mostra as principais definições dos LODs de projeto. (SANTACATARINA, 2014)

No nível 350 o Caderno BIM do Governo de Santa Catarina (2014, p. 26) propõe que “os elementos genéricos são transformados para os elementos finais, com visão da construção e da identificação das interfaces entre as especialidades.” Baptista (2015) também apresenta no nível 350 a ideia de adição das informações extras e da integração dessas informações com os demais projetos.

Fernandes (2014) faz um link entre o nível de desenvolvimento de um projeto BIM com as fases de desenvolvimento de projetos em Portugal, e os relaciona conforme o Quadro 5. Nesse quadro, o autor demonstra que o nível de desenvolvimento LOD 100 corresponde às fases iniciais de concepção do projeto. A medida que vai aumentando o LOD, aumentam também as informações no modelo e evolui-se nas etapas do processo de projeto, passando dos programas preliminares de projeto, no LOD 100, para a fase de manutenção através da assistência técnica, no LOD 500, que possui um modelo mais completo e com mais informações.

Quadro 4 - Definição de LODs

| LOD | Descrição | Uso | Ilustração | Processo Projeto |
|---------|---|--|--|---|
| LOD 100 | Estudo de massa da edificação: áreas, alturas, volumes, localização e orientação. | Análises prévias, estimativas iniciais de custos e planejamento. |  | Planejamento e Concepção |
| LOD 200 | Informações não geométricas e geométricas são adicionadas ao modelo: tamanhos, formas, quantidades, localização, orientação. | Análises, estimativas de custos e planejamento. |  | Planejamento e definição |
| LOD 300 | Informações não geométricas e geométricas adicionadas ao modelo: tamanhos, formas, quantidades, localização e orientação. | Construção, Análises, estimativas de custos e planejamento. |  | Desenvolvimento e implementação |
| LOD 400 | Informações não geométricas precisas: tamanho, formas, quantidades, localização, orientação e informações detalhadas para fabricação. | Construção, Análises, estimativas de custos e planejamento. |  | Documentação e projeto para produção - obra |
| LOD 500 | Informações acuradas e precisas: tamanho, formas, quantidades, localização e orientação. | Manutenção, operação, modificações e <i>as built</i> . |  | Finalização: manutenção e operação |

Fonte: adaptado de AIA (2008), Manzione (2013), Witikovski (2011) e CBIC (2016b)

Quadro 5 - Relação entre LOD e Fases de Projeto

| FASE DE PROJETO | LOD | | | | |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| PROGRAMA PRELIMINAR | | | | | |
| PROGRAMA BASE | | | | | |
| ESTUDO PRÉVIO | | | | | |
| ANTEPROJETO | | | | | |
| PROJETO DE EXECUÇÃO | | | | | |
| ASSISTÊNCIA TÉCNICA | | | | | |

Fonte: Adaptada de Fernandes (2014)

2.1.5 *nD Modelling*

Indica-se que a expressão *nD Modelling* surgiu na Universidade de Salford, através de um projeto de pesquisa, e objetiva a introdução de multidisciplinaridade através de diferentes dimensões do BIM, usando o IFC para intercomunicação das informações (LEE et al., 2005).

O *nD Modelling* refere-se às “n” dimensões da modelagem da informação da construção, que parte da modelagem 3D e atualmente inclui outras dimensões de trabalho, como as variáveis de tempo - 4D, custo - 5D e operação da edificação - 6D, por exemplo. (BAPTISTA, 2015; OLIVEIRA; SCHEER; TAVARES, 2015) Além dessas dimensões, ainda existem atualmente a 7D, que refere-se à incorporação da sustentabilidade nos modelos, e a 8D, que refere-se à prevenção de acidentes do trabalho (KAMARDEEN, 2010).

- BIM 3D

Baptista (2015) define a dimensão BIM 3D como o modelo tridimensional paramétrico de um projeto, e que contém informações incorporadas a ele.

- BIM 4D

O BIM 4D associa o fator tempo e o planejamento do empreendimento ao modelo BIM 3D. Com esse modelo integrado é possível controlar e coordenar os trabalhos do empreendimento como um todo, visualizar facilmente o planejamento, incluindo para demonstrações ou apresentações para as equipes de trabalho (BAPTISTA, 2015).

Cayres (2016) descreve que o uso de BIM 4D é benéfico no sentido que aumenta a percepção visual perante o escopo do projeto, identificando facilmente quaisquer incongruências e possibilitando a conferência do plano proposto. Para Fernandes (2014) o BIM 4D é uma simulação da sequência do trabalho que será realizado na obra, com o planejamento, e está relacionado com a variável “tempo”.

- BIM 5D

Segundo Sakamori (2015), BIM 5D é a associação da estimativa de custos ao modelo BIM 3D. Fernandes (2014) também aborda o BIM 5D como a integração dos custos ao modelo 3D, e complementa dizendo que o BIM 5D começa com o levantamento de quantidades do projeto, além da estimativa dos custos, que ele caracteriza como “precisa”. O item “2.2.4 Modelagem 5D” traz mais informações sobre a modelagem BIM 5D.

- BIM 6D

Oliveira, Scheer e Tavares (2015) descrevem BIM 6D como o acréscimo das questões relacionadas à operação da edificação, que é chamada de *facilities management*, ou seja, a gestão das facilidades, manutenção e operação da edificação.

- BIM 7D

A sétima dimensão do BIM incorpora a sustentabilidade nos modelos e possibilita que o projetista avalie os percentuais de carbono envolvidos nos elementos e também avalie o modelo energeticamente (KAMARDEEN, 2010).

- BIM 8D

O BIM 8D refere-se à modelagem da informação direcionada para a segurança do trabalho e à prevenção de acidentes através dos projetos BIM (KAMARDEEN, 2010).

2.1.6 Sistemas de Classificação da Informação

Manzione (2013) afirma que a classificação da informação para a Modelagem da Informação da Construção surge para facilitar a organização dos processos e para melhorar a interoperabilidade entre os projetos. As principais classificações existentes são a *Omniclass*, o *Unifomat* e o *Masterformat*.

A classificação *Omniclass* é o formato mais abrangente dentre os três citados acima, que classifica o ambiente construído para a indústria da construção norte americana. Essa classificação dispõe de uma biblioteca de terminologias que identifica os objetos e elementos do modelo (SABOL, 2008).

Esse sistema de classificação é obtido através da ISO12006 – *International Standart Organization* - que é uma Norma americana responsável pelas definições relativas ao *Omniclass*. Essa classificação trabalha com tabelas, nas quais a divisão de grupos ocorre por séries, ou dezenas conforme apresentado no Quadro 6 (MANZIONE, 2013).

Por exemplo, o grupo da série 40 do *Omniclass* é responsável pela geração de 2 tabelas que classificam os materiais e as propriedades de elementos BIM. A tabela 41, por exemplo, é a tabela que traz as definições sobre a classificação dos materiais de construção, como por exemplo o gesso, o cimento, a areia, a cal e o mármore, que serão elementos utilizados durante a modelagem em BIM.

A NBR15965 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas é uma adaptação da ISO12006 para utilização no Brasil, e por isso baseia-se na classificação *Omniclass*. Essa NBR15965 foi dividida em sete partes, mas somente 4 estão em vigor até o momento da publicação desta pesquisa. Nesta Norma estarão publicadas todas as tabelas para classificação dos elementos da construção para uso no processo de trabalho com BIM (ABNT, 2011;2012;2014;2015; KASSEM; AMORIM, 2015).

Esse exemplo citado acima para a classificação dos materiais de construção BIM foi feito através da Parte 2 da

Norma, denominada “NBR15965-2 - Parte 2” (ABNT, 2012). Essa parte da Norma apresenta duas tabelas de classificação dos elementos, uma de materiais de construção e outra das propriedades de construção. Ao invés da tabela de classificação de materiais ser nomeada tabela “41” como seria no *Omniclass*, mostrada no Quadro 6, ela será denominada de tabela “OM – Materiais de Construção”, com nome diferenciado da original da *Omniclass* e adaptado para uso no Brasil, conforme Quadro 7.

Quadro 6 - Classificação Omniclass

| SÉRIE | TABELA | DESCRIÇÃO |
|-------|--------|-------------------------------------|
| 10 | 11 | ENTIDADES DE CONSTRUÇÃO PELA FUNÇÃO |
| | 12 | ENTIDADES DE CONSTRUÇÃO PELA FORMA |
| | 13 | ESPAÇOS PELA FUNÇÃO |
| | 14 | ESPAÇOS PELA FORMA |
| 20 | 21 | ELEMENTO |
| | 22 | RESULTADO DO TRABALHO |
| | 23 | PRODUTOS |
| 30 | 31 | FASES |
| | 32 | SERVIÇOS |
| | 33 | DISCIPLINAS |
| | 34 | FUNÇÕES ORGANIZACIONAIS |
| | 35 | FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS |
| 40 | 41 | MATERIAIS |
| | 49 | PROPRIEDADES |

Fonte: Adaptado de OCCS - *Omniclass Construction Classification System* (2012) *apud* Manzione (2013 p.72)

É possível que existam dificuldades na compreensão da classificação definida pela Norma Brasileira, visto que elas se baseiam na classificação *Omniclass* americana, e que essa classificação não seja realizada de forma hierarquizada. Para auxiliar na compreensão, o Quadro 7 mostra um exemplo desta tradução da Norma Americana para a Norma Brasileira.

Sakamori (2015) afirma que com a introdução dessas novas Normas brasileiras, o problema da falta de padrão para a denominação dos elementos construtivos começa a ser solucionado. Para maior detalhamento do que compõe cada categoria de classificação deve ser consultada a Norma NBR15965. (ABNT, 2011;2012;2014;2015)

Quadro 7 - Exemplo de comparação da classificação BIM americana *Omniclass* e da adaptação para a Norma BIM do Brasil

| CLASSIFICAÇÃO | ISO12006 | NBR15965-2 |
|----------------------------|-----------|------------|
| MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO | TABELA 41 | TABELA 0M |
| PROPRIEDADES DA CONSTRUÇÃO | TABELA 49 | TABELA 0P |

Fonte: Adaptado de ABNT (2012) e Manzione (2013)

2.1.7 Qualidade do Modelo BIM

Outra questão importante ao se trabalhar com BIM é a qualidade do modelo. Melhado e Pinto (2015) afirmam que o processo que envolve o BIM deve ser cuidadoso no que diz respeito à qualidade do modelo, que inclui desde a nomenclatura utilizada para classificar os elementos do projeto até às questões da interoperabilidade necessária para o trabalho, além da preocupação em analisar as interferências entre os elementos modelados.

Santos, Antunes e Balbinot (2014) destacam que a qualidade da informação do projeto tem grande importância, pois interfere diretamente no resultado do orçamento. Melhado e Pinto (2015, p.8) complementam afirmando que o controle da qualidade do modelo deve ser “rigoroso, já que suas informações servirão de base para um sistema de gestão integrada e qualquer imprecisão pode desencadear erros sistêmicos”.

Em uma pesquisa realizada na Nova Zelândia, um participante mencionou que a qualidade da modelagem depende de como o modelo foi construído e das informações que ele contém. Não se pode afirmar que o BIM aumenta a qualidade das informações ou a qualidade do próprio projeto, pois isso depende de quem está projetando e de o modelo estar completo (STANLEY; THURNELL, 2014).

Forgues et al (2012) comentam que existe a possibilidade de ocorrer esquecimento de elementos do modelo ou os elementos existentes podem conter falhas e anomalias que alteram as estimativas de custos. Por isso, o autor destaca que é importante atentar para a qualidade do modelo 3D.

Ledo (2016) descreve que um modelo BIM deve ser eficaz e eficiente para garantir um processo de projeto ágil e de qualidade. Como eficaz, o autor menciona um modelo que possui precisão das informações e que não possui erros incorporados. Como eficiente, o autor entende que é o modelo considerado eficaz e que é criado e executado no menor tempo possível.

2.1.8 Variedade de softwares BIM

Existem diversos softwares BIM, que podem ser utilizados nas várias fases do processo de projeto. O Quadro 8 lista alguns dos principais softwares disponíveis no mercado e descreve sua contribuição para a orçamentação de uma edificação.

Quadro 8 - Softwares BIM e a contribuição direta para a orçamentação

Continua

| Fase BIM | Software BIM | Empresa desenvolvedora | Contribuição direta |
|--|---------------------------|-------------------------------|--|
| Fase de Concepção e Estudo de Viabilidade: BIM 3D | DProfiler | Beck Technology | Estudos de Viabilidade / Estimativa de custo |
| | Affinity | Trelligence | Estudos de Viabilidade / Estimativa de custo |
| Fase de desenvolvimento de projetos arquitetônicos e complementares: BIM 3D | Revit | Autodesk | Quantidades |
| | ArchiCAD | GRAPHISOFT | Quantidades |
| | AECOSim Building Designer | Bentley Systems | Quantidades |
| | Vectorworks | NEMETSCHEK | Quantidades |
| | Sketchup Pro | Trimble | Quantidades |
| | Allplan Architecture | NEMETSCHEK | Quantidades |
| | Tekla Structure | Trimble | Quantidades |
| | Scia Engineer | NEMETSCHEK | Quantidades e Memorial cál. |
| | Edificius | Acca Software | Quantidades |
| | DDS | Data Design System | Quantidades |

Quadro 8 - Softwares BIM e a contribuição direta para a orçamentação
 Continuação

| Fase BIM | Software BIM | Empresa desenvolvedora | Contribuição direta |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|
| Checagem dos modelos | Solibri Model Checker | Nemetschek Company | Qualidade do modelo / Quantidades / Detecção de conflitos |
| | Tekla BIM Sight | Trimble | Qualidade do modelo / Detecção de conflitos |
| | Navisworks | Autodesk | Qualidade do modelo / Quantidades / Detecção de conflitos |
| BIM 4D | Synchro Pro | Synchro Software | Planejamento/ Controle |
| | Vico Office | Trimble | Planejamento/ Controle |
| | DP Manager | Digital Project | Planejamento |
| | Navisworks | Autodesk | Planejamento/ Controle/ Quantitativos |
| | Innovaya Visual 4D Simulation | Innovaya | Planejamento/ Controle |
| BIM 5D | Innovaya Design Estimating | Innovaya | Quantidades / Orçamento |
| | Vico Office | Trimble | Quantidades / Orçamento |
| | PriMus | Acca Software | Quantidades / Orçamento |
| | Allplan BCM | NEMETSCHKEK | Quantidades / Orçamento |
| | Autodesk Quantity Takeoff | Autodesk | Quantidades / Orçamento |

Quadro 8 - Softwares BIM e a contribuição direta para a orçamentação
Conclusão

| Fase BIM | Software BIM | Empresa desenvolvedora | Contribuição direta |
|-----------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| BIM 6D | Planon Universe | Planon | Planejamento da operação e manutenção |
| | YouBIM | EngWorks | Planejamento da operação e manutenção |
| | Allplan Alfa | NEMETSCHEK | Planejamento da operação e manutenção |
| | ArchiBUS | ArchiBUS | Planejamento da operação e manutenção |
| BIM 7D | IES-VE | IES Technology | Simulações energéticas |
| | Riuska | Granlund | Simulações energéticas |
| BIM 8D | -- | -- | -- |

Fonte: elaborado pela autora

2.2 CONTROLE DE CUSTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.2.1 Planejamento e Controle de Obras

Gerenciar projetos e obras integra a realização de diversas atividades, tais como o orçamento, as compras, a gestão de pessoas, as comunicações internas e o planejamento das atividades (MATTOS, 2010).

O planejamento é um dos “principais fatores para o sucesso de qualquer empreendimento”, sendo que a organização é a característica principal para garantir um melhor controle de obras (GOLDMAN, 1997, p. 11).

Planejar é permitir a realização daquilo que é necessário num tempo determinado, para atingir um objetivo proposto para o futuro, “para acertar ao máximo, para driblar as contingências, para errar o mínimo possível” (CARDOSO, 2014, p. 134).

No planejamento de obras são realizadas as atividades relativas aos processos de construção, a definição das atividades da obra, a estimativa das durações de cada atividade, a escolha

dos recursos necessários para realizá-las e a definição das seqüências dessas atividades (SALGADO, 2016).

Para Librelotto (1999), é necessário conhecer todo o processo para poder planejar. Além disso, a autora afirma que o planejamento tem grande relevância para a definição dos custos de um empreendimento, pois o orçamento é uma das etapas do planejamento.

2.2.2 A orçamentação

A orçamentação é uma etapa importante do processo de projeto, pois, é através da estimativa de custos que se determina quanto um determinado projeto poderá custar. Além disso, o orçamento permite analisar se um empreendimento será viável ou não em etapas iniciais do processo (AVILA; LIBRELOTTO; LOPES, 2003).

Cardoso (2014, p. 162) afirma que o orçamento “é um documento que reúne de forma sintética ou analiticamente, as informações correspondentes a todos os projetos e especificações” e que poderá ser usado para tomada de decisão gerencial.

Para Mattos (2006) existe diferença entre o orçamento, que é um produto, e a orçamentação, que é o processo que determina o orçamento. Além disso, esse autor destaca que a finalidade do orçamento é maior do que apenas obter o custo de uma obra, pois serve também para levantamento de materiais e serviços, para dimensionamento de equipes de trabalho, para gerar os cronogramas físico e financeiro da obra, para realizar a análise de viabilidade econômica, e outras finalidades.

Um orçamento geralmente é formado pela soma de alguns custos, dentre os quais os que são ditos diretos, como a mão de obra, materiais e equipamentos, e outros indiretos, como as taxas e outras despesas gerais dos canteiros de obras (MATTOS, 2006). Cardoso afirma que “todo orçamento tem por objetivo chegar a um número, que é seu valor representativo e corresponde ao valor total da obra” (CARDOSO, 2014, p. 229).

Para Gehbauer (2002, p. 53), “o gerenciamento de custos deve ser feito desde o início do empreendimento”. A cada fase do projeto esse autor afirma que é importante rever a estimativa de custos, pois as informações serão maiores e mais precisas, o que permite aproximar mais o orçamento do custo final real.

As Normas brasileiras que atualmente tratam dos assuntos relacionados à orçamentação são a NBR12721 – Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifício em condomínio, da ABNT e a NBR12722 – Discriminação dos serviços para construção de edifícios, também da ABNT (ABNT, 1992;2006).

Percebe-se que com a implementação das novas Normas BIM (ABNT, 2011;2012;2014;2015), que propõe o uso de códigos unificados de abrangência nacional para modelagem BIM, existe atualmente um conflito com as Normas para orçamentação e com os bancos de composições para orçamento brasileiros, tais como SINAPI e TCPO13 (TCPO, 2010) que foram usados nesta pesquisa, e que possuem códigos próprios para serviços e insumos.

Uma das situações que causa conflito é que as Normas BIM da ABNT são baseadas nas tabelas de classificação da Omniclass americana (2006), enquanto que a forma de classificação até então utilizada no Brasil, em conformidade com as Normas, é diferente. Então, será necessária uma adaptação para que a classificação BIM dos elementos modelados no projeto esteja de acordo com a classificação que será adotada na discriminação orçamentária. A TCPO recentemente divulgou uma nova edição que contempla a introdução da classificação de componentes de acordo com Normas BIM (TCPO, 2017).

Além das Normas, algumas Leis devem ser levadas em consideração quando se trata da orçamentação. Essas Leis são a Lei Federal nº4591/1964 (BRASIL, 1964), a qual obriga os Sindicatos Estaduais a calcular e divulgar mensalmente os valores do CUB – Custo Unitário Básico - da referida região, e a Lei nº4864/1965 (BRASIL, 1965), que indica a necessidade do cálculo do custo global de uma obra pelo incorporador (MATTOS, 2006).

2.2.2.1 Memorial descritivo da obra

Para iniciar um trabalho de orçamentação detalhada de um empreendimento é necessário estar com o memorial descritivo da obra finalizado. O memorial descritivo é o documento que dispõe sobre as especificações técnicas e de acabamento de determinado empreendimento. Suas definições incidem diretamente nos custos e prazos de construção. Quanto mais

detalhado for esse memorial, mais preciso será o planejamento e o orçamento do empreendimento (GOLDMAN, 1997).

Tisaka (2011) afirma que o memorial descritivo é um documento textual detalhado, que apresenta informações necessárias para o entendimento do projeto, complementando-o. A NBR13532 (1995) descreve quais os documentos são necessários para cada etapa de projeto de arquitetura.

Dentre esses documentos, está o memorial descritivo da edificação, um documento textual que descreve características daquele empreendimento. O Quadro 9 mostra como deve ser elaborado o memorial descritivo para cada etapa do projeto arquitetônico, iniciando pelo programa de necessidades da arquitetura com um memorial de recomendações gerais, progredindo para o estudo preliminar com o memorial justificativo, após para o anteprojeto de arquitetura com o memorial descritivo da edificação incluindo seus elementos e componentes.

2.2.2.2 Discriminação orçamentária

Tisaka (2011) descreve que um dos passos para realização de um orçamento é levantar todos os serviços envolvidos, através da discriminação dos mesmos, dividindo-os em grupos e seguindo uma ordem cronológica. Para realizar um bom orçamento e controle da construção, Mutti (2008, pg. 23) afirma que é necessária a existência da discriminação orçamentária, a qual a autora também chama de Plano de Contas.

Tal autora diz que com a discriminação orçamentária é possível subdividir uma obra ou empreendimento em diferentes atividades, possibilitando o controle dos insumos, e que quanto mais preciso for o detalhamento destas atividades e serviços, melhores as condições para controlá-los e o resultado a ser obtido.(MUTTI, 2008)

Baeta (2012, p. 66) diz que “é importante existir um plano que discrimine e organize as várias fases de execução da obra. Tal plano é denominado discriminação orçamentária ou plano de contas da construção”. Ele relaciona a sequência de atividades que entram na composição do orçamento e que vão ocorrer na execução da obra.

Quadro 9 - Elaboração do memorial por etapa de projeto

| | ETAPAS DE PROJETO | MEMORIAL |
|---|--|--|
| 1 | Levantamento de dados para arquitetura | -- |
| 2 | Programa de necessidades de arquitetura | Memorial de recomendações gerais |
| 3 | Estudo de viabilidade de arquitetura | -- |
| 4 | Estudo preliminar de arquitetura | Memorial justificativo |
| 5 | Anteprojeto de arquitetura ou de pré-execução | Memorial descritivo da edificação; Memorial descritivo dos elementos da edificação, dos componentes construtivos e dos materiais de construção. |
| 6 | Projeto legal de arquitetura | -- |
| 7 | Projeto básico de arquitetura e Projeto para execução de arquitetura | Memorial descritivo da edificação; Memorial descritivo dos elementos da edificação, das instalações prediais em aspectos arquitetônicos, dos componentes construtivos e dos materiais de construção; Memorial quantitativo dos componentes construtivos e dos materiais de construção. |

Fonte: adaptado da ABNT (1995)

Essa divisão das tarefas também pode ser chamada de Estrutura Analítica de Projeto, ou EAP, do inglês *Work Breakdown Structure* – WBS, que é uma divisão das tarefas até o nível de detalhamento necessário para permitir o controle de projetos e obras. Através da EAP pode-se extrair a relação dos

itens que devem compor um orçamento, como mostra o Quadro 10. (CARDOSO, 2014).

Quadro 10 - Exemplo de EAP parcial para a construção de uma residência

| CASA | |
|-------------|--------------|
| FUNDAÇÃO | |
| | ESCAVAÇÃO |
| | SAPATAS |
| ESTRUTURA | |
| | ALVENARIA |
| | TELHADO |
| | INSTALAÇÕES |
| ACABAMENTO | |
| | ESQUADRIAS |
| | REVESTIMENTO |
| | PINTURA |

Fonte: Mattos (2010)

Mutti (2008) complementa que tanto as Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos, a exemplo da TCPO, como a NBR12721 (2006), possuem exemplos de discriminação orçamentária, e essa subdivisão em etapas construtivas representa também a EAP.

2.2.2.3 Composições de custos

Goldman (1997) caracteriza uma composição de custos como a integração entre todos os insumos, desde os materiais, a mão de obra e até os equipamentos necessários para a execução de uma atividade da construção. O autor explica que

nas composições de custos existe um índice de consumo por unidade de serviço, que multiplicado pelo seu custo unitário resultará no custo total do insumo para a execução do serviço.

Mattos (2006, pp. 62-63) afirma que a composição de custos “é uma tabela que apresenta todos os insumos que entram diretamente na execução de uma unidade do serviço, com seus respectivos custos unitários e totais”. Cardoso (2014) também aborda a composição de custos como o “estabelecimento do preço para um determinado serviço” e que contém os materiais nas suas devidas quantidades, a mão de obra envolvida e os equipamentos. As composições de custos são “conjuntos de elementos estruturados proporcionalmente referidos a uma unidade adotada como referência para quantificação e mensuração do serviço considerado”. Esses elementos são os insumos e seus coeficientes de consumo (TCPO, 2012, p. 42).

Em relação às fontes de composição de insumos para obtenção do custo, Sakamori (2015) esclarece que na construção civil brasileira geralmente usam-se as tabelas da TCPO, as do SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, ou as tabelas da Revista Construção e Mercado.

A TCPO é a publicação mais tradicional e completa nesta área (CARDOSO, 2014; MATTOS, 2006). Tisaka (2011) afirma que a TCPO traz as composições dos serviços com informações sobre produtividade, materiais, consumos e outros, necessários para orçar um empreendimento, conforme Figura 8.

Quanto ao SINAPI, este é também muito usado na construção civil brasileira e possibilita calcular os custos de projetos residenciais, comerciais, industriais e outros. Através da Lei 10.524/2002 (BRASIL, 2002) o SINAPI foi adotado como o indicador oficial para orçamentos de obras públicas que tenham recursos provenientes da União, conforme Figura 9 (CAIXA, 2016; SAKAMORI, 2015).

Figura 8 - Exemplo de composição de custos da TCPO para o serviço de portas de alumínio

PORTAS - PORTAS DE ALUMÍNIO

12.005.000007.SER PORTA de alumínio, de correr, duas folhas, uma fixa - unidade: m²

| CÓDIGO | COMPONENTES | UNID. | CONSUMOS |
|-------------------|--|----------------|----------|
| 01.021.000001.MOD | Pedreiro | h | 1,5 |
| 01.026.000001.MOD | Servente | h | 2,5 |
| 03.001.000008.MAT | Areia média | m ³ | 0,0029 |
| 04.002.000002.MAT | Cimento Portland CP-32 | kg | 1,17 |
| 13.005.000029.MAT | Porta de alumínio de correr com duas folhas em perfil linha 25 | m ² | 1,00 |

CONTEÚDO DO SERVIÇO

Consideram-se material e mão de obra para execução do serviço descrito.

CRITÉRIO DE MEDIÇÃO

Por unidade instalada.

Fonte: TCPO (2012)

Figura 9 - Exemplo de composição de custos do SINAPI para o serviço de instalação de portas metálicas

| Classe: ESQV - Esquadrias/Ferragens/Vidros | | | | |
|--|--|---|---------|--------------|
| Tipo: 98 - Porta e/ou Tamba de Alumínio | | | | |
| Código / Seq. | Descrição da Composição | | | Unidade |
| 01.ESQV.PORT.037/02 | PORTA EM ALUMÍNIO DE ABRIR TIPO VENEZIANA COM GUARNIÇÃO, FIXAÇÃO COM PARAFUSOS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015 | | | M2 |
| Código SIPCI | | | | |
| 91341 | | | | |
| Vigência: 08/2015 | | Última atualização: 09/2016 | | |
| COMPOSIÇÃO | | | | |
| Item | Código | Descrição | Unidade | Coefficiente |
| C | 88309 | PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | H | 0,3826 |
| C | 88316 | SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | H | 0,1910 |
| I | 39025 | PORTA DE ABRIR EM ALUMÍNIO TIPO VENEZIANA - ACABAMENTO ANODIZADO NATURAL, SEM GUARNICAO/ALIZAR/VISTA, 87 X 210 CM | UN | 0,5473 |
| I | 7568 | BUCHA NYLON S-10 C/ PARAFUSO ACO ZINC ROSCA SOBERBA CAB CHATA 5.5 X 65MM | UN | 4,8166 |
| I | 142 | SELANTE ELASTICO MONOCOMPONENTE A BASE DE POLIURETANO PARA JUNTAS DIVERSAS | 310ML | 0,8829 |
| I | 40555 | GUARNICAO/MOLDURA DE ACABAMENTO PARA ESQUADRIA DE ALUMINIO ANODIZADO NATURAL, PARA 1 FACE *COLETADO CAIXA* | M | 6,8504 |

Fonte: SINAPI (2017b)

2.2.2.4 Levantamento de quantidades

A estimativa de custos de um empreendimento inicia pelo levantamento das quantidades. Com as quantidades disponíveis, os profissionais passam para a produção da estimativa de custos do projeto (SABOL, 2008).

Diversos autores consideram a etapa de levantamento de quantidades dos serviços muito importante, sendo necessária atenção do profissional para obtenção desses valores, a fim de obter o mínimo de erros (AVILA et al., 2003; GOLDMAN, 1997; MATTOS, 2006; MELHADO; PINTO, 2015).

O levantamento de quantidades tem sua importância atrelada à responsabilidade pela definição das quantidades de materiais que serão comprados na obra e também para a definição das equipes de produção em função da definição de prazos pré-estabelecidos (AVILA et al., 2003; GOLDMAN, 1997).

Melhado e Pinto (2015) descrevem que o levantamento de quantidades é a base para desenvolver um plano de custos e prazos para o empreendimento, detalhado e próximo da realidade. Apesar dessa importância, esses autores destacam que existem poucos materiais e discussões a respeito das boas práticas para o processo de estimativa de quantidades.

Goldman (1997) relata duas situações que auxiliam a minimização de erros no levantamento de quantidades: a primeira é que todas as especificações de acabamentos devem estar bem definidas para não deixar dúvidas quanto aos acabamentos, e a segunda é que deve-se ter bem definido quais serão os critérios usados para levantar essas quantidades, como por exemplo no caso das esquadrias de alumínio da composição apresentada na figuras 8. Naquele caso, o critério solicita o levantamento das quantidades por unidade de esquadria instalada. A definição dos critérios é essencial, pois altera a forma de medição de determinada quantidade no projeto.

Quando a estimativa de quantidades é feita de forma manual, Santos, Antunes e Balbinot (2014) mencionam o grande consumo de tempo para fazer o levantamento de quantidades, que é diretamente influenciado pela experiência do profissional. Geralmente usam-se planilhas de cálculo para auxiliar o trabalho. Esses autores afirmam que existe a possibilidade de ocorrerem equívocos nos valores dos levantamentos manuais. Os resultados podem estar sujeitos à propagação de erros, que

serão refletidos no orçamento final da obra. Por isso, os autores destacam a necessidade de melhoria no processo de orçamentação, e citam BIM como possível solução.

O mercado atualmente está crescendo com a introdução de ferramentas BIM, que podem mudar a forma como os profissionais estão acostumados a realizar o levantamento de quantidades. Com as ferramentas BIM o levantamento de quantidades passa a ser automatizado facilitando o trabalho desses profissionais. As informações também são mais acuradas, pois são medidas diretamente do modelo digital (SABOL, 2008).

Porém, não é possível realizar o levantamento de todos os quantitativos por meio do uso de softwares BIM (TABOADA; GARRIDO-LECCA, 2014). As estruturas e equipamentos temporários do canteiro, por exemplo, não serão contabilizados nos levantamentos de quantidades feitos pelo software BIM do modelo 3D (FORGUES et al., 2012).

Santos, Antunes e Balbinot (2014) dizem que o orçamentista que for utilizar BIM para extrair quantidades ainda deverá realizar alguns cálculos de forma manual, pois não tem como incorporar alguns serviços ao modelo. Outra consideração é que o projetista deverá optar por qual a unidade de medida desejada para extrair cada quantidade, no momento de geração das tabelas dentro do software BIM.

Através do modelo BIM paramétrico que contém as informações do projeto, espera-se que as quantidades levantadas desse modelo sejam mais fiéis à realidade, e que minimize a existência de erros humanos no processo de levantamento de quantidades (MELHADO; PINTO, 2015).

Em relação à facilidade do uso, precisão, detalhes e rapidez do uso do software BIM para levantamento de quantidades, Santos, Antunes e Balbinot (2014) realizaram uma pesquisa com o objetivo de comparar três experimentos realizados para extração de quantidades: o primeiro é o levantamento manual, o segundo o levantamento de quantidades usando um software BIM 3D e o terceiro é o levantamento de quantidades usando um software BIM específico para extrair quantidades, chamado *Autodesk Quantity Takeoff*.

A Tabela 1 traz essa comparação, na qual os autores classificaram com “1” os critérios considerados regulares e “3” os critérios que receberam “ótimo”.

Tabela 1- Comparação entre experimentos

| CRITÉRIO | EXPERIMENTO A MANUAL | EXPERIMENTO B REVIT | EXPERIMENTO C QUANTITY TAKEOFF |
|----------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| FACILIDADE DE USO | 3 | 2 | 1 |
| PRECISÃO | 1 | 3 | 3 |
| GRAU DE DETALHE | 2 | 2 | 3 |
| RAPIDEZ DO LEVANTAMENTO | 1 | 3 | 3 |

Fonte: Adaptada de Santos, Antunes e Balbinot (2014)

Com base nesta tabela, é possível afirmar que o uso de softwares BIM ainda é complexo e exige treinamento da equipe. Porém, os autores enfatizam que o uso dos softwares BIM, tanto o 3D como o software 5D trazem resultados mais satisfatórios em relação ao levantamento manual de informações, no que diz respeito à precisão da informação obtida, ao grau de detalhe do modelo e das informações, além de serem mais ágeis para trazer resultados quando comparados com um levantamento de quantidades manual.

SANTOS et al (2014, pp. 17-18) fazem afirmações interessantes a respeito da precisão das informações obtidas e sobre a rapidez do levantamento. Sobre a precisão, afirmam que os valores obtidos nos experimentos “são exatos, precisamente calculados pelas dimensões dos modelos BIM.” E sobre a rapidez, consideram que é “uma das principais vantagens da tecnologia BIM sobre o método manual” e destacam a importância da correta configuração dos softwares e das facilidades de alterações de projeto, que são automaticamente refletidas nos resultados.

Taboada e Garrido-Lecca (2014) apontam algumas sugestões para padronizar os trabalhos em BIM, tais como: usar uma convenção de nomes para os elementos do projeto, definir parâmetros padrões que tenham informações relevantes e inserir nos elementos, além de auditar o modelo 3D para confirmar sua qualidade, evitando assim a propagação de erros. Isso deve ser feito antes de extrair as informações de quantidades. Somente após essas etapas, deve-se exportar as tabelas e quantidades e exportar o modelo para as etapas BIM seguintes.

Cayres (2016) descreve dois fatos que influenciam nos resultados do levantamento de quantidades. Um deles é a existência de critérios específicos para estimativas de quantidades, tais como os descontos de vãos de revestimentos e alvenarias. O segundo é a existência de variações na forma de executar esses levantamentos, devido à identidade de cada profissional e a forma de trabalho de cada empresa.

Em relação aos critérios, Cardoso (2014, p. 229) afirma que “o valor do orçamento será tão mais preciso, quanto mais rigorosos forem os critérios de levantamento dos quantitativos dos serviços...”. Os critérios de medição indicam a forma como determinado serviço deve ser quantificado (TCPO, 2012).

Sobre a adoção de critérios para levantamento de quantidades, Cardoso menciona a importância de todos os orçamentistas que trabalham num mesmo projeto ou empresa, uniformizarem os critérios usados, para evitar a falta de padrão nas quantidades levantadas do projeto (CARDOSO, 2014).

Existem diversas formas de adoção de critérios e uma sugestão é descontar todos os vazios existentes no projeto de arquitetura. Como exemplo, no caso das esquadrias ele sugere descontar todos os vãos da alvenaria e no caso do cruzamento de pilares, vigas e lajes deve-se considerar o “volume comum em um dos elementos estruturais e não nos dois”, para evitar contabilizar material em dobro (CARDOSO, 2014, p. 229).

Os bancos de composições unitárias trazem a sugestão de quais critérios o orçamentista deve adotar se estiver utilizando suas composições unitárias. A TCPO e o SINAPI são exemplos de bancos que trazem a informação a respeito dos critérios que devem ser usados com suas respectivas composições de custos, e esses critérios variam de um banco para outro.

2.2.2.5 Níveis de detalhamento do orçamento

Para Tisaka (2011), o ponto de partida da orçamentação é a existência de projetos detalhados que contenham todas as informações necessárias para obter as quantidades e levantar os custos. Mattos (2006) e Baeta (2012) afirmam que existem diferentes graus de detalhe do orçamento e citam três classificações principais: a estimativa de custo, o orçamento preliminar e o orçamento detalhado.

Baeta (2012, p.42) complementa que “elaborar uma estimativa de custos é uma atividade bem diferente de elaborar um orçamento, pois se aplicam técnicas distintas em cada caso”.

Alguns autores, como por exemplo, Cardoso (2014) e Ávila, Librelotto e Lopes (2003), indicam outras classificações para a orçamentação, com nomenclaturas diferenciadas às propostas por Mattos (2006) e Baeta (2012). Todos os autores sugerem primeiramente um método de orçamentação com precisão menor, baseado em estimativas e avaliações, e sugerem outros métodos de orçamentação para obtenção de maior precisão, confiabilidade e rigor nos resultados.

A estimativa de custos, ou avaliações de custos, para Mattos (2006, p. 34) é a “avaliação expedita com base em custos históricos e comparação com projetos similares. Dá uma ideia aproximada da ordem de grandeza do custo do empreendimento”. Este orçamento estimado pode ser feito com base no Custo Unitário Básico do metro quadrado da construção, chamado de CUB (BAETA, 2012; BRASIL, 1964; GOLDMAN, 1997).

O orçamento preliminar, segundo Mattos (2006, p.34), é “mais detalhado do que a estimativa de custos, pressupõe o levantamento de quantidades e requer a pesquisa de preços dos principais insumos e serviços”.

O orçamento detalhado ou analítico, para Mattos (2006, p. 34), é “elaborado com composição de custos e extensa pesquisa de preços dos insumos. Procura chegar a um valor bem próximo do custo real, com reduzida margem de incerteza”. Mattos (2006) também afirma que um orçamento não será exato, mas que deve ser aproximado e preciso, e que quanto mais detalhada for a orçamentação, menor será o erro.

Ávila et al (2003) apresentam margens de erros esperadas para cada tipo de orçamento, conforme apresentado na Tabela 2. Essas margens de erros demonstram que podem existir variações entre os valores orçados para cada nível de detalhamento do orçamento e os valores reais praticados na execução de determinado empreendimento.

Tabela 2 - Margens de erros e tipos de orçamentos

| TIPO DE ORÇAMENTO | MARGEM DE ERRO |
|---------------------------------|----------------------|
| AVALIAÇÕES / ESTIMATIVAS | De +/- 30% a +/- 15% |
| ORÇAMENTO EXPEDIDO | De +/- 15% a +/-10% |
| ORÇAMENTO DETALHADO / ANALÍTICO | De +/-10% a +/-1% |

Fonte: Adaptada de Ávila et al (2003)

2.2.3 Orçamento de obras públicas

A Lei 8666/93 é responsável por normatizar os contratos e licitações públicas e descreve que as obras e os serviços só poderão ser licitados quando existir orçamento detalhado em planilhas que expressem a composição de todos os seus custos unitários, dentre outras considerações (BRASIL, 1993).

Baeta (2012) apontou as principais irregularidades encontradas pelo Tribunal de Contas da União nas fiscalizações e auditorias de obras públicas no ano de 2011, e apresentou alguns dos problemas ocasionados pela falta de planejamento, licitação e execução de obras, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Irregularidades apontadas pelo TCU na auditoria de obras públicas

| DESCRIÇÃO DA IRREGULARIDADE | QUANTIDADE DE OBRAS EM QUE A IRREGULARIDADE FOI CONSTATADA | PERCENTUAL DE FISCALIZAÇÕES |
|---|--|-----------------------------|
| SOBREPREGO OU SUPERFATURAMENTO | 128 | 55,65% |
| PROJETO BÁSICO DEFICIENTE OU DESATUALIZADO | 124 | 53,91% |
| OUTRAS IRREGULARIDADES VERIFICADAS NO ORÇAMENTO | 63 | 27,40% |
| RESTRIÇÃO AO CARÁTER COMPETITIVO DA LICITAÇÃO | 47 | 20,43% |
| OUTRAS IRREGULARIDADES | 156 | 30,12% |
| TOTAL DE IRREGULARIDADES MAIS RECORRENTES | 518 | |

Fonte: Adaptada de Baeta (2012)

A irregularidade mais encontrada é o superfaturamento ou sobrepreço das obras, causados por fatores como preços orçados que são acima do real, uso excessivo dos custos indiretos e pagamento de serviços que não foram realizados. Com isso, Baeta (2012) afirma que o conhecimento da engenharia de custos e orçamento é essencial para os profissionais ligados a essas áreas nos setores públicos, pois permite maior controle e ciência do trabalho de fiscalização.

Outra irregularidade apontada por Baeta (2012) e muito encontrada na fiscalização de obras é a deficiência de informações de projeto, ou a desatualização desses, que tem como consequência o impedimento da elaboração de um orçamento detalhado da obra, uma vez que os projetos existentes são básicos e não executivos. Para o autor, “só existe condição de montar um orçamento detalhado e fidedigno se o projeto contiver um grau de desenvolvimento e detalhamento suficiente para a completa estimativa de custo...”.

Neste caso, entende-se por projeto básico, segundo a Lei 8666/93 (BRASIL, 1993), o projeto que contém os elementos necessários e suficientes para caracterizar a obra objeto da licitação com precisão, que possibilite dentre outras coisas, a avaliação de custo e definição de prazos para execução. Os elementos que devem estar contidos no projeto básico, segundo o Art. 6º desta Lei são:

“a) desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;

b) soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras e montagem;

c) identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem

frustrar o caráter competitivo para a sua execução;

d) informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;

e) subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;

f) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados”. (BRASIL, 1993)

Apesar da exigência de precisão no projeto básico, esse normalmente não tem o nível de detalhe desejado para as análises precisas e podem não contemplar todos os “elementos necessários e suficientes para a execução completa da obra”, pois essa é a definição do projeto executivo segundo a mesma Lei (BRASIL, 1993).

2.2.4 Modelagem 5D

Cardoso (2014, p. 238), tratando do assunto adoção de softwares para levantamento de quantidades com fins de orçamentação e planejamento de obras, afirmou que “o ideal seria ter um software com tripla função”, referindo-se às atividades de projetar, gerar as quantidades diretamente do projeto e elaborar a planilha de orçamento para edição integrada ao projeto.

Os softwares BIM possuem algumas tecnologias para integrar as funções propostas por Cardoso (2014), através dos softwares BIM 5D. Porém, Sakamori (2015) informa que os softwares BIM 5D que existem no mercado, a exemplo do Vico Office e do Innovaya, realizam um orçamento eficaz, mas são de difícil acesso e entendimento. Além disso, os softwares BIM 5D

atualmente não permitem modelar a edificação internamente, mas permitem a abertura da edificação pronta em BIM dentro da interface, a exemplo do VICO Office utilizado nesta pesquisa.

Em relação às fases preliminares de projeto, Forgues et al (2012) sugerem o uso de softwares para análise de viabilidade, tais como o Dprofiler, que estimam aproximadamente o custo dos empreendimentos. Em fases mais avançadas, visando informações mais precisas a respeito do custo, os autores sugerem o uso de ferramentas BIM 5D específicas para essa finalidade, tais como o Vico Office e o Innovaya.

Os mesmos autores complementam que a detecção de interferências no modelo deveria ser realizada antes da fase de análises de custos, visando a qualidade do modelo, e que quanto maior o nível de detalhamento de um projeto ou de um modelo BIM, mais preciso será esse orçamento (FORGUES et al., 2012).

2.3 O ENSINO DE BIM NAS ESCOLAS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA

A educação no Brasil enfrenta alguns desafios como, por exemplo, a questão de qual a melhor forma de educar para conviver em um mundo que está em constante evolução, no qual deve-se atentar para as inovações e para a formação de profissionais que possam atender às demandas do mercado de trabalho, dentre elas, acompanhar essas evoluções através das inovações tecnológicas (ROCHA, 1996).

Devido à mudança de postura no mercado de trabalho do setor da Arquitetura, Engenharia e Construção ocasionada pela introdução da inovação chamada de Modelagem da Informação da Construção, exigem-se novos conhecimentos para os profissionais do setor. Com isso, a universidade tem um papel fundamental de apresentar aos futuros profissionais esse novo processo de trabalho, bem como garantir a formação deles nessa área, preparando-os para a atuação no campo profissional (DELATORRE, 2014; RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013).

A inserção do processo BIM nas universidades é tema de interesse internacional e é visto como um grande desafio, devido à importância das mudanças que ocorrem com a adoção desse novo processo no setor da construção (AZENHA; LINO; COUTO, 2016; CHECCUCCI, 2014).

No Reino Unido destaca-se a falta de profissionais qualificados na competência BIM e por esse fato, existe a necessidade de alinhar o mercado com as instituições de ensino superior. Em outros países da União Europeia, como a França e a Noruega, as dificuldades da implementação de BIM na academia são similares, pois há falta de professores qualificados para essa temática e existe um desafio para elaboração de aulas multidisciplinares, que envolvem mais de uma disciplina, e que são pontos essenciais na aplicação do processo BIM (KASSEM; AMORIM, 2015).

No Brasil, diversas instituições de ensino superior pretendem integrar a Modelagem da Informação da Construção em suas disciplinas, tanto na graduação como na pós-graduação, com o objetivo de acompanhar a inovação que está ocorrendo no mercado de trabalho com a transição do CAD para o BIM (CHECCUCCI, 2014; DELATORRE, 2014; MATTANA; LIBRELOTTO, 2016; RABBI; CALMON; CONDE, 2016; ROMCY; TINOCO; CARDOSO, 2015; SANTOS, E. T. et al., 2016; SILVA et al., 2015).

A implementação de BIM no ensino das universidades brasileiras ainda é muito limitada (KASSEM; AMORIM, 2015). Ruschel, Andrade e Moraes (2013) afirmam que a maioria das experiências didáticas usando BIM no Brasil ocorrem em disciplinas isoladas, sem integração e colaboração de diferentes equipes.

Barison (2015) buscou experiências de BIM no âmbito internacional e afirmou que a grande maioria das escolas optou por oferecer uma disciplina especializada em BIM ou incorporou BIM numa disciplina existente, e que apenas 7% das experiências envolvem colaboração intracursos.

Delatorre (2014) propôs uma metodologia pra inserir BIM no ensino do curso de Arquitetura e Urbanismo de uma universidade do oeste de Santa Catarina, incluindo BIM na matriz curricular existente e propondo atividades extracurriculares complementares para o aprendizado. A autora afirma que BIM não depende apenas da tecnologia, mas também da integração e colaboração entre os envolvidos no processo.

Para Checcucci (2014), o ensino de BIM deve iniciar em uma disciplina existente do currículo do curso, e a partir daí deve-se planejar sua inserção integrada no currículo, ou numa nova disciplina. Além disso, a autora traz as questões das

compras de equipamentos, materiais, infraestrutura adequada e formação de professores, que são essenciais para poder adotar BIM nas disciplinas de cursos superiores.

Checucci (2014) traz algumas orientações para adotar BIM nos cursos de engenharia e arquitetura. Dentre elas, estão a avaliação dos obstáculos que podem existir; a definição de qual nível de formação em BIM deseja-se promover nos alunos; a definição da estratégia para integração do ensino nas disciplinas da universidade; a definição do método de ensino-aprendizagem; e definir como serão propostas as avaliações das disciplinas.

Rabbi, Calmon e Conde (2016) traçaram alguns dos principais entraves para implementar BIM no curso de arquitetura e urbanismo da UFES, que são o pequeno número de professores que dominam a tecnologia, a resistência dos professores à mudança, a falta de equipamentos adequados nos laboratórios de informática, a falta de adequação física dos espaços de sala de aulas e a falta de integração entre as disciplinas do curso e com as da engenharia.

Na busca por desenvolver habilidades que permitam capacitar estudantes e profissionais no Brasil, Barison (2015) propôs níveis de proficiência em BIM, os quais a autora caracterizou como modelador BIM, analista BIM e gestor BIM.

O nível modelador não exige conhecimentos prévios em BIM, visto que é uma experiência introdutória. No nível analista é necessário ter conhecimentos prévios em BIM, e ter experiência em usar uma ferramenta BIM. No nível gestor é necessário ter conhecimentos avançados em BIM, experiência em ferramentas BIM e conhecimentos de programação (BARISON, 2015).

Checucci (2014) acredita que BIM pode potencializar o aprendizado do processo de projeto, além do entendimento da construção e da gestão de uma edificação, auxiliando na aquisição de diversas competências necessárias para um engenheiro civil. A autora defende que a adoção de BIM de forma integrada no processo de ensino é o ideal e recomendado.

A autora afirma que existem algumas habilidades para trabalhar com BIM, tais como saber interpretar dados e informações, capacidade de trabalhar com informações multimodais, saber tratar a colaboração entre equipes, e outras. O trabalho com modelos BIM auxiliam também na aquisição de habilidades e noções espaciais, importante para os estudantes de engenharia e arquitetura (CHECCUCCI, 2014).

“A criação do modelo BIM, através da instanciação de componentes e a sua manipulação, tais como rotação, translação, geração de animações e simulações, são ações que levam o estudante a treinar e aprimorar estas habilidades espaciais.” (CHECCUCCI, 2014, p.119)

Ledo (2016) afirma que existem algumas variáveis que influenciam no desempenho da atividade de modelagem 3D, e cita fatores como aspectos cognitivos, psíquicos e a aprendizagem como um dos grupos de influência, relacionado ao indivíduo que vai desempenhar a função de modelar. Outro grupo de influência seriam os aspectos relativos à infraestrutura de trabalho, como os softwares, hardware e ambiente físico para trabalho.

Em relação ao grupo de influência relacionado ao indivíduo, Checcucci (2014, p. 24), diz que BIM é “um meio de representação que introduz novos elementos na configuração instrumental e cognitiva do estudante”. Para essa autora, BIM auxilia a memória e o raciocínio ao reunir informações em um único modelo, potencializa a atenção ao modelo através de ferramentas de checagem, permite o planejamento e a antecipação dos processos construtivos da edificação e facilita a interpretação das informações contidas no modelo. Todos esses aspectos contribuem para a aprendizagem do estudante.

Além disso, alguns conhecimentos essenciais destacam-se para o trabalho em BIM, como a necessidade de conhecimento do ciclo de vida das edificações e dos aplicativos BIM, o conhecimento de LODs, a criação de bibliotecas e a organização das informações do modelo. Para trabalhar com BIM deve-se ter atitudes tais como ser flexível, organizado, proativo, colaborativo, e ter olhar crítico (CHECCUCCI, 2014).

A fim de traçar as necessidades de habilidades e conhecimentos para trabalhar em BIM em diversos serviços, Barison (2015) propôs competências relativas à orçamentação e que podem auxiliar no processo de ensino integrado nos currículos das universidades, conforme quadro apresentado no Anexo A. Barison (2015, p. 200) afirma que a habilidade de extrair quantidades de um projeto pode ser ensinada em Ateliê

de Projeto no curso de Arquitetura. No curso de Engenharia Civil, a autora propõe mais atividades, como a extração de quantidades, a elaboração de planejamento, a análise de interferências, a elaboração de nuvem de pontos e as simulações dos modelos podem ser feitas usando ferramentas BIM.

Barison (2015) propõe habilidades individuais para uso de BIM pra diversos serviços, dentre eles para estimativa de custos e extração de quantidades. As competências de extrair quantitativos para usar nas estimativas, uso de outras ferramentas especializadas para orçamento, e para extrair quantitativo e estimar custos de modelos BIM exige-se nível de habilidade de modelador intermediário e as atividades devem ser realizadas pelo orçamentista.

Para a autora, dados de custos não deveriam ser incorporados no modelo BIM. “O modelo deve apenas subsidiar dados geométricos, como áreas e volumes, por meio de tabelas que podem ser exportadas e depois importadas em sistemas de gestão financeira”. (BARISON, 2015, p. 261).

Além disso, Barison (2015) propõe quais recursos são necessários para realização de alguns serviços em BIM, tais como estimativa de custos automatizada e a extração de quantidades automatizada, conforme mostram os quadros do Anexo A. Destaca-se a necessidade de adaptar os sistemas de composições de custos unitários, tais como a TCPO13 (TCPO, 2010), para padronização da classificação das informações BIM integradas aos bancos de composições.

Para auxiliar na implementação de BIM em disciplinas de gestão, outro recurso que pode ser utilizado é o aplicativo para celular, a exemplo do BIMx, utilizado para apresentação 3D de um modelo BIM e de sua documentação 2D gerada a partir do modelo. Para Pereira (2015), o uso da mídia móvel permite às pessoas, dentre outras coisas, estarem conectadas, consultarem informações em qualquer local a qualquer hora facilitando algumas tomadas de decisões e o compartilhamento de informações. A autora informa que “esta mobilidade está permitindo um mundo híbrido onde o virtual e o real se sobrepõem potencializando a ação humana”. Essa mobilidade pode ser inserida de forma consciente nas disciplinas para a construção de conhecimentos em sala de aula, auxiliando o professor (PEREIRA, 2015, p. 19).

3. MÉTODOS E MATERIAIS

Esta é uma pesquisa quali-quantitativa baseada em uma pesquisa-ação com 2 estudos de casos aplicados em sala de aula, para alunos de graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFSC, durante 2 semestres letivos – Etapas 1, 2 e 3. Também foi realizada pesquisa de mercado na cidade de Florianópolis – Etapa 4 – com empresas atuantes no tema pesquisado.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Para Santos (2012), as pesquisas podem ser classificadas de duas formas. A primeira, com base nos procedimentos usados pelo pesquisador, e a segunda, com base nos objetivos pretendidos com a pesquisa.

Santos (2012) considera os procedimentos como a pesquisa bibliográfica, documental, experimental, estudo de caso, pesquisa participante, pesquisa-ação e outras. Quanto aos objetivos, esse autor considera as pesquisas exploratórias, descritivas ou explicativas.

Em relação aos procedimentos adotados nesta pesquisa, segundo as orientações de Santos (2012), foram utilizados o estudo de caso múltiplo e a pesquisa-ação combinados. Quanto aos objetivos, esta pesquisa se classifica como exploratória.

Para Laville e Dione (1999), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa com dados existentes através da qual o pesquisador se concentra sobre um caso, geralmente escolhido por seu caráter considerado típico, a fim de investigá-lo com profundidade. Nesta pesquisa, foram usados 2 estudos de caso, caracterizando-a como uma pesquisa-ação de casos múltiplos. O estudo de caso auxiliará na compreensão da complexidade da quantificação com fins orçamentários através do uso de ferramentas BIM.

A pesquisa-ação foi desenvolvida dentro de ambiente de ensino-aprendizagem, proporcionando interação entre a pesquisadora e os pesquisados, o que contribui com reflexões e conclusões a respeito das informações do caso estudado. Também se caracteriza como uma pesquisa exploratória, pois há o objetivo de conhecer e aprofundar sobre o problema, que ainda é pouco pesquisado no Brasil.

Esta é uma pesquisa de natureza aplicada, dirigida à solução de problemas para aplicações práticas. O tratamento dos dados desta pesquisa terá abordagem quali-quantitativa, na qual foram analisados números e dados mensuráveis, características da pesquisa quantitativa, que primam pela precisão e objetividade dos resultados, e também foram avaliados os resultados qualitativos provenientes dos questionários e entrevistas aplicados.

O Quadro 11 apresenta um resumo da classificação desta pesquisa, quanto à natureza, ao tratamento dos dados, à abrangência e aos procedimentos adotados.

Quadro 11 - Classificação da pesquisa

| Classificação da Pesquisa | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--|
| Natureza | Tratamento dos dados | Abrangência | Procedimento |
| Aplicada | Quali-quantitativo | Estudo Exploratório | Pesquisa-ação com estudos de casos múltiplos |

Fonte: Elaborado pela autora

Thiollent (2000, p. 14) define a pesquisa-ação da seguinte forma:

“a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.”

Tripp (2005, p. 447) caracteriza a pesquisa-ação como “uma forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática”.

Para Thiollent, existem diferenças entre a pesquisa-ação e a pesquisa-participante, pois a pesquisa-ação, além de ter a participação do grupo pesquisado, garante que a ação foi elaborada e planejada previamente. Esse autor afirma que toda

pesquisa-ação é participante, mas que o contrário nem sempre é verdadeiro.

A ação tratada nesta pesquisa é de caráter organizacional e educacional, e visa resolver problemas técnicos com a introdução de uma nova tecnologia em sala de aula, com o objetivo de mudar a prática convencional e tentar melhorá-la. A autora desempenhou um papel ativo para a resolução da ação proposta, em conjunto com o grupo pesquisado, nesse caso os alunos.

Para Tripp (2005), a pesquisa-ação voltada para a educação é uma boa estratégia para desenvolver professores e pesquisadores, aprimorando o ensino e o aprendizado dos alunos, contribuindo para a melhora da prática no decorrer do processo.

Franco (2005) comenta que é possível utilizar um diário de bordo durante a aplicação dos dados da pesquisa-ação, para registrar todos os dados recolhidos durante o processo, como compreensões, interpretações, descrição das atividades realizadas e das posturas do grupo, síntese das reflexões, caracterização das mudanças, descrição da participação dos elementos do grupo, entre outros. Nesta pesquisa, foi realizado um diário das aulas, para registrar todas as atividades e conclusões obtidas por dia de aplicação dos dados.

Nesta dissertação, cumpriu-se algumas das etapas descritas segundo Thiollent (2000), que são: fase inicial exploratória, definição do tema da pesquisa, a formulação do problema, o papel da teoria, a construção de hipóteses, a realização do seminário ou reunião do grupo, a delimitação da amostra, a coleta de dados, a aprendizagem e análise de dados, o plano de ação e a divulgação dos resultados. A fase inicial exploratória ocorreu com a revisão bibliográfica do tema, e com a definição do estado da arte. Juntamente, ocorreu a definição do tema da pesquisa. A pergunta de pesquisa foi elaborada, formulando um problema a ser pesquisado.

A reunião com o grupo escolhido ocorreu em ambiente escolar, numa disciplina curricular da graduação em arquitetura e urbanismo. Com isso, a amostra estava delimitada: a aplicação voltou-se aos alunos de arquitetura, que cursavam a disciplina de TEC IV. Os dados foram coletados durante o semestre letivo de cada estudo de caso, nas etapas 1, 2 e 3 da pesquisa, e os debates/assessoramentos ocorriam em cada aula na disciplina,

junto da aplicação dos dados. A divulgação dos resultados ocorre através da publicação desta pesquisa.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS E DA DISCIPLINA

3.2.1 Estudo de Caso 1: Projeto padrão casas populares da Caixa Econômica Federal

O projeto escolhido para estudo de caso 1 é uma casa popular térrea de aproximadamente 42 m². Este projeto foi elaborado pela Caixa e disponibilizado para a população em um Caderno de Projetos – Figura 10, disponível no site referenciado neste trabalho. (CAIXA, 2007)

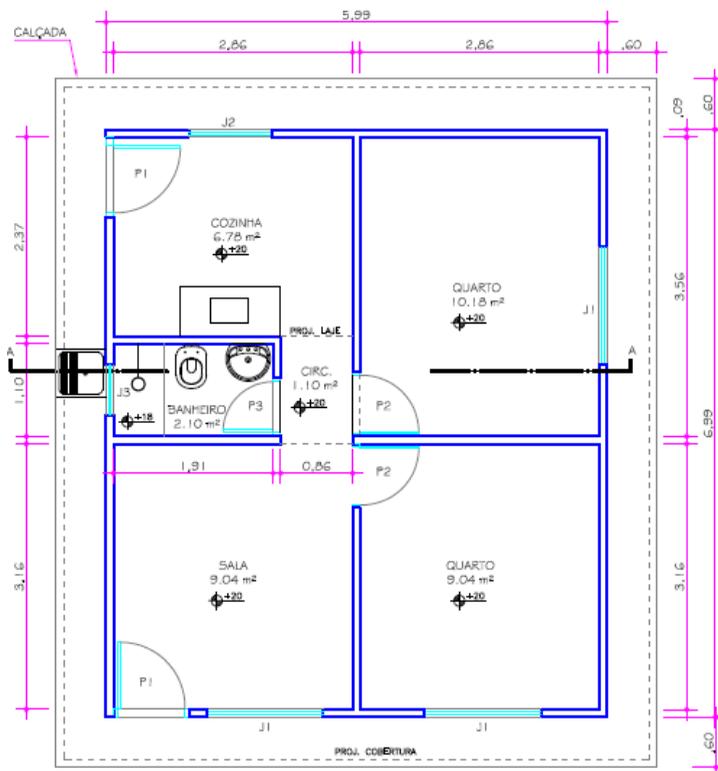
Figura 10 - Caderno de Projeto da Caixa



Fonte: CAIXA (2007)

O projeto tem como objetivo atender à demanda por habitações nos municípios brasileiros. A estratégia é atingir um baixo custo de produção para a edificação e possibilitar o atendimento do maior número possível de famílias com os recursos provenientes do Governo, para a demanda habitacional existente nas cidades brasileiras. No Caderno de Projetos, a equipe responsável salienta a necessidade de adaptações nesse projeto padrão, conforme o local em que será implantado, e que isso poderá ser feito por um profissional habilitado. A residência é composta por sala, dois quartos, banheiro e cozinha, conforme mostra a Figura 11 (CAIXA, 2007).

Figura 11 - Planta Baixa Arquitetônica



Fonte: Caderno de Projetos Caixa (2007)

Em relação à estrutura, o projeto foi dimensionado para um solo de boa qualidade, e deverá ser adaptado conforme cada realidade de implantação da residência. Para a fundação, esta pesquisa adotou o radier, uma vez que o Caderno de Projetos orienta que deve-se adaptar a fundação para cada terreno. Neste caso, optou-se por uma fundação que facilitaria a modelagem em sala de aula. A residência foi projetada em alvenaria estrutural, e tem paredes com funções portantes, portanto, não deve conter vigas e pilares em concreto armado (CAIXA, 2007).

Para o padrão de acabamento, o Caderno sugere duas opções: padrão de acabamento mínimo, que compreende “a edificação com piso cimentado, pintura a base de cal e alvenaria sem revestimentos” e o padrão básico, que compreende “a edificação com piso em cerâmica, pintura em PVA e alvenaria com revestimento interno e externo”. Neste trabalho utilizou-se a segunda opção, o padrão de acabamento básico. As esquadrias são compostas por portas em madeira e janelas em alumínio. No telhado serão utilizadas telhas cerâmicas e madeiramento para estruturá-lo (CAIXA, 2007).

O reboco tem 2 cm em cada parede, e as áreas molhadas devem ser revestidas com azulejo cerâmico 20 cm x 20 cm. Em relação às instalações hidráulicas, esta residência deve ter uma caixa d’água de 500 L. Tanto as instalações hidráulicas como a elétrica devem seguir as definições dispostas no Caderno de Projetos.

Todos os projetos, incluindo o da Figura 11, estão disponíveis no Caderno de Projetos Caixa, incluindo os projetos em 2D dimensionados para o elétrico, o hidráulico e o estrutural, além do memorial descritivo e da discriminação orçamentária. O modelo BIM desenvolvido durante a aplicação desta dissertação está apresentado na Figura 12.

3.2.2 Estudo de Caso 2: CRAS – Centro de Referência para Assistência Social

A edificação do CRAS, pertencente ao Governo do Estado de Santa Catarina, foi escolhida para compor o segundo estudo de caso desta pesquisa. O projeto arquitetônico do CRAS foi modelado em BIM pelo LaBIM, Laboratório de BIM do Governo do Estado, e o modelo estrutural foi modelado via cooperação técnica entre o LaBIM e uma empresa privada desenvolvedora

de softwares, que forneceu o modelo estrutural ao Governo. Os modelos foram disponibilizados pelo Governo de Santa Catarina para esta pesquisa.

Figura 12 - Modelo arquitetônico do protótipo desenvolvido no Revit 2015 em sala de aula



Fonte: Elaborado pela autora

O projeto do CRAS é um projeto padrão replicado em diversas cidades catarinenses. É uma edificação térrea, que possui 171,66 m² de área construída e foi modelada em BIM. Da mesma forma que o estudo de caso 1, como o CRAS é um projeto padrão e não possui um local e terreno definidos, esse projeto deve ser adaptado para cada local que for implantado, seguindo a legislação vigente, como o Código de Obras de cada cidade e a realidade de cada terreno. Como padrão, adota-se um terreno retangular de medidas 15 m x 30 m.

A função da edificação do CRAS é a de proteção social, através de serviços públicos de assistência social. O atendimento é voltado para pessoas em situação de vulnerabilidade social, sujeitas à pobreza, violência, discriminações, entre outras situações. Segundo a Secretaria de Estado da Assistência Social, Trabalho e Habitação, as edificações do CRAS pelo Estado atendem até 3500 usuários por mês, garantindo proteção e atendimento integral à família, serviço de convivência e fortalecimento de vínculos, serviço de proteção social básica no domicílio para pessoas com deficiência e idosas (SST/SC, 2016).

O Programa de necessidades possui os seguintes ambientes internos: recepção, sala de atendimento

familiar/individual, banheiros PNE masculino e feminino, banheiros feminino e masculino, almoxarifado, cozinha, área de serviço, circulação, sala multiuso, sala de coordenação/administração e área coberta. Nos ambientes externos encontra-se o estacionamento descoberto, espaço externo coberto e a área de serviço (COHAB/SC, 2015).

Em relação à estrutura, o modelo foi dimensionado para lajes treliçadas com EPS. O modelo BIM possui vigas e pilares de concreto armado, assim como as fundações que são em sapatas de concreto armado.

As vedações foram modeladas com tijolos cerâmicos de 14 cm, exceto as paredes destinadas aos shafts que contavam com tijolos de 9 cm. As paredes do modelo foram revestidas com reboco e chapisco em ambos os lados, além da pintura acrílica branca tanto em ambiente externo como interno.

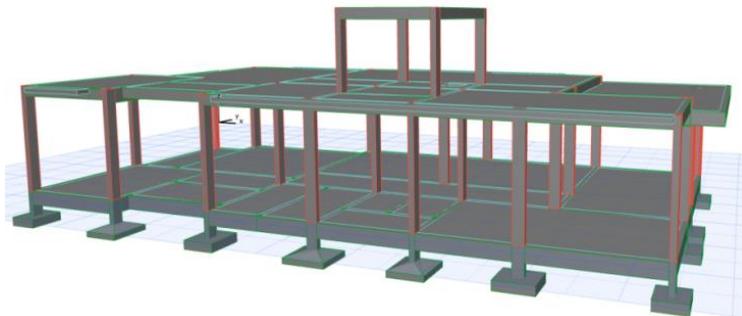
O telhado é composto de telhas de fibrocimento e é estruturado com ripas, caibros e terças de madeira, e encontra-se envolto pela platibanda. Algumas superfícies possuem impermeabilização, especialmente as lajes sobre as marquises e as lajes que não encontram-se protegidas pelo telhado.

Os revestimentos de piso são o contrapiso, o piso cerâmico assentado com argamassa e os pisos podotáteis, este de borracha e assentado com cola sobre o piso cerâmico. As paredes, além da pintura, podem ser revestidas com pastilhas na fachada e azulejos cerâmicos de parede na parte interna, conforme especificações dos modelos e do memorial.

As esquadrias podem ser de madeira ou de alumínio, conforme tabela de esquadrias, memorial descritivo e especificações do projeto. Nos ambientes externos também existem portões e grades de ferro. No acesso frontal encontram-se os corrimãos de alumínio no entorno da escada e rampa, que garantem a acessibilidade ao acesso do local.

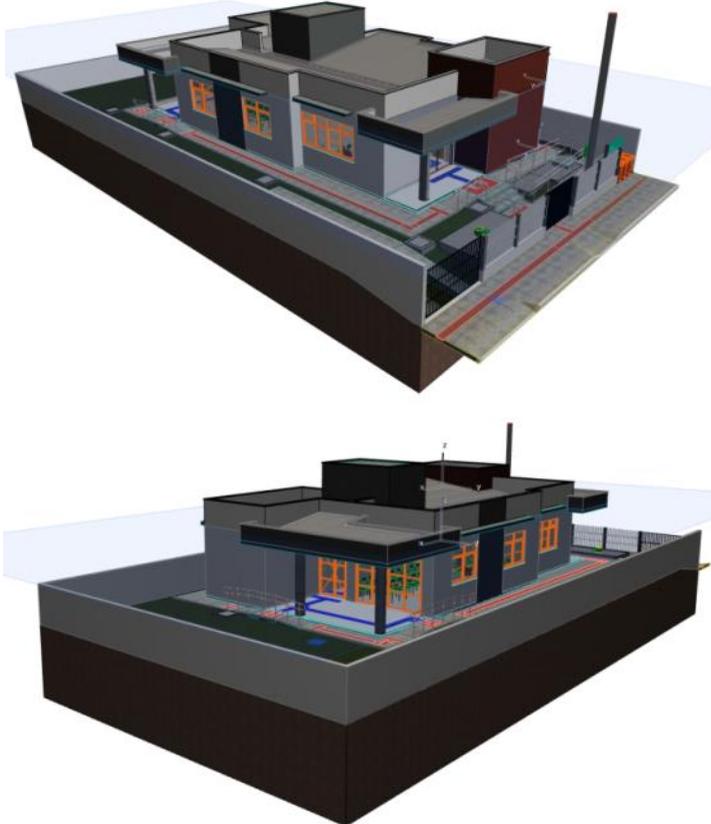
A Figura 13 mostra o modelo BIM estrutural do CRAS e a Figura 14 apresenta o modelo BIM arquitetônico do CRAS, ambos utilizados nesta pesquisa.

Figura 13 - Modelo estrutural do CRAS



Fonte: disponibilizado pelo Governo do Estado de Santa Catarina, 2016

Figura 14 - Modelo arquitetônico do CRAS – Software ArchiCAD 20



Fonte: disponibilizado pelo Governo do Estado de Santa Catarina, 2016

3.2.3 Disciplina de Tecnologia das Edificações IV

A disciplina na qual ocorreu a aplicação dos dados das etapas 1, 2 e 3 desta dissertação foi a de “Tecnologia das Edificações IV”, da sexta fase do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFSC.

Esta disciplina tem como objetivo principal desenvolver quantificações de materiais e serviços, custos, discriminação de materiais e serviços e planejamento da obra. Além disso, espera-se que o aluno, após cumprir a disciplina, seja capaz de compreender a construção de forma integrada e não apenas os projetos isolados; desenvolver planilhas de quantitativos e orçamentos; determinar o caminho crítico e planejar uma obra, calculando redes PERT/CPM.

Para a disciplina são realizadas aulas expositivas com uso de recursos audiovisuais, aulas práticas no laboratório e trabalhos práticos. Nos semestres da aplicação dos dados desta pesquisa, foram usados softwares BIM específicos para o desenvolvimento das aulas práticas em concordância com os objetivos desta pesquisa. A avaliação sempre é realizada com duas provas, um trabalho final e exercícios práticos sobre os conteúdos ministrados, que são valorados na nota final do aluno.

A ementa da disciplina compreende o estudo de “materiais, equipamentos, técnicas construtivas em instalações e acabamentos, discriminações, quantificações, custos, orçamentos e cronograma de obras”. (ARQ/UFSC, 2017). Com isso, o conteúdo desta pesquisa é uma parte da ementa dessa disciplina, o que permitiu a aplicação dos dados da pesquisa em sala de aula, contribuindo também para o trabalho final dos alunos.

A disciplina é ofertada semestralmente, por ter caráter obrigatório, em duas turmas, uma pela manhã e outra pela tarde. A turma da manhã tem aulas nas quartas das 08:20 h às 10:00 h e sextas das 07:30 h às 09:10 h. A turma da tarde tem aulas nas quartas das 13:30 h às 15:10 h e nas sextas das 13:30 h às 15:10 h.

As aplicações desta pesquisa na disciplina de TEC IV ocorreram em dois momentos. O primeiro, para o caso 1, ocorreu no semestre de 2016/1, nas duas turmas, manhã e tarde. A segunda aplicação, referente ao caso 2, ocorreu no semestre

2017/1, nas duas turmas, manhã e tarde, sendo a etapa 2 na turma da tarde e a etapa 3 na turma da manhã. No total, foram 30 alunos participantes do estudo de caso 1 e 32 alunos participantes do estudo de caso 2, totalizando 62 alunos que colaboraram com os resultados desta pesquisa.

3.3 MÉTODOS E METODOLOGIAS

Richardson (2012, p. 22) afirma que método “é o caminho ou a maneira para chegar a determinado fim ou objetivo”. Para isso, é necessário traçar esse caminho a ser seguido a fim de obter as respostas desejadas. Santos (2012) também descreve o método como um caminho seguido para se chegar a um fim determinado ou a um objetivo desejado. Esse autor destaca algumas outras conceituações sobre método oriundas de diferentes autores, conforme seguem no Quadro 12.

Quadro 12 - Outras conceituações sobre método

| Autor | Conceito |
|----------------|---|
| René Descartes | “É o caminho a seguir para chegar à verdade nas ciências” |
| Hegenberg | “É o caminho pelo qual se chega a determinado resultado”. |
| Ackroff | “Forma de relacionar técnicas e alternativas para a ação científica”. |
| Trujillo | “É a forma de se proceder ao longo de um caminho”. |
| Bunge | “Conjunto de procedimentos que se propõe e se coloca em prova”. |
| Jolivet | “É a ordem que se deve impor aos diferentes processos para se chegar a um fim”. |
| Nérice | “Conjunto coerente de procedimentos”. |

Fonte: Adaptado de Santos (2012, p. 106)

Para melhor graficar o método adotado nesta pesquisa, foi elaborada a Figura 15, que descreve os caminhos seguidos através das etapas desta pesquisa, ou seja, o método adotado para cumprir com os objetivos propostos por este trabalho.

O método é importante para se chegar ao resultado almejado com segurança e clareza. Para Richardson (2012, p.

22) dentro do método científico, deve-se aprofundar na metodologia adotada, que “são os procedimentos e regras utilizadas por determinado método”.

Santos (2012, p. 207) explica que dentro do método de pesquisa, definido por ele como o “roteiro da ação, ou seja, as fases do estudo desejado” existem as técnicas nas quais “se relacionam os modos ou maneiras de como será efetivada a pesquisa”.

Ambos os autores tratam da descrição ou passo a passo de como uma pesquisa é realizada através das definições propostas no método. Porém, esses autores usam termos diferentes para denominar essa ação. Portanto, nesta pesquisa será adotado o termo “metodologia”, conforme abordado por Richardson (2012, p. 22) para descrever todos os procedimentos adotados para efetivar a pesquisa através do método apresentado na Figura 15.

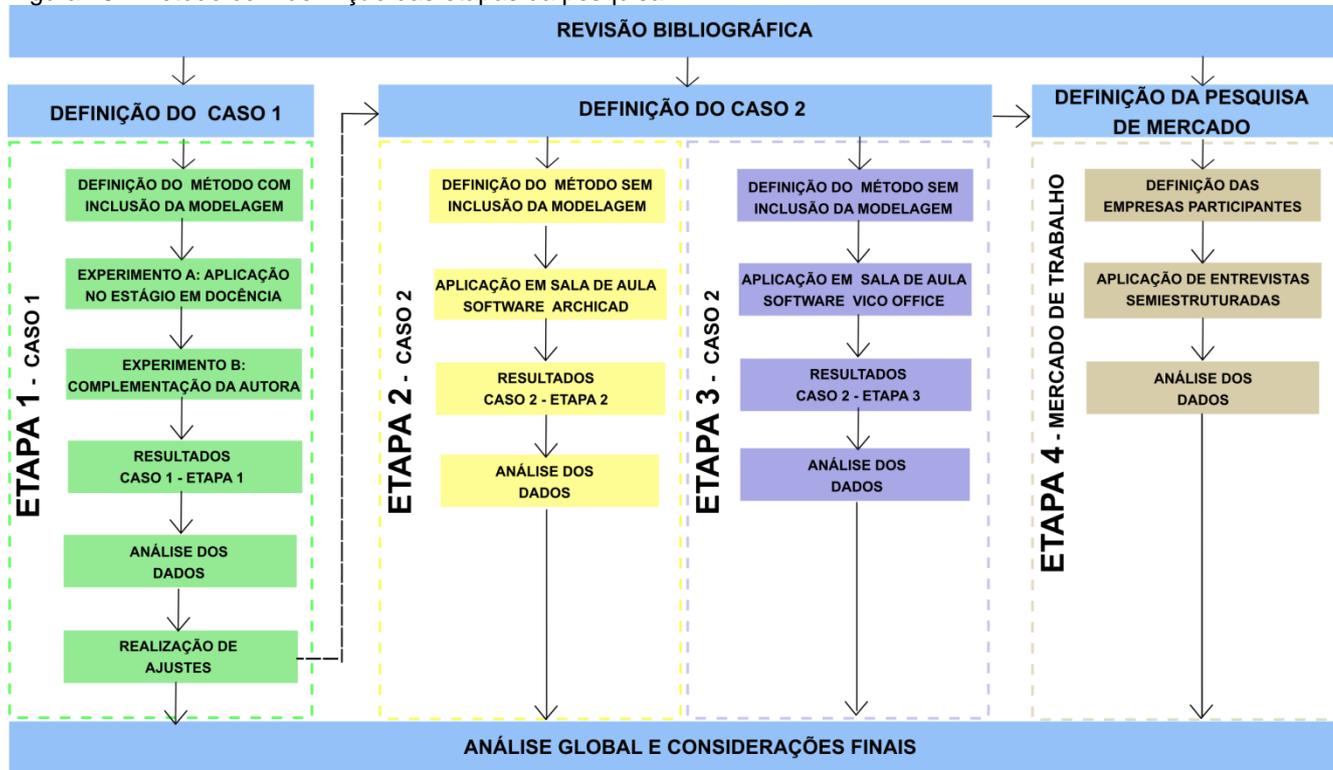
Nessa figura pode-se observar que a pesquisa foi subdividida em 4 principais etapas, que permitem a obtenção de resultados, os quais nos trazem respostas sobre a contribuição do BIM para o setor da construção, para o mercado de trabalho e para a área acadêmica.

A etapa 1, composta pelo caso 1 foi o primeiro estudo a ser aplicado de forma isolada. A disciplina escolhida para a aplicação é composta por 36 aulas/encontros e 18 semanas no semestre, sendo duas aulas por semana. Foram 18 aulas utilizadas para a aplicação na etapa 1, divididas igualmente em duas turmas de graduação em arquitetura e urbanismo durante um semestre letivo de 2016/1.

Após, definiu-se as etapas 2 e 3 que levam em consideração a área acadêmica, e juntamente delas, desenvolveu-se também a etapa 4, que aborda questões do mercado profissional. Para a etapa 2 e 3 foram novamente 18 aulas utilizadas para a aplicação desta pesquisa, 9 aulas para a etapa 2 que ocorreu em apenas uma turma de graduação do semestre letivo de 2017/1, e 9 aulas para a etapa 3 que ocorreu em outra turma de graduação do semestre letivo de 2017/1.

A integração entre todas essas aplicações permitiu obter resultados que respondem à pergunta principal e levam às considerações finais deste trabalho. Além do método, tem-se a metodologia utilizada para se chegar ao resultado desejado, que está descrita a seguir na Figura 15.

Figura 15 - Método com definição das etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora, 2017

3.3.1 Metodologia Etapa 1 - Caso 1

Antes de iniciar a condução do caso 1 foi realizada uma estruturação dos conceitos envolvidos na aplicação de BIM para extração de quantitativos orçamentários. A partir desses conceitos, foram pesquisados outros assuntos relacionados à Modelagem da Informação da Construção, orçamentação e ensino, que compõem a revisão bibliográfica da pesquisa.

A revisão bibliográfica foi realizada entre maio e julho de 2016, com dados e informações obtidos de bases de dados na internet e de livros impressos. Para filtrar a pesquisa, foi realizada a busca pelas palavras chaves do tema, conforme seguem: BIM, Modelagem da Informação da Construção, Levantamento de Quantitativos, Orçamento, BIM 5D, Ensino de BIM, *Quantity Takeoff* e *Building Information Modelling*.

As bibliografias encontradas compreendem as dissertações, doutorados e artigos científicos, datados de 1999 a 2016, além de outros materiais como Guias, Cadernos e Leis específicas do tema. As bases de dados utilizadas para a pesquisa foram: Portal Capes, Scopus, Springer, DSpace - MIT e outras bases de dados de universidades brasileiras e internacionais. A busca por trabalhos tanto nacionais como de outros países tem como objetivo traçar um panorama do que é estudado no exterior e o que é investigado no Brasil, integrando informações do tema da pesquisa.

Após, foi escolhido um caso para ser aplicado durante o estágio de docência da autora, nas duas turmas da disciplina de Tecnologia da Edificação IV no semestre 2016/1. O projeto definido para a aplicação foi o projeto padrão de casas de habitação de interesse social da Caixa Econômica Federal, que possui aproximadamente 42 m².

A escolha por esse projeto teve como intenção proporcionar facilidade para a modelagem de uma edificação simples em sala de aula, com uso de um software BIM. Além disso, a disponibilidade do Caderno de Projetos completo, contendo os projetos arquitetônico e complementares, foi outro item que facilitou na tomada de decisão e escolha pelo uso desse projeto nessa etapa da pesquisa.

O objetivo proposto era a modelagem BIM dessa edificação, usando o software Revit 2015 em sala de aula, para

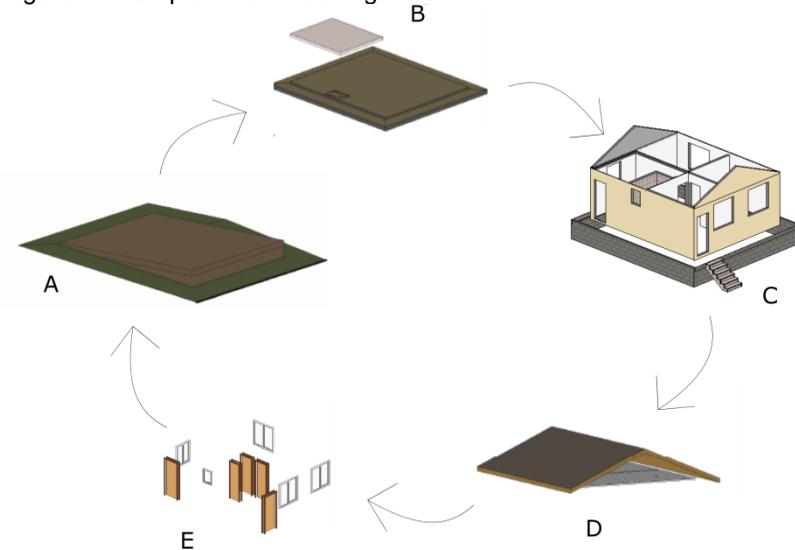
posterior extração de quantidades do modelo para fins orçamentários.

O desenvolvimento deste estudo auxiliou os alunos dessas turmas a obterem informações necessárias para o trabalho avaliativo final da disciplina, que visava a elaboração do orçamento e a programação da obra. Proporcionou também outros benefícios no processo ensino-aprendizagem, como facilidade para visualização dos projetos em 3D, auxiliou no entendimento da execução da obra e facilitou a obtenção de quantidades dos projetos.

Para uma melhor compreensão do método utilizado, realizou-se uma descrição detalhada das atividades efetuadas, aqui entendidas como metodologia com inclusão de modelagem. O projeto elétrico e o hidrossanitário não foram modelados nesse momento. Em relação à etapa 1 desenvolvida no estágio de docência da autora na disciplina de Tec IV, a primeira fase foi chamada de Experimento A, e as seguintes atividades foram realizadas:

- 1) Aplicação de questionário preliminar;
- 2) Caracterização e entendimento do projeto selecionado para estudo de caso;
- 3) Modelagem do projeto arquitetônico com os alunos da disciplina de Tec IV, usando o software Revit 2015 Student conforme Figura 16:
 - a) Terreno e volumetria propostos;
 - b) Fundação e lajes;
 - c) Vedações, revestimentos e escadas;
 - d) Cobertura e forros;
 - e) Aberturas;
 - f) Pisos, rebaxos de box e calçadas;
- 4) Revisão do projeto junto com os alunos: memorial descritivo atualizado e complementação das informações faltantes no caderno de projetos;
- 5) Elaboração da discriminação orçamentária;
- 6) Definição dos critérios de medição e seleção de composições de custo em conformidade com o memorial descritivo;
- 7) Inserção de discriminação, composições e quantidades no software de orçamentação convencional Pléo/Franarin utilizado na disciplina;

Figura 16 - Esquema da modelagem do Caso 1 no Revit



Fonte: elaborado pela autora

- 8) Obtenção dos resultados;
- 9) Percepção acerca do entendimento dos alunos sobre a modelagem e quantificação usando BIM através de aplicação de questionário pós-aplicação;
- 10) Análise dos resultados da turma.

A autora realizou a complementação do modelo BIM após a aplicação em sala de aula, que neste trabalho será caracterizado como Experimento B na Etapa 1, no qual foram desenvolvidas atividades relacionadas à validação do modelo desenvolvido no quesito qualidade do modelo e realizada a modelagem dos projetos hidrossanitário e elétrico, conforme a metodologia seguinte:

- 1) Geração e exportação de arquivo IFC oriundo do modelo BIM arquitetônico, modelado em sala com alunos no software Revit;
- 2) Importação do modelo BIM em formato IFC pelo software ArchiCAD 19 e modelagem do projeto hidrossanitário com base no IFC do arquitetônico. Essa ação de utilizar

mais de um software BIM ocorreu devido a dois motivos: o primeiro foi intenção da autora em simular a integração e colaboração entre os projetistas do mercado que trabalham com softwares de fornecedores diferentes, e a segunda foi com a intenção de testar o formato “IFC” proposto para trabalhos em BIM;

- 3) Modelagem do projeto elétrico no Revit, com base em arquivo IFC do projeto arquitetônico;
- 4) Como resultado obteve-se 3 arquivos de projetos: projeto arquitetônico do Revit, projeto elétrico do Revit e projeto hidrossanitário do ArchiCAD;
- 5) Geração do “IFC” para cada um dos projetos existentes: IFC da modelagem do arquitetônico, IFC da modelagem hidrossanitária e IFC da modelagem do elétrico;
- 6) Compatibilização geométrica dos 3 IFCS utilizando o software Tekla BIM Sight;
- 7) Análise das interferências - *clash detection* - e correção das incompatibilidades;
- 8) Aprovação dos projetos com correções e compatibilizados;
- 9) A partir da discriminação orçamentária e do método usual de elaboração de orçamento, obteve-se as quantidades, para cada projeto, oriundas dos softwares Revit e ArchiCAD;
- 10) Resultados das análises gerais;
- 11) Proposição de correções no método para aplicação no estudo de caso 2.

3.3.2 Metodologia Etapas 2 e 3 – Caso 2

Após a aplicação no estudo de caso 1, foram feitos ajustes na metodologia para desenvolvimento do caso 2, referente à edificação do CRAS. Foi possível concluir a partir do caso 1, a necessidade do uso de um projeto já modelado para filtrar erros/deficiências na modelagem.

A aplicação ocorreu novamente em sala de aula, nas duas turmas da disciplina de Tecnologia da Edificação IV no semestre 2017/1. Desta forma, a modelagem BIM ficou fora do método do estudo de caso 2, permitindo dedicar o tempo das aulas para o levantamento dos quantitativos de projetos e análises dos

resultados do grupo, conforme os objetivos propostos por esta pesquisa.

O desenvolvimento do caso 2, sobre a edificação do CRAS, foi dividido em duas etapas. A etapa 2 compreende o levantamento de quantidades do modelo do CRAS através do uso do software ArchiCAD 20, mesma ferramenta que foi utilizada para o desenvolvimento do modelo no Governo de Santa Catarina. Essa é uma ferramenta BIM 3D, que dentre outros fins, pode contribuir também para levantamento de quantidades do projeto. No caso esta pesquisa, a ferramenta usada foi a versão estudante.

A etapa 3 consiste no levantamento de quantidades do modelo BIM do CRAS através do uso de uma ferramenta BIM 5D chamada VICO Office. Além de permitir o levantamento de quantidades do modelo, o VICO também permitiu elaborar o orçamento completo da edificação dentro da sua interface, por se tratar de uma ferramenta destinada ao planejamento e orçamento de obras.

Assim como no caso 1, o desenvolvimento deste estudo auxiliou os alunos dessas turmas a obterem informações necessárias para o trabalho avaliativo final da disciplina, que compreende a elaboração do orçamento e a programação da obra. Foram aplicados questionários para medir a percepção do grupo em dois momentos, um antes de iniciar a aplicação do estudo e um após a intervenção realizada em sala de aula.

Para uma melhor compreensão do método utilizado nessas etapas 2 e 3, realizou-se uma descrição detalhada das atividades efetuadas, aqui entendidas como metodologia sem inclusão de modelagem. Somente o modelo arquitetônico e o complementar estrutural, integrados e compatibilizados, fizeram parte da pesquisa, pois os demais projetos de instalações não foram fornecidos pelo Governo do Estado de Santa Catarina porque não estavam prontos até o momento da aplicação.

3.3.2.1 Etapa 2 - Caso 2

Em relação à etapa 2, os procedimentos metodológicos utilizados foram:

- 1) Revisão da literatura: a revisão bibliográfica do tema foi aprimorada nos meses de Novembro de 2016 a Junho de 2017;
- 2) Reformulação de justificativas, objetivos, problema e pergunta de pesquisa, conforme orientações da banca de qualificação;
- 3) Atualização da versão do ArchiCAD 19, usada no caso 1, para a versão ArchiCAD 20 - que é a mesma que foi usada para modelagem final do CRAS no Governo - no computador da autora;
- 4) O caso em estudo, modelo BIM do CRAS, foi cedido pelo Governo do Estado de Santa Catarina primeiramente em sua versão "R27" em Fevereiro de 2017 para estudos iniciais e aprendizado do software, e posteriormente em sua versão "R40" em Abril de 2017. O memorial arquitetônico também foi fornecido, porém desatualizado;
- 5) Instalação dos softwares ArchiCAD 20 e VICO Office no Labmicro, laboratório de computadores da arquitetura da UFSC, e no computador pessoal da professora da disciplina de TEC IV;
- 6) Elaboração do Plano de Ensino da Disciplina, com os ajustes necessários para a aplicação dos resultados desta pesquisa ao longo do semestre letivo;
- 7) Análise preliminar do modelo BIM do CRAS na versão R27, pela autora da pesquisa, dentro do software ArchiCAD 20;
- 8) Preparação e organização das aulas e exercícios pela autora da pesquisa;
- 9) Gravação dos vídeos explicativos, do ArchiCAD 20, com os principais passos das aulas, os quais foram disponibilizados para serem usados como objetos de aprendizagem pelos alunos. Os vídeos foram gravados durante todo o semestre letivo, durante a preparação e evolução das aulas;
- 10) Apresentação, caracterização e entendimento do projeto selecionado para estudo de caso, o CRAS, nas duas turmas da disciplina de TEC IV;
- 11) Aplicação de 6 exercícios preliminares, que continham conteúdos base para a formação do aprendizado dos alunos, tais como desenvolvimento de estimativa

- orçamentária pelo CUB e levantamento de algumas quantidades do CRAS manualmente;
- 12) Orientação para instalação do ArchiCAD 20 nos computadores de todos os alunos;
 - 13) Elaboração e padronização da discriminação orçamentária para a edificação do CRAS, feita pela professora da disciplina e pela autora da pesquisa, para que os alunos pudessem usar o mesmo arquivo de base para o orçamento. Foram selecionadas composições unitárias da TCPO13 (TCPO, 2010), em conformidade com o memorial descritivo e modelo BIM;
 - 14) Atualização parcial do memorial descritivo feita pela professora da disciplina e pela autora da pesquisa, deixando algumas informações para serem inseridas pelos alunos e para serem entregues como parte do trabalho final da disciplina;
 - 15) Organização e disponibilização de arquivos importantes na plataforma moodle: arquivo com as composições unitárias da TCPO13, arquivo com os preços do SINAPI mês de referência Março, Memorial Descritivo atualizado parcialmente pela professora e pela autora, discriminação orçamentária atualizada e padronizada no formato Excel, vídeos e outros;
 - 16) Realização das aulas para extração de quantidades do modelo BIM do CRAS. Na turma da tarde, extraído diretamente do software ArchiCAD 20;
 - 17) Conclusões parciais e elaboração de diário de aulas;
 - 18) Inserção das quantidades na discriminação orçamentária padrão, durante as aulas;
 - 19) Atualização da tabela comparativa entre quantidades ArchiCAD 20 e VICO Office, realizada pela autora da pesquisa no decorrer das aulas;
 - 20) Extração de algumas quantidades manualmente, pela autora da pesquisa, para melhor compreensão de alguns resultados obtidos nos softwares e atualização da tabela comparativa;
 - 21) Percepção a respeito dos critérios de medição e extração de quantidades BIM;
 - 22) Atualização dos insumos nas composições, realizada pelos alunos fora do horário das aulas;

- 23) Inserção dos preços pelos alunos, fora dos horários de aulas;
- 24) Atualização do memorial descritivo final, feito pelos alunos fora do horário de aulas;
- 25) Obtenção dos resultados;
- 26) Percepção acerca do entendimento dos alunos sobre a quantificação usando BIM através de aplicação de questionário pré-aulas e pós-aulas;
- 27) Análise dos resultados;
- 28) Conclusões e considerações finais.

3.3.2.2 Etapa 3 - Caso 2

Segue a metodologia utilizada na etapa 3, sendo que os primeiros itens da etapa 2 repetem-se nesta etapa, pois referem-se às mesmas atividades:

- 1) Revisão da literatura: a revisão bibliográfica do tema foi aprimorada nos meses de Novembro de 2016 a Junho de 2017;
- 2) Reformulação de justificativas, objetivos, problema e pergunta de pesquisa, conforme orientações da banca de qualificação;
- 3) Solicitação para renovação das licenças acadêmicas do software VICO Office e ativação no computador da autora da pesquisa;
- 4) Atualização da versão do ArchiCAD 19 para a versão ArchiCAD 20, que é a mesma que foi usada para modelagem final do CRAS no Governo, no computador da autora;
- 5) Aprendizagem do software VICO Office pela autora, durante os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro de 2017. O aprendizado ocorreu através de vídeos explicativos e materiais disponibilizados pelo desenvolvedor do software através de seu canal de suporte e “*learning*”;
- 6) O caso em estudo, modelo BIM do CRAS, foi cedido pelo Governo do Estado de Santa Catarina primeiramente em sua versão “R27” em Fevereiro de 2017 para estudos iniciais e aprendizado do software, e posteriormente em sua versão “R40” em Abril de 2017.

O memorial arquitetônico também foi fornecido, porém desatualizado;

- 7) Instalação dos softwares ArchiCAD 20 e VICO Office no Labmicro, laboratório de computadores da arquitetura da UFSC, e no computador pessoal da professora da disciplina de TEC IV;
- 8) Elaboração do Plano de Ensino da Disciplina, com os ajustes necessários para a aplicação dos resultados desta pesquisa ao longo do semestre letivo;
- 9) Análise preliminar do modelo BIM do CRAS, pela autora da pesquisa;
- 10) Preparação e organização das aulas e exercícios pela autora da pesquisa;
- 11) Gravação dos vídeos explicativos do VICO Office, com os passos das aulas, os quais foram disponibilizados para serem usados como objetos de aprendizagem pelos alunos. Os vídeos foram gravados durante todo o semestre letivo, durante a preparação e evolução das aulas;
- 12) Apresentação, caracterização e entendimento do projeto selecionado para estudo de caso, o CRAS, nas duas turmas da disciplina de TEC IV;
- 13) Aplicação de 6 exercícios preliminares, que continham conteúdos base para a formação do aprendizado dos alunos, tais como desenvolvimento de estimativa orçamentária pelo CUB e levantamento de algumas quantidades do CRAS manualmente;
- 14) Orientação para instalação do ArchiCAD 20 nos computadores de todos os alunos;
- 15) Elaboração e padronização da discriminação orçamentária para a edificação do CRAS, feita pela professora da disciplina e pela autora da pesquisa, para que os alunos usem o mesmo arquivo de base para o orçamento. Foram selecionadas composições unitárias da TCPO13 (TCPO, 2010), em conformidade com o memorial descritivo e modelo BIM;
- 16) Atualização parcial do memorial descritivo feita pela professora da disciplina e pela autora da pesquisa, deixando algumas informações para serem inseridas pelos alunos e para serem entregues como parte do trabalho final da disciplina;

- 17) Organização e disponibilização de arquivos importantes na plataforma moodle: arquivo com as composições unitárias da TCPO13 (TCPO, 2010), arquivo com os preços do SINAPI mês de referência Março, Memorial Descritivo atualizado parcialmente pela professora e pela autora, discriminação orçamentária atualizada e padronizada no formato Excel, vídeos e outros;
- 18) Solicitação de licenças temporárias do VICO para os alunos;
- 19) Realização das aulas para extração de quantidades do modelo BIM do CRAS. Na turma da manhã foi extraído diretamente do VICO Office, no qual foi possível importar o modelo BIM desenvolvido no ArchiCAD 20.
- 20) Conclusões parciais a partir dos debates em sala de aula e elaboração de diário de aulas após cada aula;
- 21) Inserção das quantidades na discriminação orçamentária padrão, durante as aulas;
- 22) Atualização da tabela comparativa entre quantidades ArchiCAD 20 e VICO Office, realizada pela autora da pesquisa no decorrer das aulas;
- 23) Extração de algumas quantidades manualmente, pela autora da pesquisa, para melhor compreensão de alguns resultados obtidos nos softwares e atualização na tabela comparativa;
- 24) Percepção a respeito dos critérios de medição e extração de quantidades BIM;
- 25) Atualização dos insumos nas composições, realizada pelos alunos fora do horário das aulas;
- 26) Inserção dos preços pelos alunos, fora dos horários de aulas;
- 27) Atualização do memorial descritivo final, feito pelos alunos fora do horário de aulas;
- 28) Obtenção dos resultados;
- 29) Percepção acerca do entendimento dos alunos sobre a quantificação usando BIM através de aplicação de questionário pré-aulas e pós-aulas;
- 30) Análise dos resultados de extração de quantitativos das turmas;
- 31) Conclusões e considerações finais.

3.3.3 Metodologia Etapa 4 – Pesquisa de Mercado

Após a definição das etapas 2 e 3, foi desenvolvida a etapa 4 da pesquisa, que consistiu na investigação do mercado de trabalho de Florianópolis através da aplicação de entrevistas semiestruturadas, especificamente para as empresas atuantes na área de planejamento e orçamento de obras, com o objetivo de conhecer como está a implementação do BIM neste setor, em Florianópolis. Para isso, a seguinte metodologia foi adotada:

- 1) Definição das empresas participantes;
- 2) Elaboração de entrevistas semiestruturadas para aplicação nas empresas de orçamento e planejamento de Florianópolis;
- 3) Contato com os empresários ou diretores dessas empresas;
- 4) Aplicação presencial das entrevistas semiestruturadas nas empresas selecionadas;
- 5) Análise dos resultados obtidos.

Para melhor esclarecimento das intenções da pesquisa, foi desenvolvido o Quadro 13 que relaciona as principais perguntas de pesquisa, com os objetivos específicos e a metodologia proposta.

Quadro 13 - Metodologia da Pesquisa

Continua

| OBJETIVO GERAL: Verificar a contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM no levantamento de quantitativos. | | | | |
|---|---|--|---|--|
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | COMO? | RESULTADO | PROBLEMAS DE PESQUISA | PRINCIPAIS REFERÊNCIAS |
| 1) Determinar a precisão e a confiabilidade das informações para o estabelecimento de quantitativos orçamentários usando BIM. | <p>a) Usar ferramentas BIM 3D e 5D para extrair quantitativos de um modelo BIM;</p> <p>b) Investigar as causas das diferenças das quantidades extraídas de diferentes ferramentas BIM para o mesmo modelo;</p> <p>c) Calcular manualmente as quantidades.</p> | <p>a) Quantidades extraídas de software BIM 3D;</p> <p>b) Quantidades extraídas de software BIM 5D;</p> <p>c) Comparação dos resultados tradicionais com o uso do BIM.</p> | <p>Como é realizada a quantificação de projetos com auxílio de BIM?</p> <p>Como desenvolver projetos em BIM visando à extração de quantitativos e informações coerentes e precisas?</p> | <p>EASTMAN et al. (2014)</p> <p>FORGUES et al. (2012)</p> <p>MANZIONE (2013)</p> <p>SAKAMORI (2015)</p> <p>WITICOVSKI (2011)</p> |
| 2) Investigar a adoção de BIM por profissionais e empresas do setor na cidade de Florianópolis, para obtenção de quantitativos em orçamentos. | <p>a) Aplicar um questionário com as empresas atuantes neste setor.</p> | <p>a) Panorama da adoção de BIM para obtenção de quantitativos orçamentários no mercado de trabalho de Florianópolis</p> | <p>Como está a adoção de BIM no mercado de trabalho de Florianópolis, para extração de quantidades do modelo?</p> | <p>FERRARI; MELHADO (2015)</p> <p>EASTMAN et al. (2014)</p> <p>MANZIONE (2013)</p> |

| OBJETIVO GERAL: Verificar a contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM no levantamento de quantitativos. | | | | |
|--|---|--|--|---|
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | COMO? | RESULTADO | PROBLEMAS DE PESQUISA | PRINCIPAIS REFERÊNCIAS |
| 3) Propor estratégias para auxiliar professores a implementar a Modelagem da Informação da Construção em ambientes de ensino-aprendizagem nas disciplinas de orçamentação. | <p>a) Elaborar um diagrama de um processo baseado em BIM para levantamento de quantidades em ambiente de ensino-aprendizagem;</p> <p>b) Elaborar um objeto de aprendizagem para auxiliar os alunos no uso de um novo software BIM;</p> <p>c) Desenvolver as aulas e acompanhar a evolução com um diário de aulas.</p> | <p>a) Uso de vídeos explicativos para auxiliar os alunos no aprendizado do software;</p> <p>b) Definição macro de um passo a passo para implementar BIM para levantamento de quantidades em ambiente de ensino-aprendizagem;</p> <p>c) Elaboração de um diário de aulas.</p> | <p>De que forma o uso de tecnologia BIM ajudará nas quantificações de uma edificação em ambiente de ensino aprendizagem?</p> <p>Como o professor pode implementar BIM em disciplinas de orçamentação, melhorando as práticas comuns?</p> | <p>BARISON (2015)</p> <p>CHECCUCCI (2014)</p> <p>DELATORRE (2014)</p> <p>LEDO (2016)</p> <p>RABBI et al. (2016)</p> <p>RUSCHEL et al. (2013)</p> <p>SANTOS, E. T. et al. (2016)</p> |

Fonte: Elaborado pela autora

3.4 MATERIAIS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

3.4.1 Etapa 1 – Estudo de Caso 1

Para o caso 1 foram utilizados os seguintes materiais e instrumentos:

- 1) Revit 2015 Student: software para modelagem BIM 3D - modelagem geométrica dos projetos;
- 2) ArchiCAD 19 Student: software para modelagem BIM 3D - modelagem geométrica dos projetos;
- 3) Tekla Bim Sight: software para compatibilização dos projetos e checagem de conflitos;
- 4) Caderno de Projeto de Habitação de Interesse Popular da Caixa Econômica Federal;
- 5) Questionários pré e pós aplicação – Apêndice A;
- 6) Computadores e notebooks;
- 7) Retroprojetor;
- 8) Labmicro – laboratório de computadores do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFSC;
- 9) Plataforma acadêmica Moodle/UFSC;
- 10) Pléo – software para orçamentação convencional.

A modelagem parcial dessa edificação ocorreu durante o estágio de docência da autora, na disciplina de Tecnologia da Edificação IV, do curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, e foi modelada no Revit 2015 Student.

O local onde ocorreu a modelagem e extração das quantidades do modelo foi o Labmicro, que é a sala de computadores da arquitetura da UFSC, e é o local onde ocorrem algumas das aulas de TEC IV.

O questionário foi escolhido para aplicação nos grupos pesquisados para medir determinadas variáveis dos participantes de forma complementar à pesquisa. O primeiro questionário, pré-aplicação, possui apenas perguntas fechadas, enquanto que o segundo questionário, pós-aplicação, possui uma pergunta aberta e as demais fechadas.

A opção pela maioria das perguntas fechadas foi para facilitar as respostas dos alunos e o preenchimento total do

questionário, além de contribuir com a transferência das informações para os resultados e análises da pesquisa.

A aplicação ocorreu de forma direta e coletiva em sala de aula com os alunos. A autora esteve presente para tirar dúvidas caso surgissem. A participação no questionário não foi obrigatória, e o anonimato dos participantes foi garantido.

3.4.2 Etapas 2 e 3 – Estudo de Caso 2

Para o caso 2 foi escolhido um projeto do Governo do Estado de Santa Catarina, o CRAS e foram utilizados os seguintes materiais e instrumentos:

- 1) Software ArchiCAD 20 Student: software para modelagem BIM 3D;
- 2) Software Excel – Pacote Office;
- 3) Software Vico Office: software para modelagem BIM 5D - orçamento da obra;
- 4) Projetos da edificação do CRAS - Centro de Referência para Assistência Social - do Governo do Estado de Santa Catarina;
- 5) Memorial Descritivo arquitetônico desatualizado, fornecido pelo Governo do Estado de Santa Catarina;
- 11) Questionários pré e pós aplicação – Apêndice A;
- 12) Computadores e notebooks;
- 13) Aplicativo de celular BIMx;
- 14) Retroprojektor;
- 15) Plataforma Moodle/UFSC – Disponibilização de arquivos;
- 16) Apowersoft – Software gratuito para gravação de vídeos;
- 17) Labmicro – laboratório de computadores do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFSC;
- 18) Google Drive – Tabelas de Excel.

O Governo, através do laboratório de BIM do Estado de Santa Catarina, desenvolveu o projeto arquitetônico no ArchiCAD 20. Para os complementares, foram utilizados os softwares de uma empresa desenvolvedora da cidade de Florianópolis.

Considerou-se o modelo integrado do arquitetônico e estrutural como compatibilizado, e por isso, a etapa de compatibilização entre os dois projetos não foi realizada nesta pesquisa. Para prosseguir com o orçamento da obra em BIM foi

utilizado o software ArchiCAD 20 e o Excel para a Etapa 2, e o software Vico Office, com apoio do ArchiCAD 20 e do Excel, para a Etapa 3. O local onde ocorreu a aplicação foi o Labmicro, mesma sala onde foi aplicado para o caso 1.

Nessa etapa também foram aplicados questionários de forma complementar à pesquisa, com as mesmas intenções do caso 1.

3.4.3 Etapa 4 – Pesquisa de Mercado

Para o desenvolvimento da etapa 4, foram utilizadas entrevistas semiestruturadas, contendo 17 questões, que variam entre questões abertas e questões fechadas, com opções de respostas que foram previamente planejadas. O Apêndice B contém o modelo da entrevista aplicada nas empresas, com todas as questões.

A entrevista foi escolhida para ser aplicada nessa etapa porque permite uma maior interação entre o entrevistador e o entrevistado em comparação ao questionário, por exemplo (RICHARDSON, 2012).

3.4.4 Softwares utilizados na pesquisa

Serão apresentados os softwares BIM utilizados nesta pesquisa.

3.4.4.1 ArchiCAD - BIM 3D

O ArchiCAD é considerado o software BIM para arquitetura mais antigo, pois é comercializado desde a década de 80, mais precisamente em 1987, e opera através de modelagem BIM 3D (FERNANDES, 2014).

Esse é um software da empresa Graphisoft (GRAPHISOFT, 2016), uma multinacional que produz softwares e que foi comprada pelo Grupo Nemetschek em 2007. Sua origem é europeia, foi criado na cidade de Budapeste, na Hungria. Pode ser utilizado também para modelagem de instalações, para fins arquitetônicos, sem dimensionamento, e para levantamento de quantidades com fins de orçamentação (DINIZ, 2013).

3.4.4.2 Revit - BIM 3D

O Revit é o software BIM mais conhecido mundialmente. Pode ter interfaces para trabalhar com projetos de arquitetura através do Revit Architecture, estruturas através do Revit Structure e instalações através do Revit MEP - Mechanical, Electrical and Plumbing (FERNANDES, 2014). Foi lançado em 2002 pela empresa Autodesk (AUTODESK, 2015), quando foi comprado de uma *startup* americana. Essa empresa é também a desenvolvedora do conhecido software AutoCAD, que atualmente também trabalha em BIM (DINIZ, 2013).

Fernandes (2014) menciona o arquiteto Phil Berstein como um dos desenvolvedores da ferramenta Revit voltada para a arquitetura. Essa ferramenta permite também a extração de quantidades com fins de orçamentação.

3.4.4.3 Tekla BIM Sight

O Tekla BIM Sight é um visualizador gratuito desenvolvido pela empresa Trimble (TRIMBLE, 2016a). É fácil de usar e permite a compatibilização e checagem da geometria do modelo BIM, para identificação de conflitos entre diferentes disciplinas de projetos (LINO et al., 2012).

Manzione (2013) trata da questão da qualidade do modelo BIM, essencial para o processo de projeto, e diz que a compatibilização de projetos BIM de forma geométrica é a maneira mais conhecida atualmente. Essa pode ser facilmente executada através do uso do software Tekla BIM Sight, que é gratuito. O autor destaca também a existência da compatibilização baseada em regras, a qual permite uma análise mais crítica do projeto, uma vez que pode-se aplicar normas e legislações vigentes dentro dos softwares BIM para validação o modelo. Para esse último caso, um software recomendável por ele é o Solibri Model Checker.

Nesta pesquisa, o Tekla BIM Sight foi utilizado na etapa 1 para verificação da qualidade do modelo elaborado no estudo de caso 1. No estudo de caso 2 não foi utilizado, pois o modelo foi aceito como completo, compatibilizado e pronto para orçamentação.

3.4.4.4 Vico Office - BIM 5D

O Vico Office é um software da empresa Trimble (TRIMBLE, 2016b). Ele trabalha com BIM 4D e 5D, ou seja, com a gestão da construção nos parâmetros de planejamento e orçamento de obras. Com o Vico é possível estimar os custos, levantar quantidades do projeto e utilizar a linha de balanço para planejamento. Essa ferramenta é destinada à gestão de construção como um todo (FERNANDES, 2014).

3.4.4.5 Sobre a escolha dos softwares

A escolha pelo uso de dois softwares BIM 3D, o ArchiCAD e o Revit, ambos na versão estudante, ocorreu para que exista simulação da realidade do mercado de trabalho, na qual diferentes profissionais poderão utilizar diferentes ferramentas BIM. O uso seguro e confiável de diferentes aplicativos deve ser garantido pelos arquivos IFC, que são o formato livre para trabalho em BIM. Além disso, ambas as empresas desenvolvedoras disponibilizam versões estudantis para esses softwares, o que garantiu a fácil obtenção de licenças para uso na sala de aula.

A escolha pelo uso do Tekla BIM Sight para compatibilização dos projetos ocorreu devido ao fato desse software ser gratuito e fácil de manusear. Em relação ao Vico Office, esse foi o software BIM 5D escolhido para esta pesquisa devido ao programa de softwares acadêmicos da Trimble, no qual essa ferramenta foi disponibilizada pela empresa desenvolvedora para a universidade, para fins acadêmicos.

3.4.5 LabMicro

As aulas práticas ocorreram no LabMicro – Figura 17, que é o laboratório de computadores da Arquitetura da UFSC. O local possui alguns computadores e dois funcionários técnicos administrativos que auxiliaram com apoio à instalação de softwares antes do início de cada semestre.

Para a etapa 1, no semestre 2016/1, o laboratório contava com 10 computadores, sendo que apenas 4 possuíam configurações mínimas para instalar os softwares BIM, ainda que não recomendadas pelos desenvolvedores. Esses quatro

computadores tinham 4GB de memória, 64 bits e uma placa de vídeo antiga, mas que permitiu executar os softwares. Os demais computadores não tinham placa de vídeo, eram em sua maioria de 32 bits e possuíam 2GB de memória, o que inviabiliza qualquer intenção para instalação dos softwares.

Figura 17 - LabMicro da Arquitetura/UFSC



Fonte: Acervo da autora

Para as etapas 2 e 3, no semestre 2017/1, o semestre iniciou com apenas 8 máquinas no laboratório, pois as outras 2 que foram usadas na etapa 1 haviam parado de funcionar e foram retiradas para manutenção por parte da universidade. No decorrer do semestre, mais 2 máquinas pararam de funcionar e foram retiradas do laboratório, sendo uma delas com boas configurações e que seria utilizada nas aulas. O semestre finalizou com apenas 6 máquinas funcionando, sendo apenas três com os softwares BIM instalados.

Na etapa 1, o Revit foi instalado nas máquinas do laboratório para uso na disciplina. Para as etapas 2 e 3, foram instalados o ArchiCAD 20 e o VICO Office para uso na disciplina. Durante esse período a autora também instalou o Tekla BIM Sight e o Synchro Software, o primeiro software de compatibilização geométrica de modelos BIM e o segundo de planejamento 4D, para alguns testes preliminares e experimentação. Além de todas as dificuldades de infraestrutura de computadores, o laboratório estava com problemas de

infiltração pelo teto e problemas nas instalações elétricas, conforme Figura 18.

Figura 18 - LabMicro - Arquitetura/UFSC



Fonte: Acervo da autora

A falta de equipamentos adequados no laboratório fez com que a autora sugerisse aos alunos para usarem seus próprios notebooks, e instruiu quanto à instalação dos softwares. Para o Revit e o ArchiCAD, as licenças acadêmicas foram facilmente obtidas para cada aluno, através do cadastro dos mesmos nos sites da empresa desenvolvedora. Para o VICO Office, a autora conseguiu as licenças temporárias de dois meses e distribuiu para os alunos instalarem em seus próprios computadores. Essa foi a melhor solução para conseguir aplicar esta pesquisa em sala de aula nas condições existentes.

4 RESULTADOS DA ETAPA 1 - ESTUDO DE CASO 1

4.1 EXPERIMENTO A

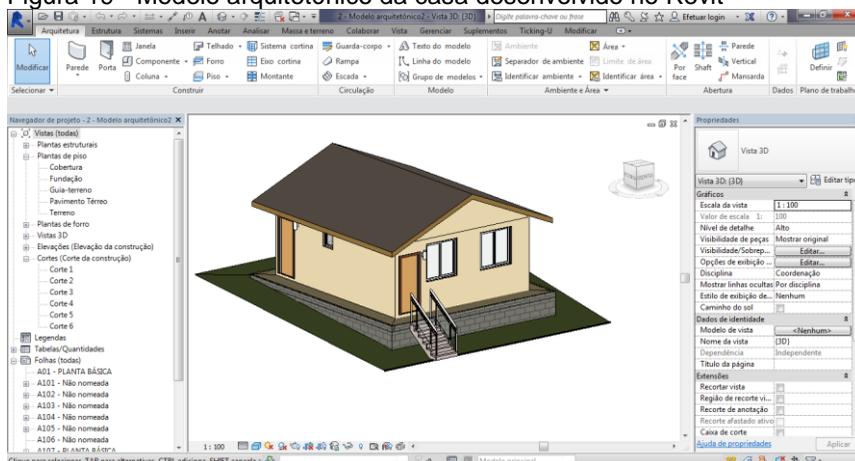
4.1.1 Caracterização do estudo

O projeto analisado na etapa 1 é um projeto-padrão de unidade de habitação de interesse popular, com aproximadamente 42 m², desenvolvido através de um programa operado pela Caixa Econômica Federal. Foi escolhido para aplicação nessa etapa por ser um projeto de baixa complexidade e de fácil acesso ao Caderno de Projetos.

4.1.2 Modelagem do projeto arquitetônico com os alunos

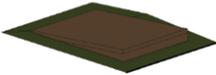
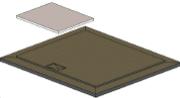
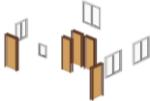
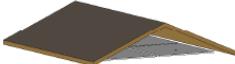
A modelagem BIM 3D do projeto arquitetônico foi realizada através do uso do software Revit Student 2015. A modelagem ocorreu com base no Caderno de Projetos da Caixa, durante o estágio de docência da autora, no semestre 2016/1. Participaram das aulas 30 alunos no total, nas duas turmas da disciplina de Tecnologia das Edificações IV, do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSC. A Figura 19 e o Quadro 14 mostram o modelo desenvolvido nas aulas, com os principais elementos criados com base no Caderno de Projetos da Caixa.

Figura 19 - Modelo arquitetônico da casa desenvolvido no Revit



Fonte: elaborado pela autora

Quadro 14 - Modelo arquitetônico da casa desenvolvido no Revit

| MODELO 3D | DESCRIÇÃO |
|---|---|
|  | Terreno |
|  | Fundação, laje, revestimentos de pisos e rebaxos. |
|  | Aberturas: portas e janelas |
|  | Paredes compostas com revestimentos e escada |
|  | Telhado e Forro |

Fonte: Elaborado pela autora

4.1.3 Revisão do projeto com os alunos

Durante a modelagem foram feitos alguns ajustes ao projeto de forma a complementar as informações do memorial descritivo. Em relação às adaptações feitas pelas turmas de TEC IV no projeto em função do uso do BIM, pode-se observar:

- A edificação original continha fundação com blocos de concreto estrutural e foi substituída por radier, pois o Memorial menciona que a fundação deve ser adaptada para cada terreno em que a edificação for implantada;

- O modelo desenvolvido em sala de aula foi projetado em um terreno em desnível para simular movimentação de terra, visto que o projeto original não apresenta implantação e pode ser realizado para qualquer terreno;

- Devido ao desnível, optou-se pelo uso de escada para acesso à residência, sendo que a escada não existia no projeto original;
- A laje da caixa d'água foi modelada em dimensão maior do que a laje do projeto original, compreendendo todo o ambiente da cozinha e do banheiro;
- O vaso sanitário que era originalmente com caixa de descarga foi substituído por um vaso sanitário com caixa acoplada;
- Foram modelados os rebaixos nas calçadas e no interior do box do banheiro. Esse detalhe não constava nos projetos originais 2D.

Além disso, nessa etapa inicial houve conferência do memorial descritivo com atualização conforme os ajustes realizados pelas turmas.

4.1.4 Elaboração da discriminação orçamentária

A discriminação orçamentária foi elaborada pelos alunos, sem participação da autora da pesquisa, contendo a relação das atividades que serão executadas na obra em estudo. A tabela desenvolvida para a discriminação orçamentária foi elaborada conforme a ABNT NBR12721: 2006 Versão Corrigida 2:2007 (ABNT, 2006).

4.1.5 Critérios de medição e seleção das composições de custos

Foram esclarecidas as questões relativas aos critérios de medição a serem adotados pelos alunos para execução do orçamento. Verificou-se que os critérios de medição variam de um banco de composições para outro.

A TCPO13 diz que o critério de medição é que vai indicar como mensurar o quantitativo dos serviços que serão usados no orçamento. Para a composição de cada serviço a TCPO traz uma orientação sobre como proceder com a medição. Para as alvenarias, a TCPO sugere, por exemplo, não descontar vãos menores que 2 m², e somente descontar no caso de vãos maiores que 2 m², o que exceder a este valor para cada vão.(TCPO, 2010)

No caso do SINAPI, esse disponibiliza alguns critérios em seus Cadernos Técnicos, e instrui para se descontar todos os vãos das alvenarias (CAIXA, 2016).

Na disciplina, apesar de sugerir como padrão a TCPO13 (TCPO, 2010) para a maioria das composições de custos, os alunos foram orientados a analisar qual composição/critério usariam, e então deveriam descrever no trabalho o critério de medição adotado, conforme fonte da composição utilizada.

4.1.6 Uso de software para orçamentação na disciplina

Durante a disciplina, foi utilizado um software para orçamentação chamado Pléo/Franarin, que não trabalha em BIM. Esse software foi usado pelos alunos para obtenção das tabelas com o orçamento do projeto e as composições de custos.

As quantidades utilizadas para preenchimento das informações no software Pléo foram extraídas das tabelas de quantidades geradas pelo Revit. Algumas quantidades tiveram que ser definidas de forma manual, pois o nível de detalhamento da modelagem no Revit não permitiu a extração de todas as quantidades desejadas.

4.1.7 Obtenção dos resultados

Os alunos obtiveram as quantidades com base no projeto modelado no Revit e puderam comparar com as quantidades disponibilizadas e calculadas pelo Caderno de Projetos Caixa. As diferenças de valores obtidos pelas equipes devem-se às medidas usadas na modelagem que geram uma diferença de valor nas quantidades encontradas, conforme mostra o Quadro 15. Nesse quadro, optou-se por demonstrar apenas algumas quantidades, com caráter ilustrativo, para os casos em que resultaram em maiores variações nas quantidades relacionadas às paredes da edificação.

Além disso, existe uma variação nos valores quando comparados com o levantamento calculado pelo Caderno da Caixa. O Caderno não esclarece quais critérios adotou para levantar as quantidades, ou exatamente quais os itens mensurados no cálculo para obtenção dos resultados divulgados.

Quadro 15 - Exemplo para comparação dos resultados da turma

| MATERIAL PAREDE | ÁREA m ² EQUIPE 1 | ÁREA m ² EQUIPE 2 | ÁREA m ² EQUIPE 3 | ÁREA m ² CÁLCULO CAIXA |
|-------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Argamassa | 19,84 | 19,43 | 19,70 | -- |
| Azulejo cerâmico | 19,84 | 19,41 | 19,70 | 21,79 |
| Chapisco | 199,04 | 193,56 | 196,97 | 217,69 |
| Pintura externa | 65,99 | 63,92 | 64,78 | 73,73 |
| Pintura interna | 113,10 | 110,08 | 112,42 | 122,50 |
| Reboco | 199,40 | 194,03 | 197,23 | 217,69 |
| Bloco de concreto | 131,78 | 123,23 | 124,61 | 96,46 |

Fonte: elaborado pela autora

4.1.8 Percepção sobre o entendimento dos alunos

Foi aplicado um questionário no início e outro no final do estágio de docência, com a intenção de compreender o entendimento dos alunos. Verificou-se que a maioria dos alunos conhecia o Revit, e por isso, esse foi o aplicativo BIM escolhido para trabalho nessa disciplina.

Os alunos afirmaram, através do questionário aplicado, que perceberam benefícios com o uso do BIM principalmente porque facilitou a obtenção das quantidades para o trabalho final. Alguns afirmaram que a atividade proporcionou melhor entendimento da execução da residência, além de facilitar a visualização 3D e a aprendizagem colaborativa.

Porém, alguns acadêmicos afirmaram insegurança para uso do software Revit, uma vez que o utilizavam pela primeira vez. Outros relataram dificuldades para inserir os dados extraídos do Revit no software Pléo - orçamento. Outra dificuldade apontada é que o software Revit não trouxe todas as quantidades que eram necessárias para o orçamento, sendo necessário fazer o levantamento manual.

Apesar das dificuldades, todos os alunos responderam que consideram válida a integração de novos softwares BIM para utilização na sala de aula.

4.1.9 Análise dos resultados da turma

Em relação às quantidades obtidas no Revit, houve algumas variações nos valores conforme pode-se verificar no Quadro 15. Essas variações ocorrem por diferenças na modelagem de cada equipe, como por exemplo, a diferença na altura das paredes e na dimensão dos ambientes da residência. Além disso, algumas diferenças devem-se aos critérios de medição adotados pelas equipes, que ficaram para livre escolha, relacionados aos descontos de vãos.

Os resultados obtidos pelas equipes, provenientes do Revit são condizentes com a modelagem efetuada pela equipe, e qualquer diferença reflete diretamente nos resultados. Houve também diferença em relação aos valores do levantamento manual disponibilizados pelo Caderno de Projetos da Caixa, no qual imagina-se que foi utilizado o critério de medição do SINAPI, banco de composições mencionado no Caderno. Além disso, como o terreno modelado pelos alunos no Revit estava em desnível, diferente do Caderno Caixa que considerava o terreno plano, houve um aumento na quantidade de blocos de concretos para execução das contenções no modelo BIM do Revit, o que justifica a grande diferença apontada no Quadro 15.

4.2 EXPERIMENTO B

No experimento B da Etapa 1 a autora desenvolveu outras atividades após a conclusão do estágio de docência, para obtenção dos demais resultados pretendidos.

4.2.1 Geração de arquivo IFC do modelo arquitetônico

Para possibilitar o desenvolvimento dos projetos hidrossanitário e elétrico foi gerado um arquivo IFC do modelo arquitetônico. Esse modelo no formato IFC foi utilizado como base para a modelagem das demais disciplinas.

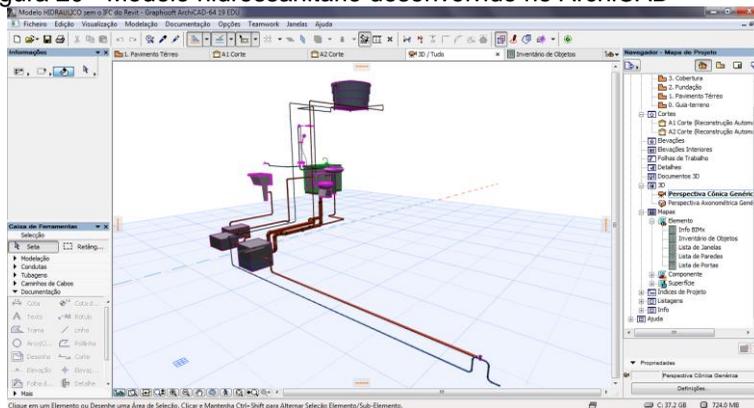
4.2.2 Modelagem do projeto hidrossanitário e elétrico

A modelagem BIM 3D do projeto hidrossanitário foi realizada através do software ArchiCAD 19 versão estudante. Todos os projetos foram modelados com base no Caderno de

Projetos da Caixa. O modelo arquitetônico no formato IFC foi aberto dentro do ArchiCAD 19 para permitir que a modelagem do projeto hidrossanitário ocorresse com base no arquitetônico. A Figura 20 mostra esse modelo.

Para o sistema de esgoto, optou-se por simular a ligação na rede pública coletiva de tratamento, pois o Caderno de Projetos Caixa disponibiliza três opções para o tratamento do esgoto.

Figura 20 - Modelo hidrossanitário desenvolvido no ArchiCAD



Fonte: acervo da autora

A modelagem BIM 3D do projeto elétrico foi realizada através do software Revit 2015 Student. Todos os projetos foram modelados com base no Caderno de Projetos da Caixa. O modelo arquitetônico no formato IFC foi aberto dentro do Revit para permitir que a modelagem do projeto elétrico ocorresse com base no arquitetônico. A Figura 21 mostra esse modelo. Como resultado da modelagem realizada, obtiveram-se os três projetos desejados: arquitetônico, elétrico e hidrossanitário.

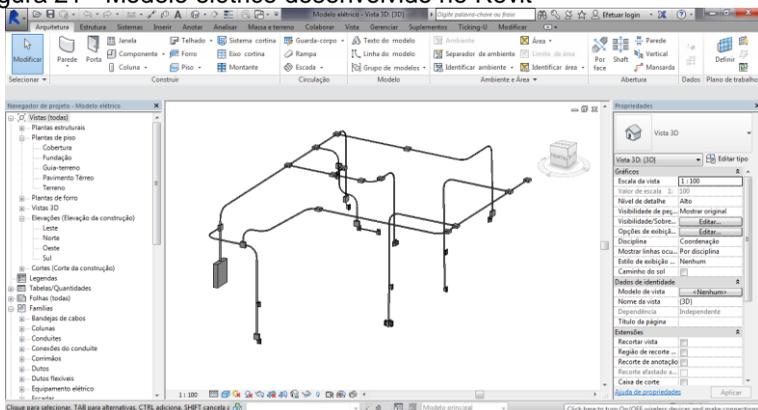
4.2.3 Geração de IFCs para o elétrico e o hidrossanitário

Com os projetos elétrico e hidrossanitário finalizados, foi possível gerar os arquivos no formato IFC para cada um deles, com o objetivo de seguir para a compatibilização das três disciplinas.

4.2.4 Compatibilização dos projetos

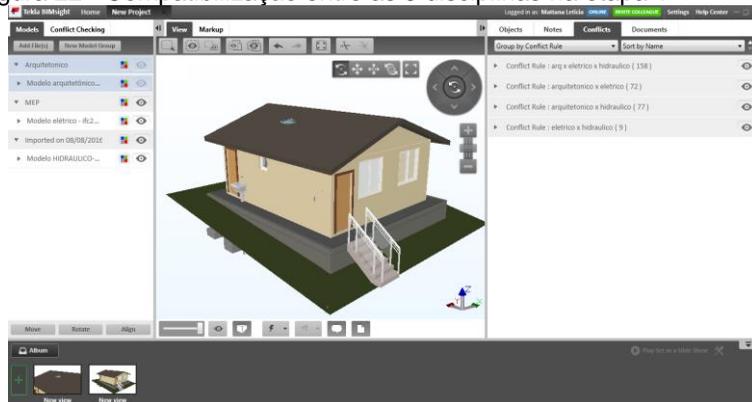
Para a compatibilização das três disciplinas - hidráulico, elétrico e arquitetônico - foi necessário o uso de arquivos em formato "IFC". O software Tekla BIM Sight, que é gratuito, foi utilizado para a análise das interferências entre os projetos através da compatibilização desses arquivos. Foram feitas 3 etapas de checagens nos modelos. A Figura 22 mostra a interface do software Tekla BIM Sight e a análise efetuada na primeira etapa de checagem de incompatibilidades.

Figura 21 - Modelo elétrico desenvolvido no Revit



Fonte: acervo da autora

Figura 22 - Compatibilização entre as 3 disciplinas na etapa 1



Fonte: acervo da autora

4.2.5 Análise das interferências e correção dos conflitos

Conforme mencionado por Azevedo (2009, p. 59), “com a elaboração do edifício virtual é possível detectarmos as incongruências de projeto existentes...”. A compatibilização das disciplinas permite que ajustes sejam feitos nos projetos para minimizar os conflitos existentes entre as disciplinas envolvidas. Foram realizadas checagens dos modelos em 3 partes, A, B e C, conforme eram solucionados os conflitos existentes entre as etapas. A Tabela 4 apresenta um resumo da quantidade de conflitos encontrados nas análises através do Tekla BIM Sight.

Tabela 4 - Compatibilização entre as 3 disciplinas

| CONFLITOS NO TEKLA BIM SIGHT | Análise Etapa A | Análise Etapa B | Análise Etapa C |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Projeto arquitetônico x Projeto elétrico | 72 | 39 | 39 |
| Projeto arquitetônico x Projeto hidráulico | 77 | 60 | 53 |
| Projeto elétrico x Projeto hidráulico | 9 | 0 | 0 |

Legenda: Etapa A = Primeira etapa de checagem; Etapa B = Segunda parte, alguns conflitos da Etapa A resolvidos; Etapa C = Conflitos restantes foram ignorados.

Fonte: acervo da autora

4.2.6 Aprovação dos projetos compatibilizados

Os conflitos encontrados na análise Etapa C, referente aos 39 conflitos entre arquitetônico e elétrico, e aos 53 conflitos entre arquitetônico e hidráulico, foram considerados como resolvidos, visto que o software Tekla BIM Sight considera como conflito a existência de tubulações e demais elementos das instalações que estão dentro de paredes. Para que isso não acontecesse, seria necessário o uso de filtros no software Tekla.

Não foi utilizado filtro nas análises, e os conflitos apontados pelo software e que não eram considerados incompatibilidades foram “ignorados” no próprio Tekla.

4.2.7 Quantidades extraídas do software mestre: Revit e ArchiCAD

As quantidades dos projetos foram inicialmente extraídas dos softwares em que o projeto foi modelado. No caso do elétrico e do arquitetônico, as quantidades foram obtidas pelo Revit, e no caso do hidrossanitário foram obtidas do ArchiCAD.

O Revit não apresentou uma função padrão para inserção dos critérios de medição. No caso de paredes, por exemplo, o software desconta todos os vãos. A solução no caso do Revit, seria o uso de um plugin específico, mas que pode não funcionar corretamente para todas as versões. No caso do ArchiCAD, o software apresenta uma função interna para ajuste de critérios de medição chamada “Regras de cálculo”.

4.2.8 Organização dos resultados para análise

Foram feitas as análises parciais para as paredes e revestimentos, a título de análise preliminar da modelagem. As informações inseridas no Quadro 16 foram coletadas do levantamento manual existente no Caderno de Projetos Caixa, dos trabalhos efetuados no Revit durante o estágio em docência e do modelo arquitetônico da autora após a compatibilização no software Tekla. O Quadro 16 foi elaborado para permitir a análise dos resultados.

4.2.9 Análise dos resultados

No Quadro 16, ao considerar-se que a área de cerâmica informada nas quantidades manuais do projeto Caixa - 21,79 m² - percebe-se uma diferença de quase 2 m² em função das medições das equipes, que consideram uma área de medição diferente do projeto original.

Entretanto, as diferenças entre as medidas das equipes devem-se ao ajuste de qualidade do modelo e das diferentes percepções dos futuros projetistas sobre medidas e dimensões estabelecidas. Além disso, outro fator que contribuiu foi a ausência de detalhamento de projetos, como as informações da altura dos revestimentos acima do forro e da própria medida do forro.

Algumas medidas tiveram pequena variação, e por isso, os resultados das quantidades, que dependem diretamente dos modelos variaram, e devem ser mais bem investigados na próxima etapa.

O Quadro 16 mostra os resultados obtidos com as quantidades provenientes de diferentes softwares BIM e da quantificação manual do Caderno de Projetos da Caixa.

Percebe-se que após a compatibilização dos projetos, algumas quantidades aumentaram o valor, dentre elas, o chapisco, o bloco de concreto e a pintura externa. Isso ocorre devido aos ajustes efetuados no modelo durante a compatibilização geométrica efetuada no software Tekla BIM Sight. Como exemplo, pode-se citar o ajuste feito na inclinação do telhado para evitar o conflito com a caixa d'água.

Houve diminuição das quantidades de pintura interna e de reboco após a compatibilização. Isso se justifica devido aos ajustes de qualidade do modelo - paredes da cobertura estavam revestidas internamente.

Em relação ao levantamento manual, as quantidades ficaram acima das demais encontradas através dos softwares, exceto o bloco de concreto. No caso do bloco de concreto, isso se justifica devido à contenção que foi realizada no entorno da residência, uma vez que o terreno usado para modelagem não era plano.

Na visão da autora, conforme descrições de nível de detalhamento presentes no Capítulo 2 desta dissertação, o modelo BIM desenvolvido na Etapa 1 está entre o detalhamento do LOD 200 e do LOD 300. Esse modelo contém algumas informações importantes da construção, mas ainda não está completo para uso no canteiro, pois faltam outros elementos como as armaduras e outros detalhes construtivos como detalhamento do próprio canteiro de obras.

Quadro 16 - Extrato parcial da análise para paredes e revestimentos

| D-4. PAREDES E PAINÉIS | un | CADERNO CAIXA | REVIT EQUIPE 1 | REVIT EQUIPE 2 | REVIT EQUIPE 3 | REVIT APÓS COMPA. |
|--|----------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| D-4.1. Alvenarias e divisórias | | | | | | |
| D-4.1.1. Alvenaria de bloco estrutural | | | | | | |
| D-4.1.1.1 Bloco de concreto | m ² | 96,46 | 131,78 | 123,23 | 124,61 | 133,99 |
| | | | | | | |
| D-6. REVESTIMENTOS, FORROS E ELEMENTOS DECORATIVOS... | un | CADERNO CAIXA | REVIT EQUIPE 1 | REVIT EQUIPE 2 | REVIT EQUIPE 3 | REVIT APÓS COMPA. |
| D-6.1. Revestimento int. e externo | | | | | | |
| D-6.1.1. Revestimentos de Argamassa | | | | | | |
| D-6.1.1.1 Chapisco | m ² | 217,69 | 214,16 | 193,56 | 196,97 | 202,10 |
| D-6.1.1.2 Reboco | m ² | 217,69 | 199,40 | 194,03 | 197,23 | 194,09 |
| D-6.1.1.3 Argamassa Colante | m ² | -- | 19,84 | 19,43 | 19,70 | 18,97 |
| D-6.1.2. Revest. azulejos, cerâmicas... | m ² | 21,79 | 19,84 | 19,41 | 19,70 | 18,96 |
| D-6.2. Forros e elem. decorativos | | | | | | |
| D-6.2.1. Forros de plásticos | m ² | 35,04 | 27,36 | 27,36 | 27,36 | 27,33 |
| D-6.3. Pintura | | | | | | |
| D-6.3.1. Pintura PVA | m ² | 122,50 | 113,10 | 110,08 | 112,42 | 106,27 |
| D-6.3.2. Pintura acrílica | m ² | 73,73 | 65,99 | 63,92 | 64,78 | 68,37 |
| D-6.3.3. Pintura esmalte sobre madeira | m ² | 22,68 | -- | -- | -- | -- |

Fonte: elaborado pela autora

4.2.10 Análise dos questionários

4.2.10.1 Questionário preliminar – Apêndice A

Antes do início da etapa 1, foi aplicado um questionário preliminar, que teve como objetivo conhecer quais as habilidades BIM dos alunos. Foram 25 alunos participantes deste questionário, somando os alunos da turma da tarde com os alunos da turma da manhã.

Em relação ao questionário, a primeira questão era sobre o primeiro contato do aluno com BIM. As respostas mostraram que a maioria, 40% dos alunos, teve seu primeiro contato com BIM dentro da universidade, seguidos de outros 20% que tiveram o primeiro contato em empresas de arquitetura e engenharia, provavelmente nos escritórios onde realizam o estágio. Apenas 12% dos participantes nunca tinham tido contato com BIM.

A segunda pergunta foi sobre a experiência de cada participante com BIM. A grande maioria da amostra, 42% dos participantes, responderam que sabem o que é BIM, porém não utilizam. Boa parte dos alunos, 21%, afirmou que utilizam algum software BIM nos projetos, e outros 21% dizem que escutaram falar sobre BIM, mas que sabem pouco sobre isso. Além disso, 4% afirmam que não sabem nada sobre BIM. Logo, percebe-se que a grande maioria não tem experiência em BIM.

Em relação ao software que o aluno pretende ou gostaria de utilizar, conforme questão 4, observou-se que 64% mencionaram o Revit e outros 32% mencionaram o ArchiCAD, enquanto que 4% não pretende utilizar nenhuma ferramenta BIM.

Ao serem questionados sobre o que é BIM na questão 5, a maioria das respostas trouxe a caracterização de BIM como um sistema de colaboração - cerca de 38% dos participantes assinalaram essa opção, outros 28% consideram BIM um software e outros 17% consideram como um processo.

A última questão trazia algumas opções de software para o aluno assinalar quais deles tinha conhecimento ou tinha escutado falar. Mais da metade dos alunos, 58% da amostra, respondeu que conhece o Sketchup Pro, e outros 19% informaram ter conhecimento do Navisworks, software BIM para planejamento de obras. Esses foram os softwares mais assinalados nessa questão. A grande escolha pelo software Sketchup Pro deve-se ao fato de que os alunos de arquitetura

usam essa ferramenta na graduação, desde antes da ferramenta tornar-se BIM.

4.2.10.2 Questionário pós-estudo – Apêndice A

Após o desenvolvimento do estudo referente ao caso 1, foi aplicado outro questionário posterior às aulas, que teve como objetivo avaliar a percepção dos alunos sobre o estudo realizado. Foram 25 alunos no total participando deste questionário, somando os alunos da turma da tarde com os alunos da turma da manhã.

As respostas das questões 1 e 2 demonstram que a grande maioria dos alunos, 80 %, estava cursando a disciplina pela primeira vez, e todos os participantes concordam que é válido o uso de softwares BIM na disciplina de TEC IV, sinalizando que essa experiência teve uma aceitação positiva por parte dos participantes.

Os principais benefícios apontados pelos alunos em relação ao uso de BIM na disciplina, conforme questão 4, foram a facilidade para obter as quantidades para o trabalho final, com 26%, e o melhor entendimento da execução da edificação, com 25%, devido ao modelo 3D e à inserção de informações no modelo, como as camadas de paredes.

Em relação às dificuldades apontadas na questão 5, metade dos participantes aponta que a insegurança para o uso do software escolhido para a aplicação é um dos entraves, pois usavam o software pela primeira vez e tinham pouco domínio. Outra dificuldade apontada foi na hora de inserir os dados obtidos no software para dentro da discriminação orçamentária no Excel, 25% dos alunos disseram que sentiram dificuldades nessa questão.

Em relação à definição de BIM, proposta na questão 6, os participantes apontam 4 principais definições, que são: software – 23% das respostas, processo – 23% das afirmativas, conceito – 23% e sistema de colaboração – 23%. Em relação ao primeiro questionário, percebe-se que os alunos entenderam que BIM de forma diferenciada, não apenas como um sistema de colaboração, mas também como processo, conceito e software, integrando as diversas definições.

5 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO 2: CRAS

Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes ao estudo de caso 2 da edificação do CRAS, que compreende as etapas 2 e 3 da pesquisa.

5.1 CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS SOBRE O MODELO DO CRAS

5.1.1 Classificação da informação adotada na pesquisa: nomenclaturas

A classificação da informação usada nos modelos BIM é de grande importância para o processo de trabalho, principalmente porque padroniza a denominação usada para todos os elementos construtivos. No Brasil, as Normas brasileiras BIM da ABNT estão em processo de desenvolvimento, sendo que algumas partes dessa Norma estão publicadas e disponíveis para uso. (ABNT, 2011;2012;2014;2015)

Nos casos estudados nesta pesquisa, as novas Normas BIM não foram utilizadas para padronizar as denominações dos elementos usados nos modelos.

No estudo de caso 1 adotou-se uma denominação própria, criada em sala de aula junto com os alunos, para os elementos modelados no projeto. Para paredes externas, por exemplo, adotou-se a nomenclatura “EXT.14-ALV”, para paredes com espessura de 14 cm. No caso de paredes internas, a nomenclatura usada foi “INT.14-ALV”, para as paredes com espessura de 14 cm. Para esquadrias, o padrão usado foi a descrição da porta e a dimensão, como por exemplo: “P2 – 70x210”.

No estudo de caso 1 não foram adotadas as novas Normas BIM principalmente pela dificuldade no entendimento das Normas publicadas. Apesar de estarem sendo desenvolvidas para facilitar a organização dos processos de trabalho BIM, até o momento da aplicação do caso 1 existiam poucas orientações sobre como aplicar as novas Normas BIM. Além disso, as publicações da ABNT encontravam-se incompletas, visto que até o primeiro semestre de 2016 apenas 4 partes estavam disponíveis para uso (ABNT, 2011;2012;2014;2015).

Outro entrave encontrado naquele momento era a falta de padronização entre os códigos BIM e os códigos para orçamentação adotados pelos bancos de composições escolhidos para uso: TCPO (2010) e SINAPI (2016), o que causa certa confusão. Tal fato sugere uma necessidade de Norma específica para elaboração de orçamentos de obras, ou mesmo da revisão da NBR12722, que traz o modelo de discriminação orçamentária. (ABNT, 1992)

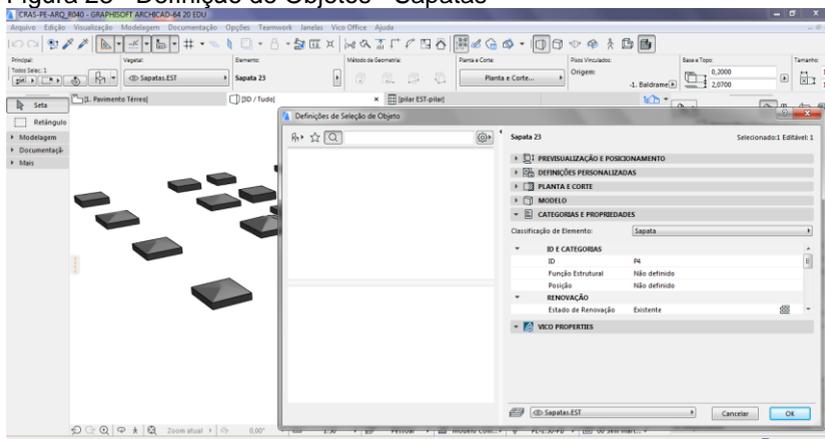
Em relação ao estudo de caso 2, o modelo foi recebido pronto para aplicação. Não foram alteradas as nomenclaturas que vieram com o modelo, e nele também não foram utilizados os códigos da Norma BIM. No caso 2, as nomenclaturas estavam divididas pelo nome do elemento construtivo, e nas informações adicionais do elemento estavam descritas outras informações relevantes sobre o elemento em questão.

Um dos problemas encontrados no caso 2 foi a duplicidade de “vegetais”, ou seja, os layers do ArchiCAD. Praticamente para todos os elementos desse modelo existiam “vegetais” em duplicidade, por exemplo, LAJES.ARQ e LAJES.EST, e em apenas um deles estavam os elementos construtivos referidos, e o outro vegetal estava vazio. Com isso, a existência de muitos vegetais vazios também causou dúvidas em certos momentos.

Outro problema encontrado em relação à classificação dos elementos foi no caso das sapatas. Elas estavam nomeadas de uma maneira na “categoria elemento da biblioteca”, mas no “ID do elemento” foi inserido um novo nome para a sapata, e essa era a denominação gerada nas tabelas de quantidades. Isso causou algumas dúvidas também, pois clicando no elemento na vista 3D encontrava-se um nome para o elemento em questão, e se entrasse em suas propriedades, existia outro nome para aquele mesmo elemento, conforme Figura 23.

Entende-se que as novas Normas BIM da ABNT devem ajudar na organização dos processos de trabalho, evitando que dúvidas e incertezas ocorram. Algumas adaptações ainda devem ocorrer, para que os novos códigos da Norma BIM estejam no mesmo padrão dos bancos de composições unitárias. Recentemente foi lançada uma edição da TCPO que apresenta suas composições adaptadas com a nova Norma BIM da ABNT. (TCPO, 2017) O mesmo poderia ocorrer para os demais bancos de composições brasileiros.

Figura 23 - Definição de Objetos - Sapatas



Fonte: acervo da autora

5.1.2 Compatibilização do projeto: análise das interferências existentes

A etapa de compatibilização dos projetos é essencial para garantir a precisão dos quantitativos e, conseqüentemente, do orçamento. A correção de erros e de interferências antecipa problemas que podem ocorrer no canteiro de obras, permitindo melhor planejamento e maior acurácia no orçamento, evitando gastos extras na execução de obras.

O modelo BIM do CRAS não foi compatibilizado nesta pesquisa, pois a compatibilização foi realizada pelos modeladores e a autora considerou o modelo pronto para análise de custos. Os modelos utilizados nesta pesquisa foram o arquitetônico e o estrutural, apenas. Os modelos das instalações não estavam disponíveis até o momento da aplicação dos dados na disciplina e por isso não foram utilizados.

5.1.3 Qualidade da modelagem: construção do modelo e informações inseridas no modelo

O modelo BIM do CRAS utilizado para a aplicação nas etapas 2 e 3 foi a revisão 40. Utilizou-se preliminarmente o modelo do CRAS na revisão 27, que ainda estava incompleto,

mas permitiu antecipar o planejamento das aulas, e posteriormente foi utilizado o modelo da revisão 40.

Na revisão 27, alguns ajustes que seriam necessários para garantir a qualidade do modelo foram identificados e repassados para os modeladores. Entre estes ajustes, estava o muro do entorno da edificação, que não previa uma fundação. Além disso, constatou-se que as pastilhas cerâmicas de fachada eram contabilizadas também no interior do telhado. O último detalhe foi que existia um peitoril de janela entrando em uma parede. Além destes ajustes no modelo, percebeu-se que no projeto de cobertura 2D, gerado a partir do modelo, o caimento do telhado estava com a seta invertida.

Esses itens foram repassados aos modeladores, para que pudessem realizar todos os ajustes necessários para garantir a qualidade da modelagem na versão posterior utilizada na pesquisa, referente à revisão R40.

Durante esta revisão percebeu-se a ausência de impermeabilização nos banheiros, mas como eles não tem chuveiro optou-se pela retirada desse item da discriminação orçamentária e a impermeabilização do piso dos banheiros foi desconsiderada.

Uma falha encontrada na modelagem é a intersecção entre as sapatas e os pilares da cabeça da sapata, que estão sendo duplamente contabilizados, gerando quantidades extras de concreto.

No momento de orçar percebe-se também que para alguns itens o modelo não fornecia informações. Foram os casos dos serviços iniciais, alguns itens da instalação do canteiro de obras, da movimentação de terra para a fundação, as armaduras e a complementação da obra. Nestes casos, os itens foram estimados, como por exemplo, as armaduras. Outros tiveram que ser calculados manualmente, como as escavações e lastros de fundação; e alguns foram definidos pelo grupo em conjunto durante as aulas, como por exemplo, os itens caracterizados com a unidade em verbas.

5.1.4 Etapas de projeto associadas ao LOD

Em relação ao nível de desenvolvimento do modelo do CRAS, a autora compreende que encontra-se entre o LOD 200 e

o LOD 300, com base nas definições de LOD utilizadas nessa pesquisa no Capítulo 2.

O modelo utilizado na revisão 40 possui informações geométricas e não geométricas, contendo os tamanhos, formas, quantidades, orientação e localização. Esse modelo pode ser utilizado para análise, estimativa de custos e planejamento.

Cabe salientar que o LOD 300 é um nível de detalhamento para utilização em construção, e como o modelo do CRAS não possui definições a respeito de instalações de canteiro, serviços iniciais e movimento de terra, considerou-se o LOD do CRAS entre o LOD 200 e o LOD 300.

Além disso, outras informações construtivas também estavam em falta, como por exemplo, os pilaretes e vigas de amarração de muros, bem como a base dos muros, o que também justifica a LOD entre 200-300 para esse caso em estudo.

5.2 ETAPA 2 – EXTRAÇÃO DE QUANTIDADES CASO 2 PELO ARCHICAD

5.2.1 Desenvolvimento do Caso 2 - ArchiCAD 20

Primeiramente foi realizada a atualização da versão do ArchiCAD no computador da autora, pois o modelo do CRAS foi desenvolvido na versão comercial do ArchiCAD 20, e não no ArchiCAD 19. Por isso, houve essa atualização inicial da versão do software. Vale mencionar que a autora utilizou a versão do ArchiCAD 20 estudante, que possui as mesmas funcionalidades da versão comercial, porém, destinada para meios acadêmicos.

Os softwares escolhidos para aplicação nesta pesquisa foram instalados no Labmicro, laboratório de computadores do Departamento de Arquitetura da UFSC e no notebook da professora da disciplina de TEC IV. Para a instalação no laboratório, houve auxílio dos servidores da UFSC. No início do semestre 2017/1 haviam 8 computadores funcionando no labmicro, porém, apenas 4 tinham capacidade mínima para rodar esses programas, e foram nesses que os softwares foram instalados. No final do semestre, havia seis máquinas e apenas 3 com os programas instalados, pois as demais máquinas pararam de funcionar. A infraestrutura disponível na universidade não era suficiente para a aplicação.

O plano de ensino da disciplina de TEC IV foi atualizado para o semestre letivo de 2017/1. Com o plano definiu-se a programação das aulas para aplicação dos dados dessa etapa 2 da pesquisa, integrando com a sequência de ensino da disciplina. No planejamento do semestre, optou-se por deixar o desenvolvimento desta pesquisa para a segunda metade do semestre, para que na primeira parte pudesse ser feito o trabalho de familiarização da teoria de orçamentação com os alunos, e aplicação de atividades avaliativas na forma de 6 exercícios. Além disso, as últimas aulas do semestre foram destinadas ao ensino de planejamento de obras.

Antes da preparação das aulas e exercícios, a autora fez uma análise preliminar do modelo BIM do CRAS, na revisão 27, para conhecer o modelo e identificar possíveis ajustes na qualidade da modelagem. Essa análise ocorreu no software ArchiCAD 20, no computador da autora. Alguns itens que necessitavam de melhorias foram repassados para os modeladores do CRAS para que pudessem verificar as questões e melhorar o modelo para a versão final.

Após a instalação dos softwares, dos ajustes no plano de ensino, e da análise preliminar do modelo do CRAS, a autora começou a preparar as aulas para aplicação dos dados da pesquisa. Essa preparação consistiu em aprender a manusear os softwares para as necessidades da pesquisa, além de preparar vídeos com os passo a passo que seriam executados em aula, e da elaboração dos exercícios preliminares à aplicação, para auxiliar no aprendizado da teoria pelos alunos da disciplina.

Foram gravados vídeos com o passo a passo das aulas para extração de quantidades do ArchiCAD 20, conforme apêndice F, que foram disponibilizados para os alunos como um objeto de aprendizagem, com o objetivo de auxiliar os alunos.

Esses vídeos foram gravados pela autora durante todo o semestre letivo, na preparação e evolução das aulas, e foram disponibilizados no Moodle, que é um canal de comunicação da UFSC usado na disciplina, para integrar professores, alunos, conteúdos e informações.

No início do semestre, a autora apresentou o projeto do CRAS nas duas turmas de TEC IV de 2017/1. Nessa apresentação, a autora mostrou outros vídeos da modelagem BIM do CRAS desenvolvido pelo Governo de Santa Catarina, e

de edificações do CRAS prontas e em construção, explicou como era a edificação e quais os objetivos do semestre em relação ao estudo do CRAS.

A autora também instruiu os alunos para que acessassem o aplicativo de celular “BIMx”, que possui cadastrado o modelo BIM do CRAS e outros projetos em 2D gerados a partir do modelo, e que seria usado como apoio à disciplina, pois assim os alunos teriam acesso fácil à todos os projetos em 2D e ao modelo BIM da edificação.

Na primeira metade do semestre, foi realizada a teorização da disciplina, envolvendo a aplicação de exercícios de fixação dos assuntos que continham conteúdos base para a formação do aprendizado dos alunos. Estes exercícios avaliativos contemplaram diversos conteúdos, conforme o apresentado no apêndice C e nas descrições a seguir.

Exercício 1 – Exercício de avaliação do memorial descritivo desatualizado do CRAS, com identificação de informações faltantes, incompletas e indicação de melhorias;

Exercício 2 – Elaboração da estimativa orçamentária através do CUB;

Exercício 3 – Elaboração da discriminação orçamentária do CRAS com base nos projetos em 2D;

Exercício 4 – Extração de quantidades manuais com base no projeto 2D do CRAS;

Exercício 5 - Extração de quantidades manuais com base no projeto 2D do CRAS;

Exercício 6 – Cálculo de 10 composições de custos manualmente.

A maioria dos alunos optou por utilizar seu próprio notebook para realizar o trabalho de TEC IV, uma vez que as máquinas do labmicro eram poucas e lentas, o que dificultou o trabalho. Para isso, os alunos e a professora foram orientados a instalar o ArchiCAD 20, e a solicitar suas próprias licenças

acadêmicas para um ano de uso, via site “myarchicad.com” (GRAPHISOFT, 2017b).

Antes da aplicação desta pesquisa, optou-se pela padronização da discriminação orçamentária que os alunos usariam na orçamentação do CRAS. Este trabalho foi feito pela professora da disciplina e pela autora da pesquisa, para que os alunos pudessem utilizar o mesmo arquivo base para o orçamento. Foram selecionadas composições unitárias da TCPO13 (2010) em conformidade com o memorial descritivo e o modelo BIM. A discriminação orçamentária utilizada na orçamentação pode ser observada no apêndice D.

O memorial descritivo do CRAS desatualizado, fornecido pelo Governo do Estado, foi revisado pela professora da disciplina e pela autora da pesquisa. Optou-se pela inserção de algumas informações, para auxiliar os alunos, e pela indicação das informações faltantes, que deveriam ser descritas pelos alunos como parte do trabalho avaliativo, com o intuito de aprender a atualizar o memorial conforme o modelo BIM e a discriminação adotada.

A plataforma Moodle foi utilizada para disponibilizar os arquivos e conteúdos necessários para a aplicação desta pesquisa, como o arquivo com as composições unitárias da TCPO13 (TCPO, 2010) em formato Excel, o arquivo com os preços do SINAPI mês de referência Março (CAIXA, 2017a), o memorial descritivo atualizado parcialmente pela professora e pela autora, a discriminação orçamentária atualizada e padronizada no formato Excel, vídeos e outros.

A autora ficou responsável pela atualização desses arquivos usados na aplicação da pesquisa no Moodle, para compartilhar com os alunos. As aulas para aplicação desta pesquisa iniciaram no dia 24/05/2017, e terminaram no dia 23/06/2017 para a turma da tarde, na qual os quantitativos foram extraídos diretamente do software ArchiCAD 20.

No primeiro dia de aula foram feitos os ajustes necessários para uso do ArchiCAD por todos os alunos. O software abriu com bibliotecas em falta na maioria dos notebooks e essa aula foi utilizada para ajustar esses problemas. Alguns alunos não sabiam como fazer para ativar a licença educacional e foram instruídos. Outros alunos estavam instalando o ArchiCAD nesse dia em seus notebooks.

Todos os modelos abriram com um plano de fundo azul e os alunos foram instruídos sobre como retirar esse plano para facilitar a visualização 3D. A primeira aula foi dedicada para resolver essas questões relativas ao software.

Algumas quantidades vieram com tabelas prontas no modelo entregue pelo Governo. No segundo dia de aula dessa turma a autora instruiu os alunos para que realizassem primeiramente a extração dessas quantidades das tabelas prontas. Com isso, foi possível identificar quais quantidades estavam faltando para o orçamento e, posteriormente foram realizadas as aulas para extração das novas quantidades.

No final de cada aula a autora registrou em um diário todas as aplicações realizadas, as dúvidas, comentários, dificuldades e outras situações importantes para a pesquisa. As quantidades extraídas durante as aulas foram atualizadas manualmente na discriminação orçamentária do Excel, na medida em que eram extraídas do modelo.

Criou-se uma tabela comparativa para as quantidades extraídas da etapa 2 e da etapa 3, para uso próprio da autora, e nessa tabela foram atualizadas as quantidades gradativamente no decorrer das aulas, conforme o apêndice D.

Para melhor compreensão de alguns resultados obtidos nos softwares, a autora decidiu calcular manualmente algumas quantidades e comparar com os resultados obtidos nos softwares. Esses valores foram também atualizados na tabela comparativa entre quantidades.

5.2.2 Percepção a respeito dos critérios de medição e extração de quantidades BIM

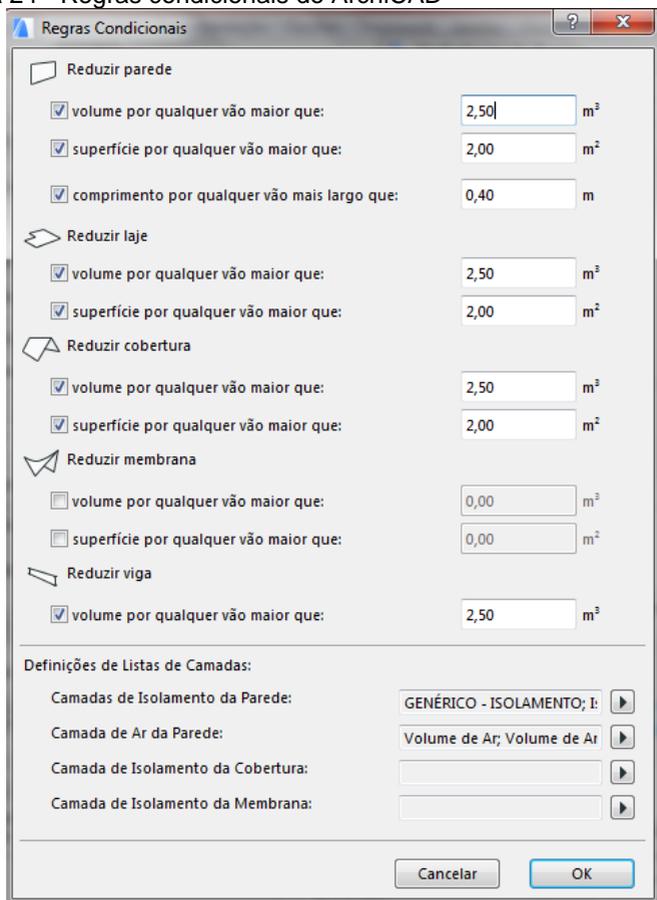
Os critérios de medição utilizados foram os indicados nas composições unitárias da TCPO13 (TCPO, 2010), escolhidas para compor a discriminação orçamentária desse projeto.

Para alguns elementos, o ArchiCAD permite adotar critérios de medição, ou regras condicionais, no qual torna-se possível descontar áreas de vãos, como é o caso de paredes e lajes. A única observação sobre o uso desses critérios, é que no caso de paredes, a discriminação adotada nesta pesquisa tem critérios diferentes entre os revestimentos argamassados como o reboco e os revestimentos de pastilhas. Para as pastilhas e azulejos o critério solicita que se descontem todos os vãos,

enquanto que para o reboco, deve-se descontar apenas o que exceder a 2 m^2 , e não se desconta vãos menores que 2 m^2 .

No caso do uso dos critérios do ArchiCAD – Figura 24, possivelmente o software usaria o mesmo critério para todos os revestimentos, sejam eles argamassados ou cerâmicos, pois são desenvolvidos no mesmo “layer” parede.

Figura 24 - Regras condicionais do ArchiCAD



Fonte: ArchiCAD 20 (2016)

Foram realizados alguns testes dessa ferramenta pela autora da pesquisa, e não houve nenhuma diferença nos resultados, aplicando a regra condicionante, retirando a regra, o

resultado permaneceu o mesmo para paredes, azulejos, alvenarias e argamassas, ou seja, por algum motivo a regra aplicada não funcionou nos testes efetuados.

Outra percepção é sobre o critério de medição convencionalmente utilizado nos bancos de composições brasileiros para coberturas e madeiramento de telhado, normalmente quantificado em m^2 . Com uma ferramenta BIM 3D, tal qual o ArchiCAD ou o Revit, pode-se extrair informações mais acuradas sobre madeiramento de telhado e coberturas em níveis de desenvolvimento do modelo adequados para isso.

No entanto, para realizar um orçamento baseado em composições unitárias destes bancos de composições brasileiros – TCPO, SINAPI, DEINFRA... - basta a área de projeção da cobertura ou do madeiramento. Essa é uma questão que pode ser melhor investigada, pois se num modelo BIM pode-se obter informações mais acuradas sobre determinado serviço, talvez fosse possível adequar a forma como essas composições são inseridas no orçamento, garantindo maior precisão ao resultado.

Outra situação diz respeito à pintura de grades e portões de ferro. Por meio do modelo BIM, é possível extrair a quantidade de área de revestimento vertical de cada elemento da grade, ou seja, toda sua superfície. Com isso, não seria necessário quantificar a pintura com tinta esmalte, por exemplo, pela área do vão da grade, mas sim poder-se-ia quantificar pela área do revestimento vertical, sendo necessário neste caso um ajuste no critério de medição dos bancos de composições brasileiros, como TCPO (2010) e SINAPI (2016).

Para finalizar, um critério de medição que causou dúvidas no grupo foi o de andaimes, que afirmava que a quantificação deveria ser “pela área de alvenaria medida em projeto, descontando-se 1,5 m de altura multiplicada pelo perímetro, que não necessitam de andaime” (TCPO, 2010). Pela dificuldade de interpretação da composição, o grupo decidiu adotar a área do maior ambiente da edificação, e esse critério de medição não foi utilizado.

5.2.3 Considerações sobre os resultados

A atualização das composições unitárias, com insumos como mão-de-obra, materiais e equipamentos retirados da TCPO13 (TCPO, 2010), foi realizada pelos alunos fora do horário

das aulas. A autora auxiliou os alunos com dúvidas e esclarecimentos do trabalho, mas essa etapa não foi o foco desta pesquisa.

Após a atualização das composições unitárias completas, os alunos pesquisaram os preços de cada insumo na tabela do SINAPI, mês de referência Março/2017, que foi disponibilizada no Moodle. Essa atividade ocorreu fora dos horários de aulas e, novamente, a autora auxiliou nas dúvidas e esclarecimentos do trabalho, apesar de essa etapa não fazer parte desta pesquisa (CAIXA, 2017a).

Ficou combinado com os alunos que os preços dos insumos, que seriam retirados do SINAPI, poderiam ser atualizados em uma tabela única compartilhada com a turma no Google Drive. Assim, todos poderiam utilizar os mesmos preços no trabalho, desde que todos auxiliassem na alimentação dos preços nessa tabela do Drive.

O memorial descritivo revisado pela professora da disciplina e pela autora da pesquisa foi disponibilizado para os alunos através do Moodle, para que completassem com as informações e descrições faltantes. Isso foi feito pelos alunos fora do horário de aulas e entregue como parte do trabalho avaliativo da disciplina, agora tendo como base as informações das composições de custos. Em sua maioria, as informações dos insumos das composições eram inexistentes no memorial.

Os resultados obtidos estão disponíveis no apêndice D, uma tabela comparativa entre as quantidades das etapas 2 e 3, e do levantamento manual das quantidades. Uma descrição detalhada destes resultados está apresentada a seguir.

5.2.3.1 Serviços Iniciais

Os serviços iniciais, que compreendem o levantamento topográfico, sondagem, serviços preliminares e serviços técnicos foram extraídos manualmente, sem auxílio do modelo BIM, exceto para a quantidade referente ao serviço de controle tecnológico do concreto.

5.2.3.2 Instalações do canteiro

Praticamente todos os itens correspondentes às instalações do canteiro foram levantados manualmente, visto que

o canteiro de obras não foi modelado em BIM. A única exceção fica para a área do terreno, que pôde ser obtida diretamente do modelo.

5.2.3.3 Movimento de terra

Todos os itens constantes na movimentação de terra, tais como escavação, apiloamento e reaterro de valas, foram extraídos manualmente do modelo, com auxílio da vista 3D para retirada de medidas, e os cálculos foram realizados manualmente. Esse é outro item que não foi modelado em BIM e, portanto não foram disponibilizadas informações no modelo.

5.2.3.4 Serviços gerais

Para o serviço de andaimes, optou-se juntamente com as turmas em utilizar a área do maior ambiente existente na edificação, uma vez que o critério de medição não estava claro da TCPO13 (TCPO, 2010). Esse item também não estava modelado em BIM e, portanto, foi quantificado manualmente.

5.2.3.5 Infraestrutura

Neste item, algumas quantidades foram extraídas do modelo e outras não. Do modelo foi possível retirar as quantidades de volume de concreto e área de fôrmas, enquanto que as quantidades dos lastros e das armaduras não foram obtidas, pois esses elementos não foram modelados.

As quantidades de armaduras foram estimadas, usando fórmulas prontas indicadas na literatura. Para o caso das armaduras, optou-se pela fórmula “105 x Volume” (AVILA et al., 2003). Para os lastros, o cálculo foi realizado manualmente, considerando 5 cm de espessura pra cada lastro, e multiplicando pela área de apiloamento do fundo da vala. Essa área foi considerada a 50 cm de cada lado da sapata.

Para o caso de fôrmas de sapatas, considerou-se as áreas laterais de cada sapata, e no caso da sapata piramidal, considerou-se também a área da pirâmide, para o cálculo da área de fôrmas. As diferenças de valores do volume de concreto obtidos do ArchiCAD e do cálculo manual devem-se à forma de cálculo manual, menos precisa, que não considerou o chanfro do

topo da pirâmide, pois a fórmula usada foi o volume de prisma retangular.

No caso do ArchiCAD, os valores obtidos foram retirados de tabelas criadas no software. Um aluno questionou o que seriam as várias opções de áreas e volumes que o ArchiCAD disponibiliza na geração das tabelas, como no caso da área, o que gera muita dúvida na hora de escolher qual opção utilizar: Área da Superfície da Base, Área Condicional, Área Bruta, entre outras. Essa questão é muito importante porque a grande quantidade de informações que o software oferece muitas vezes não deixa claro sobre o que se trata, e causa dúvidas na pessoa que está retirando as quantidades do modelo, podendo diminuir a confiabilidade do usuário perante os valores obtidos.

Nas sapatas, há interferência entre a sapata e o pilar da cabeça. O modelo está contabilizando em dobro a intersecção, ao contrário do que pede nos critérios de medição. O modelo foi executado desta forma, por isso ocorreu esse erro, que pode ser facilmente corrigido numa revisão de qualidade do modelo.

5.2.3.6 Supraestrutura

Em relação aos pilares, existem pilares na cabeça das sapatas, pilares da supraestrutura, pilares para suporte da caixa d'água e pilaretes na platibanda. Percebeu-se a ausência de pilaretes e de cintas de amarração nos muros do modelo, portanto, essas quantidades de concreto não foram contabilizadas pela ausência desses elementos no modelo.

Além disso, 3 pilares possuem formatos redondos, e encontram-se nos acessos do CRAS. Para os pilares, somente as armaduras não foram levantadas diretamente do modelo, pois não foram modeladas em BIM. No caso dos pilares redondos, identificou-se no modelo quais eram estes pilares, o P5, P6 e P10, e após, calculou-se manualmente o somatório das áreas deles via tabela de quantidades do ArchiCAD, para obter a área de fôrmas.

Sobre as vigas, existem as vigas do baldrame, as vigas da cobertura, as cintas de amarração da platibanda, e as vigas do reservatório. Assim como no caso dos pilares, as armaduras não foram extraídas diretamente do modelo, pois não foram modeladas. A planta de vigas foi modelada com a intersecção entre viga-pilar ajustada, para evitar a duplicidade entre esses

elementos e respeitar o critério de medição da composição adotada.

Em relação às lajes, estas foram modeladas em BIM para o tipo pré-fabricada com EPS, e por isso, optou-se pelo uso de uma composição de laje pré-fabricada com tabelas, visto que a opção com EPS não estava disponível na TCPO13 (TCPO, 2010). Foi realizado um ajuste posterior na composição para substituir a tabela pelo EPS. A quantidade foi facilmente extraída em m², de acordo com o critério de medição da composição.

5.2.3.7 Paredes e painéis

O projeto contém 2 tipos de tijolos, um de 9 cm e outro de 14 cm. No ArchiCAD foi possível extrair as quantidades para cada alvenaria, separadamente. A tabela estava pronta no modelo, os alunos apenas transpassaram os valores para o Excel.

O encunhamento foi considerado apenas no encontro com as vigas da cobertura, mas não foi modelado, foi calculado com base nas informações do modelo em metros lineares. As vergas e contravergas foram modeladas, o que possibilitou a extração das quantidades pelo modelo. Os acessórios de tela metálica, para prevenção de trincas na alvenaria, não foram modelados e optou-se pela padronização dessas quantidades com os participantes, através de estimativas.

5.2.3.8 Esquadrias e Gradis

Todas as portas, janelas e grades foram modeladas no projeto. As quantidades de batente, ou forras de portas, e guarnição, ou vistas de portas, foram calculadas manualmente com o auxílio da vista 3D e do PDF gerado a partir do modelo, pois, como a porta é um elemento único que contempla esses materiais no mesmo elemento, não foi possível quantificar essas partes separadamente.

A área das grades também foi calculada manualmente, porém com o auxílio da vista 3D BIM para auxiliar nas medições. Isso ocorreu porque na hora da extração das quantidades o software disponibilizava apenas a área de revestimentos das grades, quantidade útil para a pintura, mas não foi possível extrair a área do elemento grade diretamente do modelo. Desta

forma, foi medido e calculado manualmente, com auxílio da vista 3D do modelo BIM.

5.2.3.9 Vidros

A área de vidros foi extraída do modelo BIM, das tabelas do ArchiCAD. A composição utilizada solicitou o arredondamento das quantidades para valores múltiplos de 5 cm, e isso foi realizado para respeitar os critérios de medição das composições.

5.2.3.10 Cobertura

A quantificação da estrutura de madeira e telhas da cobertura foi realizada diretamente do modelo BIM, pela área de superfície. Percebe-se que o valor refere-se à área da superfície e não da área de projeção horizontal do telhado, conforme recomendação do critério de medição da composição utilizada. Não existe uma definição específica de área de projeção de coberturas no ArchiCAD, mas existe uma infinidade de opções relacionadas à áreas de superfície para os critérios de coberturas.

Sobre os rufos e contra rufos, essa quantidade não pôde ser extraída diretamente do modelo, pois era necessária a quantidade em metros e as tabelas forneciam apenas a quantidade em área. Para resolver a questão, mediu-se manualmente a largura dos rufos no modelo. Essa largura era padrão e possuía o valor de 20 cm. Neste caso, foi feito um cálculo para obter a quantidade do rufo em metros lineares, conforme segue: $16,17 \text{ m}^2 / 0,20 \text{ m} = 80,85 \text{ m}$ lineares de rufos.

Para a quantidade de calha, foi possível obter o valor desejado em metros lineares diretamente do modelo BIM. A calha foi modelada como um elemento “viga” no ArchiCAD, e isso permitiu a extração da quantidade em metros lineares, diferente dos rufos, que foram modelados como elementos “cobertura”, e não habilitou a extração de quantidades em metros lineares.

5.2.3.11 Impermeabilização

As quantidades de impermeabilização foram extraídas diretamente do modelo. Foi criada uma tabela para as vigas, e nessa tabela uma das informações era do comprimento de cada elemento viga. O levantamento das quantidades de impermeabilização de baldrame foi realizado somando os comprimentos das vigas de baldrame, disponibilizadas nessa tabela de vigas. Houve dúvidas sobre onde estava sendo considerado o comprimento, se era pelo eixo, etc.

Para a impermeabilização de calhas, marquises e lajes da caixa d'água, a quantidade foi extraída de uma tabela pronta disponibilizada no modelo do CRAS, que trazia a quantidade de área de manta vinílica utilizada no modelo. Porém, como não era possível entender do que se tratava essa quantidade da tabela, o grupo esqueceu de adicionar os valores de áreas de calhas e laje da caixa d'água, que não estavam modeladas com revestimento de manta vinílica, mas que seriam impermeabilizadas.

5.2.3.12 Revestimento de teto

As quantidades de chapisco e reboco de teto foram extraídas diretamente do modelo, em uma tabela pronta que estava disponibilizada no modelo.

5.2.3.13 Revestimento de paredes internas

As quantidades de chapisco e reboco de paredes internas foram extraídas diretamente do modelo, em uma tabela pronta que estava disponibilizada para uso. Deve-se considerar neste item, todas as áreas onde serão feitos chapisco e reboco internos na edificação, incluindo abaixo das paredes que possuem revestimento de azulejo.

Analisando os valores obtidos, percebe-se que existe alguma inconsistência no valor de azulejo de parede extraído do ArchiCAD ao comparar com o levantamento manual e com o da etapa 3. Além disso, o valor obtido no ArchiCAD considera o chapisco e o reboco abaixo do azulejo cerâmico, e esse foi quantificado com valor equivocado e não se descobriu o motivo. Devido a isso, há alteração no resultado de chapisco e reboco de paredes internas.

Outra questão é que os valores obtidos do ArchiCAD não estavam de acordo com os critérios de cálculo das composições, uma vez que descontam completamente todos os vãos das aberturas, e isso só foi percebido após a análise dos dados em comparação com os demais resultados do levantamento manual e da etapa 3. Os critérios de descontos condicionais adotados não funcionaram nos valores das tabelas geradas no ArchiCAD.

Com isso, conclui-se que os valores do ArchiCAD para reboco e chapisco interno possuem inconsistências, e que o profissional deverá ter experiência e atenção suficiente para ter essa percepção quando estiver trabalhando em BIM, e deverá incluir os valores das aberturas conforme especificado no critério de medição da composição que estiver utilizando. Em ambiente acadêmico, não foram percebidos esses detalhes no momento de aplicação da pesquisa em sala de aula, essa questão foi vista posteriormente pela autora durante a análise dos dados. Isso permite concluir que a precisão dos resultados obtidos da extração de quantidades do modelo BIM estão relacionados com o profissional atuante, com a experiência e atenção desse, muito similar ao que ocorre nos processos convencionais de levantamento de quantidades de projetos.

5.2.3.14 Revestimento de paredes externas

As quantidades de chapisco e reboco de paredes externas foram extraídas do modelo do ArchiCAD, porém, as quantidades são consideradas como material externo e interno pelo eixo de referência ao qual a parede foi modelada.

Com isso, as paredes externas à edificação possuem um lado externo e outro lado interno, e algumas quantidades estão consideradas como revestimentos faces externas, e outras, faces internas, ao invés de considerar que os dois lados daquela parede possuem face externa à edificação.

Deste modo, a divisão em face interna e externa não ficou conforme o desejado para a composição de custos do orçamento. O correto seria somar tudo e considerar um valor total, mas no caso de existirem revestimentos diferenciados isso não funcionaria. Para conseguir os valores conforme desejado, o ideal seria diferenciar o material na modelagem, nomeando um para o revestimento interno à edificação e outro para o externo à edificação.

Essas quantidades deveriam estar relacionadas às paredes externas, inclusive o revestimento abaixo das pastilhas, e interno à platibanda. Além disso, as quantidades do ArchiCAD descontaram todos os vãos, ao contrário do que solicita o critério da composição escolhida para o orçamento.

Sobre as pastilhas, o software descontou corretamente as pastilhas abaixo do telhado, e resultou na área efetiva.

5.2.3.15 Pintura

A quantificação de pintura não considera as paredes que contém pastilhas e azulejos, e deve considerar na quantificação o muro externo, que será pintado com a mesma tinta da edificação. A parte interna da platibanda também não foi considerada pintada. No total, o valor de pintura ficou em 915 m², considerando paredes de fechamento, divisória, shafts e platibanda. Não é possível ter certeza sobre a precisão dos valores encontrados, porque não existe uma forma de fazer uma auditoria do modelo de forma visual sobre o 3D, para garantia do entendimento.

Em relação à pintura de esquadrias de madeira, o valor do vão luz foi obtido do modelo BIM e foi multiplicado por 3 conforme solicita o critério de medição. Para a pintura de esquadrias de ferro, considerou-se a pintura da superfície das grades. O critério de medição solicita a área do vão, e não da superfície. Neste caso, optou-se pelo uso do valor da superfície da grade, e adaptou-se o critério, multiplicando o valor obtido por 2, garantindo as quantidades para duas demãos de tinta no local. Neste caso, como o software permite extrair quantidades de área mais próximas da realidade, é possível que o critério de medição possa ser revisado futuramente pelos bancos de composições brasileiros.

A pintura de rufos e calhas foi obtida diretamente do modelo. A pintura de teto e lixamento também teve seu valor retirado do modelo BIM, de tabelas prontas disponibilizadas junto do modelo.

5.2.3.16 Pisos

O contrapiso foi extraído parcialmente do modelo, pois utilizou-se a área do piso do modelo BIM multiplicada por 5 cm,

para estimar a metragem cúbica dessa argamassa de contrapiso. Para a regularização, foi utilizada a metragem quadrada do piso, incluindo áreas abaixo de soleiras de portas.

As quantidades de acabamentos de pisos também foram obtidas do modelo BIM, e correspondem aos pisos cerâmicos, pisos podotáteis, rejunte, rodapé, calçada interna e externa e guia de balizamento ou meio-fio. No caso da guia de concreto, foi necessário efetuar um cálculo manualmente para conseguir a quantidade em metro linear, pois a quantidade foi fornecida em metragem quadrada, visto que a guia foi modelada como elemento “*morph*” do ArchiCAD, pois não existe comando específico para guias de concreto.

5.2.3.17 Instalações Hidrossanitárias

As instalações hidrossanitárias não foram modeladas no estudo de caso do CRAS, apenas alguns acessórios para banheiros, como vasos sanitários e lavatórios foram modelados. Para os itens que não estavam modelados, como saboneteiras, papeleiras e outros, foram estimados em conjunto pelos alunos da disciplina. Em relação aos materiais e instalações de água e de esgoto, optou-se pelo orçamento estimado, utilizando tabelas de cálculo conforme o apêndice E.

5.2.3.18 Instalações Elétricas

As instalações elétricas também não estavam modeladas no projeto do CRAS. Optou-se novamente pelo orçamento estimado de quantidades de materiais para instalações, conforme as tabelas do apêndice E.

5.2.3.19 Revestimentos de pedras

Os peitoris de janela, soleiras de portas e pingadeiras de granito de platibandas foram extraídos diretamente do ArchiCAD, pelo comprimento da soleira.

5.2.3.20 Serviços complementares externos

Outros serviços, como o muro, o paisagismo, os corrimãos e a limpeza, também foram levantados. Para o muro, as

quantidades foram extraídas diretamente do modelo BIM, assim como a limpeza de vidros e de materiais cerâmicos, que neste caso foi considerado apenas para cerâmicas de paredes.

As demais quantidades, como o paisagismo, limpeza geral da edificação, e corrimão, foram levantados manualmente, com o auxílio do modelo BIM para visualização e medição.

5.2.3.21 Complementação da obra

Para finalizar o levantamento de quantidade para a referida discriminação orçamentária, efetuou-se o levantamento de quantidades para ar condicionado, desmontagem do canteiro, transportes, pergolado, ligações definitivas, habite-se e outros itens gerais da edificação.

Desses, apenas o ar condicionado e ventiladores tiveram as quantidades extraídas do modelo, os demais itens foram estimados manualmente, alguns em conjunto na sala de aula e outro individualmente por cada aluno.

5.2.4 Percepção acerca do entendimento dos alunos

Para avaliar a percepção dos alunos acerca do entendimento sobre a quantificação usando o software BIM ArchiCAD, realizou-se a aplicação de questionários preliminar e pós-estudo. Os resultados estão apresentados a seguir.

5.2.4.1 Questionário Preliminar – Apêndice A

No desenvolvimento da etapa 2 do estudo de caso 2, o questionário preliminar foi novamente aplicado para conhecer quais as habilidades BIM iniciais dos alunos. Foram 22 alunos participantes da pesquisa na etapa 2, na qual utilizou-se o software ArchiCAD para levantamento de quantidades do projeto do CRAS, mas apenas 18 responderam o questionário.

Mais da metade dos alunos participantes, 52%, responderam na primeira questão que o primeiro contato com BIM foi dentro da universidade. Outros 29% alegaram que o primeiro contato com BIM ocorreu em seminários ou outros eventos, o que demonstra a importância de eventos para disseminação do conhecimento e inovação. Em relação ao questionário aplicado no estudo de caso 1, manteve-se a

universidade como o primeiro local de contato dos estudantes com BIM.

No que diz respeito à experiência dos alunos com BIM, 32% dos participantes disseram na questão 2 que usam BIM em seus projetos, enquanto que 23% dos participantes afirmam que sabem o que é BIM, mas não utilizam. Destaca-se que ninguém escolheu a opção “não sei nada sobre BIM”, diferente do questionário aplicado no caso 1, no qual existiam participantes que não conheciam nada sobre BIM.

Além disso, em relação ao questionário do estudo de caso 1, nessa etapa 2 diminuiu o percentual de alunos que afirmam “saber o que é BIM, mas que não utilizam”, e aumentou o percentual de alunos que afirmam usar BIM nos projetos, o que sinaliza que existe um movimento para a adoção de BIM pelos alunos de arquitetura da UFSC.

Os softwares Revit e ArchiCAD, com 46% e 50% das escolhas respectivamente, são as ferramentas para arquitetura que a grande maioria dos alunos pretende ou gostaria de utilizar, conforme questão 4 do questionário.

Em relação à definição de BIM, na questão 5 as opções mais escolhidas pelos participantes foram: software – 27%, processo – 23%, conceito – 23% e sistema de colaboração – 17%. Os softwares BIM mais conhecidos por esses participantes são o Sketchup Pro e o Navisworks, sendo o primeiro citado na questão 6 por quase 60% da amostra, e o segundo, por cerca de 15% dos participantes.

5.2.4.2 Questionário Pós-estudo – Apêndice A

Após o desenvolvimento do estudo referente ao caso 2, Etapa 2, um outro questionário foi aplicado posteriormente às aulas, e teve como objetivo conhecer a percepção dos alunos sobre a aplicação desenvolvida. Foram 22 alunos no total participantes da pesquisa, e 18 respondentes.

Quase 90% dos alunos participantes estavam cursando a disciplina pela primeira vez, e mais de 90% desses alunos acham válida a introdução de softwares BIM na disciplina, demonstrando novamente a aceitação da aplicação, conforme respostas da questão 1.

Na questão 3, aproximadamente 60% dos alunos ainda não se consideram aptos para utilizar os softwares sozinhos, e

outros 33% consideram-se aptos para utilizar o software para orçamentação após a finalização da disciplina. Muitos mencionam que precisariam de mais tempo para assimilar melhor o software, pois era a primeira vez que usavam a ferramenta. Destaca-se aqui a necessidade de introduzir BIM nas disciplinas curriculares anteriores, para que o aluno possa se familiarizar com as ferramentas em etapas preliminares e que também possa desenvolver os projetos em BIM, nas disciplinas de projeto, o que não é realidade hoje na UFSC. Os alunos que realizam seus projetos em BIM aprenderam por conta ou com cursos externos, que nem todos podem ter acesso financeiro para realizá-los.

Os participantes consideram que os maiores benefícios de terem usado o software BIM ArchiCAD na disciplina foi a obtenção dos quantitativos para o trabalho final, com 28% das respostas na questão 4, e que facilitou a visualização da edificação em 3D, com o mesmo percentual de respostas, 28%.

Em relação às dificuldades com o uso do software, na questão 5 os alunos destacam que gostariam de ter mais tempo para assimilar melhor o software, com 32% das respostas, e que sentiam-se inseguros pois era a primeira vez que estavam usando aquela ferramenta – 26% das respostas. Além disso, os alunos destacaram com 19% das respostas, que o software não trouxe todas as quantidades que eram desejadas para o trabalho, obrigando-os a extrair algumas quantidades manuais.

Para os alunos, BIM pode ser definido como processo, software, sistema colaborativo e conceito. Essas foram as opções mais escolhidas na questão 6 pelos participantes para definir BIM, com os respectivos percentuais: 25%, 25%, 22%, 19%.

Baseando-se no trabalho de Santos e outros (2014), cada aluno deveria assinalar na questão 8 sua opinião a respeito da precisão, rapidez, facilidade e grau de detalhe da ferramenta BIM utilizada em relação aos processos convencionais de extração de quantidades do projeto, realizado em um dos exercícios anteriores à aplicação.

Os resultados nos mostram que em relação à precisão, 72% consideram mais preciso enquanto que 22% consideram similar aos trabalhos convencionais de levantamento de quantidades. Quase toda a amostra, 94%, considera o processo de levantamento de quantidades mais rápido e mais fácil em

comparação com o convencional. Em relação ao detalhamento do projeto ou do modelo, 76% dizem que é mais detalhado que os projetos convencionais 2D, e 18% consideraram similar.

5.3 ETAPA 3 – EXTRAÇÃO DE QUANTIDADES CASO 2 PELO VICO OFFICE

5.3.1 Desenvolvimento do Caso 2 – VICO Office

O VICO Office foi solicitado aos desenvolvedores em dois momentos nesta pesquisa, uma em 2015 para o primeiro contato da autora com a ferramenta, e uma renovação de licença em 2016 para aplicação na disciplina de TEC IV. A empresa desenvolvedora do software foi contatada e enviou as licenças para o Labmicro/Arquitetura da UFSC e para os computadores da professora e da autora desta pesquisa. As licenças foram então ativadas no Labmicro e no computador da autora da pesquisa e da professora da disciplina.

O software ArchiCAD 20 também teve que ser atualizado da versão 19, para a versão 20, a qual foi utilizada pelo Governo de Santa Catarina para a modelagem final do CRAS. Isso foi realizado tanto no computador da autora da pesquisa, como no Labmicro, conforme apresentado na etapa 2.

A atualização do ArchiCAD foi necessária pois foi realizada a importação do CRAS do ArchiCAD 20 diretamente para o VICO Office, através de um botão plugin chamado “Vico Office” instalado nas barras superiores do ArchiCAD durante a instalação do VICO, permitindo uma interação direta entre esses dois softwares.

Durante os meses de Novembro e Dezembro de 2016, e Janeiro e Fevereiro de 2017, a autora aprendeu a manusear o software VICO voltado para a aplicação em sala de aula. A autora aprendeu através de visualizações de vídeos explicativos e materiais didáticos disponibilizados pelo desenvolvedor do software através de seu canal de suporte e “*learning*” (VICO, 2017).

O software VICO Office foi instalado no laboratório de computadores da UFSC e no notebook da professora da disciplina. O Labmicro estava com 8 máquinas funcionando no início do primeiro semestre de 2017, e no final, estava com apenas 6 máquinas, sendo que dessas, apenas 3 estavam

disponíveis com configurações mínimas para uso do VICO Office, conforme ilustra a Figura 25.

Figura 25 - VICO instalado no Labmicro da Arquitetura/UFSC



Fonte: acervo da autora

O plano de ensino da disciplina de TEC IV foi atualizado para o semestre letivo de 2017/1 e ajustado para a aplicação da etapa 3 desta pesquisa, nos mesmos moldes da etapa 2, porém voltado para a aplicação com o VICO. A autora preparou as aulas e exercícios para aplicação na primeira metade do semestre letivo.

Os vídeos da etapa 3 foram gravados para o auxiliar os alunos no uso do VICO Office em sala de aula e no desenvolvimento do trabalho extra classe. Também foi útil para auxiliar os alunos que precisaram faltar uma aula. Os vídeos foram desenvolvidos nos mesmos padrões da etapa 2, gravados com software para gravação de vídeos e disponibilizados no Moodle – conforme Apêndice F desta pesquisa.

A edificação do CRAS que foi utilizada como estudo de caso na disciplina foi apresentada para a turma para que todos conhecessem e entendessem conforme descrito na etapa 2. Essa apresentação foi similar nas duas turmas de TEC.

Os mesmos 6 exercícios iniciais aplicados para a turma da etapa 2 foram aplicados para a turma da etapa 3, para desenvolvimento de habilidades prévias relacionadas ao

conteúdo de orçamentação. O ArchiCAD 20 também foi instalado nos computadores pessoais dos alunos, para que pudessem interagir com o modelo e para possibilitar o envio integrado do CRAS de dentro do ArchiCAD para dentro do VICO, conforme será explicado adiante.

A discriminação orçamentária elaborada e padronizada pela autora da pesquisa e pela professora da disciplina, e o memorial arquitetônico atualizado, foram disponibilizados no Moodle conforme apresentado na etapa 2. A discriminação foi elaborada com base nas composições da TCPO13 (TCPO, 2010), e pode ser observada no apêndice D.

Devido à falta de infraestrutura do Labmicro, a autora da pesquisa solicitou ao desenvolvedor do software VICO Office algumas licenças temporárias para a instalação do VICO nos notebooks pessoais dos alunos, com fins acadêmicos para realização do trabalho final da disciplina.

Essas licenças tinham a duração de dois meses, período adequado para a realização da pesquisa e finalização do trabalho por parte dos alunos. Desta forma, foi realizada a instalação do software nos notebooks pessoais, e todos os alunos utilizaram suas próprias máquinas para realizar o trabalho na turma da manhã.

As aulas destinadas à pesquisa iniciaram no dia 24/05/2017, e terminaram no dia 23/06/2017 para a turma da manhã, na qual os quantitativos foram extraídos diretamente do software VICO Office.

No primeiro e no segundo dia de aula foram feitos os ajustes necessários para a instalação correta do ArchiCAD 20 e do VICO Office por todos os alunos, pois houve problemas na instalação de praticamente todos os softwares nos notebooks pessoais dos alunos.

Os problemas foram causados pela interferência do antivírus durante a instalação do software. Após descoberto o problema, todos os alunos desativaram seus antivírus para poder realizar a instalação do VICO corretamente. Importante salientar novamente que o VICO foi instalado em momento posterior ao ArchiCAD, para que o plugin do VICO pudesse ser ativado dentro do ArchiCAD permitindo a interação direta entre as ferramentas.

Além disso, o software ArchiCAD 20 que seria usado como apoio para o envio do modelo do CRAS diretamente para o VICO, abriu com bibliotecas em falta na maioria dos notebooks

dos alunos. Desta forma, o modelo ficava todo pintado na cor roxa e não era possível encontrar as informações necessárias nos elementos do modelo. Esse problema foi resolvido nas primeiras aulas.

Alguns alunos não sabiam como fazer para ativar a licença educacional do ArchiCAD e foram instruídos também. Todos os modelos abriram no ArchiCAD com um plano de fundo azul e os alunos foram instruídos sobre como retirar esse plano para facilitar a visualização 3D. As duas primeiras aulas foram dedicadas para resolver essas questões relativas aos softwares, deixando todos os alunos nivelados para o início da aplicação.

Na terceira aula, foi realizada a passagem do modelo BIM do CRAS de dentro do ArchiCAD 20 para dentro do VICO Office, através do botão “Vico Office”, instalado como plugin dentro do ArchiCAD. Após a transferência, o modelo foi ativado no VICO e prosseguiu-se com a realização do trabalho de orçamentação inteiramente dentro do VICO Office. Foi constatado apenas um problema de incompatibilidade entre o modelo do ArchiCAD e o modelo aberto no VICO, que é referente à cor das pastilhas cinzas e vermelhas das fachadas, que no VICO abriram diferentes do modelo original do ArchiCAD.

Após todas as aulas, a autora registrou em um diário todas as aplicações realizadas, as dúvidas, comentários, dificuldades e outras situações importantes para a pesquisa.

As quantidades extraídas durante as aulas, dentro do VICO Office, foram atualizadas na discriminação orçamentária que também foi transferida para dentro do VICO a partir de um documento em Excel. Na medida em que foram extraídas quantidades do modelo, essas foram integradas com a discriminação orçamentária no próprio VICO.

Foi possível usar fórmulas para ajustar as quantidades extraídas do modelo. Isso foi útil para o caso de uma quantidade extraída em m^2 , mas que a composição solicita em metro linear. Nestes casos, foi possível elaborar uma fórmula para dividir o valor do m^2 pela largura das peças, por exemplo, no caso do rufo, obtendo assim o valor em metro linear.

Conforme mencionado na etapa 2, criou-se uma tabela comparativa para as quantidades extraídas da etapa 2 e da etapa 3, para uso próprio da autora, e nessa tabela as quantidades foram atualizadas gradativamente no decorrer das aulas, conforme apresentado no apêndice D.

A autora realizou a extração manual de algumas quantidades e atualizou os valores na tabela comparativa do apêndice D. Essa decisão deve-se à intenção de comparar as formas de mensuração das etapas em BIM com a extração convencional manual. Serviu também para auxiliar no diagnóstico das possíveis causas das diferenças entre os valores apresentados.

5.3.2 Percepção a respeito dos critérios de medição e extração de quantidades BIM

Em relação aos critérios de medição, a principal percepção na etapa 3 foi a dificuldade para obter automaticamente o valor de área de parede considerando cheios os vãos com área inferior ou igual a 2 m^2 e também para descontar os vãos com área superior a 2 m^2 apenas o que exceder a essa área. Esse é o critério de medição solicitado pela composição unitária escolhida para uso em alguns revestimentos de paredes.

Com isso, a área obtida no VICO considera as áreas de paredes com desconto de todos os vãos. Seria possível criar uma fórmula dentro do VICO para obter o resultado desejado, mas no caso deste estudo, optou-se por considerar a área com desconto de todos os vãos para facilitar a aplicação em sala de aula.

Por isso, a quantidade de área de revestimentos de paredes é inferior no VICO, em relação à etapa 2 e algumas quantidades manuais.

Além disso, houve dificuldades em extrair as quantidades de esquadrias diretamente do VICO, respeitando os critérios de medição, pois essas quantidades não foram retratadas por tipo de janela, e sim quantificadas através de uma metragem quadrada do valor total de janelas ou a quantidade total de unidades, não identificando cada elemento por tipo. Essa questão poderia ser solucionada com ajustes na modelagem.

Desta forma, optou-se por utilizar as tabelas de esquadrias existentes nos PDFs do projeto gerado via ArchiCAD, para extração dessas quantidades de esquadrias individualmente, seguindo os critérios de medição, seja por área ou por unidade de determinado elemento.

5.3.3 Considerações sobre os resultados

No caso da etapa 3, as composições unitárias da TCPO13 (TCPO, 2010) foram repassadas para os alunos no formato “.vico”, como uma base de dados, para que os alunos abrissem em seus projetos e atualizassem as composições com seus insumos na discriminação orçamentária.

A autora foi responsável por elaborar, formatar e disponibilizar o arquivo “.vico” no Moodle, contendo a base de dados da TCPO13 (TCPO, 2010) para uso neste trabalho. Alguns alunos quiseram aprender como formatar a base de dados, e a autora instruiu como poderiam fazer. Portanto, alguns alunos inseriram as composições da discriminação orçamentária por conta própria, e outros usaram a base de dados.

Essa base de dados abriu no VICO como uma referência e foi atualizada rapidamente dentro da discriminação orçamentária, inicialmente sem os preços, que foram atualizados em seguida pelos alunos.

Os alunos aprenderam como fazer essa atualização dos insumos em aula e finalizaram a atualização em casa, sem dificuldades. Alguns relataram que inseriram os insumos no local errado, mas facilmente conseguiram corrigir excluindo os itens errados e adicionando novamente os itens no local correto. Outros alunos inseriram os insumos no nível de hierarquia errado, e em aula a autora ensinou como ajustar, sem grandes dificuldades.

Para finalizar, os alunos aprenderam como fazer para ativar os itens da discriminação orçamentária, para que na hora da inserção dos preços ocorresse a atualização automática em todos os insumos que possuísem o mesmo código na discriminação orçamentária.

Após a atualização de todos os insumos na discriminação orçamentária e da ativação de todos os itens, os alunos foram instruídos a atualizar os preços desses insumos, com base na tabela coletiva do Drive, que deveria ser alimentada com os preços do SINAPI ou de outras fontes no caso da inexistência do insumo no SINAPI.

A autora e a professora da disciplina apresentaram como isso deveria ser realizado e os alunos conseguiram atualizar sozinhos os preços desses insumos. Interessante que a inserção

de preços fica automatizada para os insumos que possuem mesmo código, gerando gradativamente os custos de todos os itens do orçamento.

Essa etapa do trabalho final não era o foco da autora, mas a mesma percebeu a existência de dificuldade e dúvida dos alunos na hora de escolher qual preço utilizar, visto que os insumos nem sempre tinham a mesma descrição. Isso deve-se à opção por utilizar a discriminação orçamentaria com composições da TCPO13 (TCPO, 2010) e os preços do SINAPI (2017a), escolha meramente didática, feita para permitir reflexão e aprendizado por parte dos alunos.

O memorial descritivo preliminar foi complementado pelos alunos com as informações e descrições faltantes. Isso foi feito fora do horário de aulas e entregue como parte do trabalho avaliativo da disciplina.

Os resultados das quantidades foram obtidos e estão disponíveis no apêndice D, na tabela comparativa entre as quantidades das etapas 2 e 3, e do levantamento manual das quantidades. Uma descrição mais detalhada destes resultados está apresentada a seguir.

5.3.3.1 Serviços Iniciais

Os serviços iniciais, que compreendem o levantamento topográfico, sondagem, serviços preliminares e serviços técnicos foram extraídos manualmente da mesma forma que foi realizado para a etapa 2, sem auxílio do modelo BIM, exceto para a quantidade referente ao serviço de controle tecnológico do concreto.

5.3.3.2 Instalações do canteiro

As instalações do canteiro, por não terem sido modeladas em BIM, foram praticamente todas extraídas manualmente, da mesma forma que foi feito na etapa 2. A única exceção fica para a área do terreno, que pôde ser obtida diretamente do modelo.

5.3.3.3 Movimento de terra

Idêntico ao resultado obtido do ArchiCAD, no qual todos os itens constantes na movimentação de terra, tais como

escavação, apiloamento e reaterro de valas, foram extraídos manualmente do modelo, com auxílio da vista 3D para retirada de medidas. Os cálculos foram realizados manualmente. Esse é outro item que não foi modelado em BIM e, portanto, não foram disponibilizadas informações no modelo.

Para a área de escavação e apiloamento considerou-se uma distância de 50 cm para cada lado da sapata.

5.3.3.4 Serviços gerais

Para o item de serviços gerais de andaimes, optou-se juntamente com as turmas em utilizar a área do maior ambiente existente na edificação, uma vez que o critério de medição não estava claro. Esse item também não estava modelado em BIM e, portanto, foi quantificado manualmente.

5.3.3.5 Infraestrutura

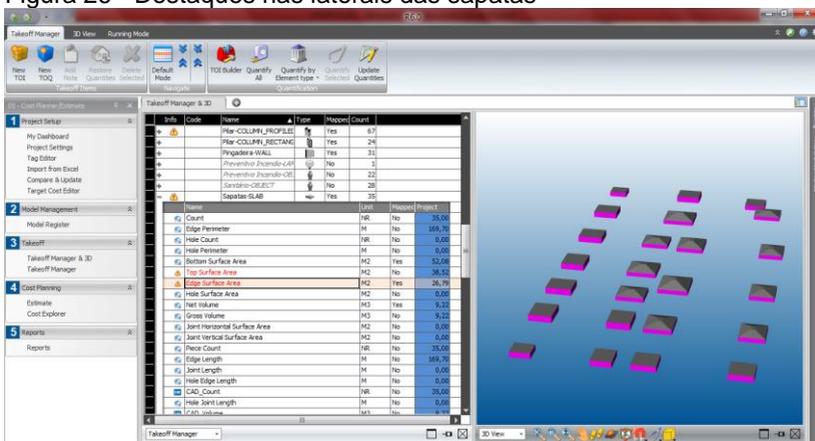
Este item, assim como o resultado da etapa 2, teve algumas quantidades que foram extraídas diretamente do modelo, tais como volume de concreto e área de fôrmas, e outras que não foram, como por exemplo os lastros e as armaduras, pois esses elementos não foram modelados.

As quantidades de armaduras foram estimadas usando e mesma fórmula mencionada na etapa 2, “105 x volume” (AVILA et al., 2003). Para os lastros, o cálculo também foi realizado manualmente, considerando 5 cm de espessura pra cada lastro, e multiplicando pela área de apiloamento do fundo da vala.

Para as fôrmas de sapatas, o VICO permitiu extrair as quantidades das laterais, como é apresentado na Figura 26, e no caso da sapata piramidal, extraiu também a fôrma da pirâmide, conforme a Figura 27. O volume é obtido diretamente do modelo BIM e as quantidades estão vinculadas ao layer “sapatas”.

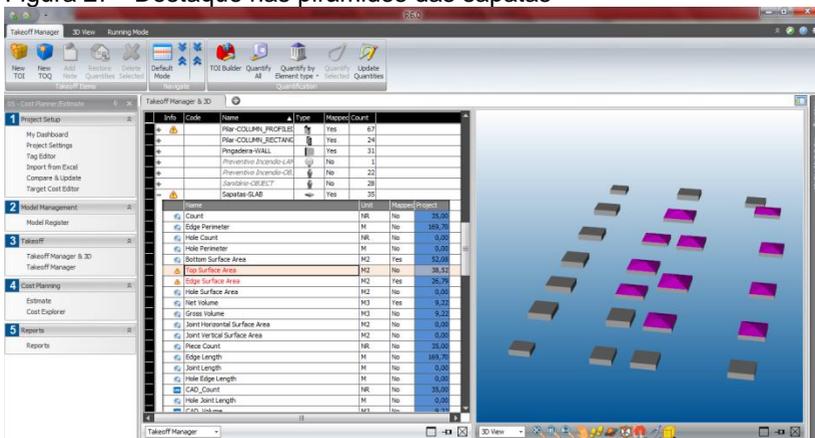
A grande vantagem está na possibilidade de visualização da quantidades através de um destaque cor de rosa no modelo BIM 3D, conforme mostram as imagens mencionadas. Desta forma o orçamentista consegue perceber o que se refere cada número que está vinculado na extração de quantidades, e pode inclusive manuseá-lo, retirando ou inserindo outras partes para alterar as quantidades, auditando o próprio trabalho.

Figura 26 - Destaques nas laterais das sapatas



Fonte: elaborado pela autora

Figura 27 - Destaque nas pirâmides das sapatas



Fonte: elaborado pela autora

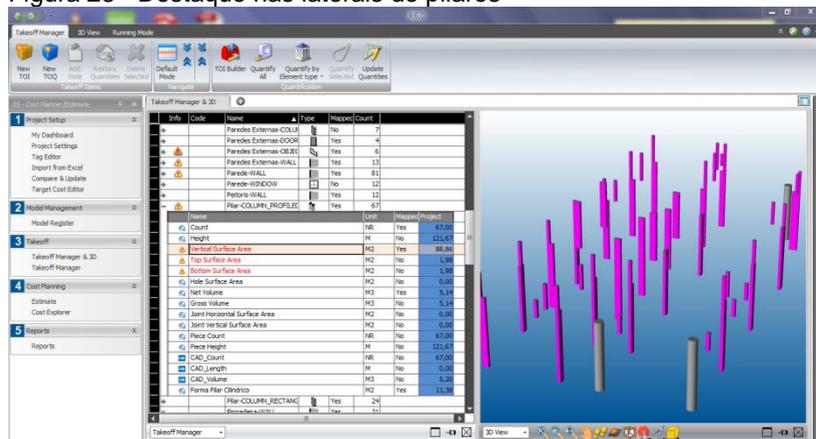
No caso das sapatas, elas estão totalmente preenchidas de concreto, sendo que a intersecção entre pilar da cabeça da sapata e a sapata contabilizava concreto em duplicidade. Este é um erro de modelagem que deveria ter sido checado anteriormente à etapa de orçamentação, a fim de garantir a qualidade do modelo. No caso deste trabalho, constatou-se que existia o erro, mas esse foi ignorado pois não era o foco do

trabalho fazer estes ajustes na modelagem. De qualquer forma, optou-se por perceber e anotar as falhas de modelagem existentes, para possibilitar um mapeamento das informações essenciais da quantificação BIM para orçamentos executivos.

5.3.3.6 Supraestrutura

Para os elementos pilares, somente as armaduras não foram levantadas diretamente do modelo, pois não foram modeladas em BIM. As quantidades de fôrmas foram calculadas automaticamente pelo VICO, pela superfície vertical dos elementos pilares, conforme Figura 28, inclusive para os pilares circulares, como mostrado na Figura 29. No modelo BIM, os pilaretes da platibanda foram considerados como pilares, no mesmo layer dos pilares da edificação, e por isso, foram também contabilizados nas quantidades dos pilares.

Figura 28 - Destaque nas laterais de pilares



Fonte: elaborado pela autora

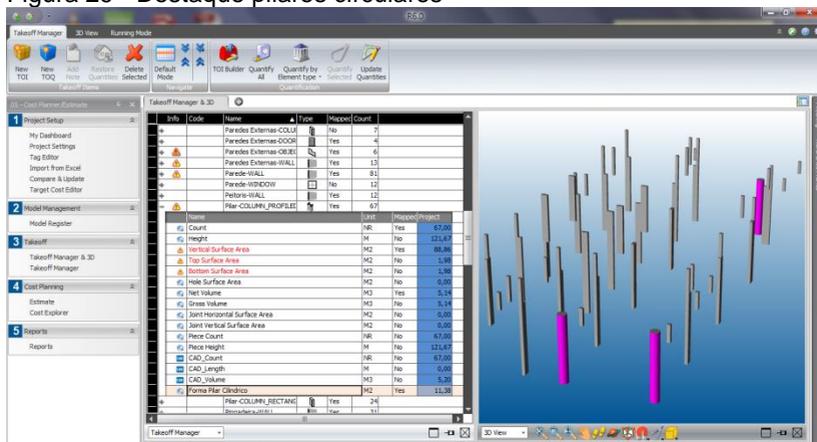
No caso dos pilares redondos, foi criada uma nova quantidade referente ao “ pilar redondo”, para que fosse contabilizado separadamente dos demais pilares.

Em relação às vigas, foi criado um novo item de quantidades para calcular separadamente as vigas do baldrame do restante das vigas de cobertura, conforme Figura 30. Assim

como no caso dos pilares, as armaduras não foram extraídas diretamente do modelo, pois não foram modeladas.

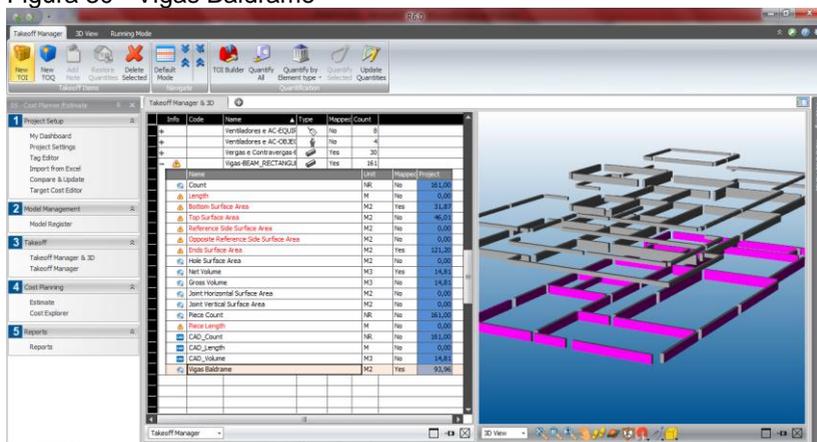
A planta de vigas foi modelada com a intersecção entre viga-pilar ajustada, para evitar a duplicidade entre esses elementos e respeitar o critério de medição da composição adotada.

Figura 29 - Destaque pilares circulares



Fonte: elaborado pela autora

Figura 30 - Vigas Baldrame

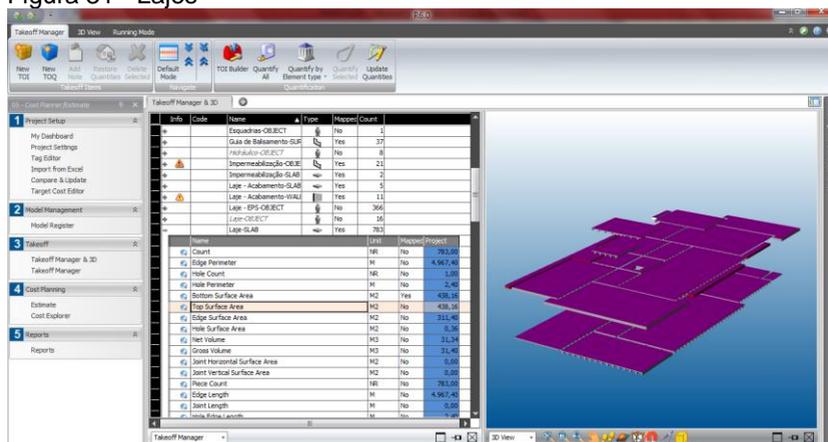


Fonte: elaborado pela autora

Em relação às lajes, assim como foi descrito na etapa 2, elas foram modeladas em BIM para o tipo pré-fabricada com EPS, e por isso, optou-se pelo uso de uma composição de laje pré-fabricada com tabelas, visto que a opção com EPS não estava disponível na TCPO13 (TCPO, 2010).

Foi realizado um ajuste na composição para substituir a tábua pelo EPS. Na Figura 31 é possível identificar a área de lajes deste projeto no destaque rosa.

Figura 31 - Lajes



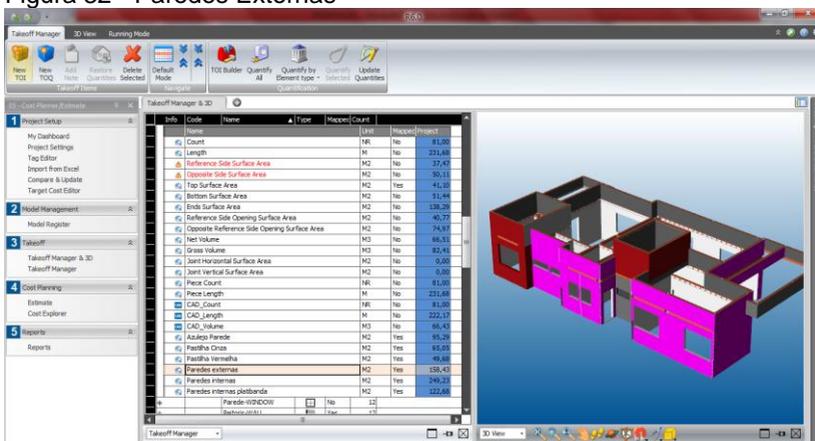
Fonte: elaborado pela autora

5.3.3.7 Paredes e painéis

Algumas quantidades das paredes compostas do ArchiCAD não foram quantificadas corretamente pela ferramenta automática do VICO, conforme o material informativo enviado pelo desenvolvedor do software no momento da instalação. Para isso, optou-se pela criação dos novos itens de quantidades e uso da ferramenta pintura/destaque (TRIMBLE, 2016c).

Com essa ferramenta, o VICO permitiu a extração de quantidades de revestimentos de paredes facilmente, conforme Figura 32. Alguns novos itens de quantidades tiveram que ser criados, tais como, azulejos de paredes, pastilhas, paredes externas, paredes internas e parte interna da platibanda.

Figura 32 - Paredes Externas



Fonte: elaborado pela autora

Para a quantidade de alvenaria foi necessário efetuar a soma de todas as áreas de paredes dos itens criados, tanto áreas internas, quanto externas, e dividir tudo por dois, para poder obter a área das paredes pelo eixo, que é o recomendado para a extração de área de alvenaria.

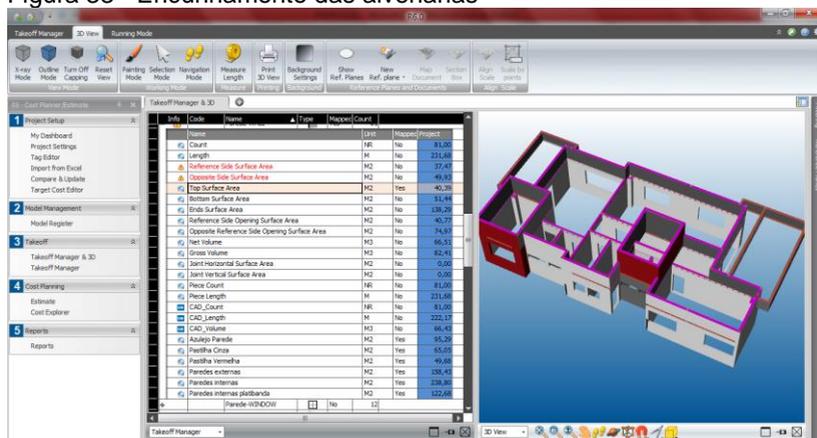
Percebe-se pelo modelo que os elementos de estrutura são descontados das paredes ou das alvenarias pelo VICO, pois foram modeladas desta forma. Uma das dificuldades encontradas foi o critério de medição, pois as áreas fornecidas pelo VICO são áreas que descontam todos os vãos, enquanto que o critério de medição da composição escolhida solicitava que não fossem descontados vãos menores de 2 m², e que os maiores que 2 m², descontasse apenas o que exceder a este valor. Optou-se por utilizar a área com todos os descontos, fornecida pelo VICO. Seria possível inserir as quantidades de vãos manualmente em uma fórmula na discriminação orçamentária, mas para facilitar devido ao pouco tempo disponível em sala, optou-se por usar desta forma.

Outra questão importante de salientar é sobre a diferença de tijolos cerâmicos quantificados. Não foi possível encontrar uma forma de extrair as quantidades de alvenaria de 9cm separadamente das alvenarias de 14 cm no VICO, com o estudo de caso selecionado. No ArchiCAD foi possível extrair as quantidades para cada alvenaria, separadamente, mas no VICO

não foi possível. Para solucionar, seria possível criar paredes com layers separados no ArchiCAD, que seriam lidos de forma individual pelo VICO.

O encunhamento foi considerado apenas no encontro com as vigas da cobertura, e foi obtido do software, porém com alguns problemas, conforme Figura 33. Na Figura 34 pode-se perceber que o destaque rosa está contabilizando a parte superior da parede, e de seus revestimentos, enquanto que deveria destacar apenas a parte interna da alvenaria no topo da parede, sem os revestimentos.

Figura 33 - Encunhamento das alvenarias



Fonte: elaborado pela autora

Todos esses detalhes contribuem para que o valor emitido automaticamente no VICO esteja de certo modo equivocado, sendo necessária uma limpeza dos “destaques” do modelo para obtenção dos valores corretos de encunhamento. É necessário dividir o valor da metragem quadrada obtida no VICO pela largura da parede, para conseguir a quantidade desejada em metros lineares. Isso ocorre porque o encunhamento não foi modelado no projeto. Apesar disso, pela área do topo da parede é possível obter a área do encunhamento.

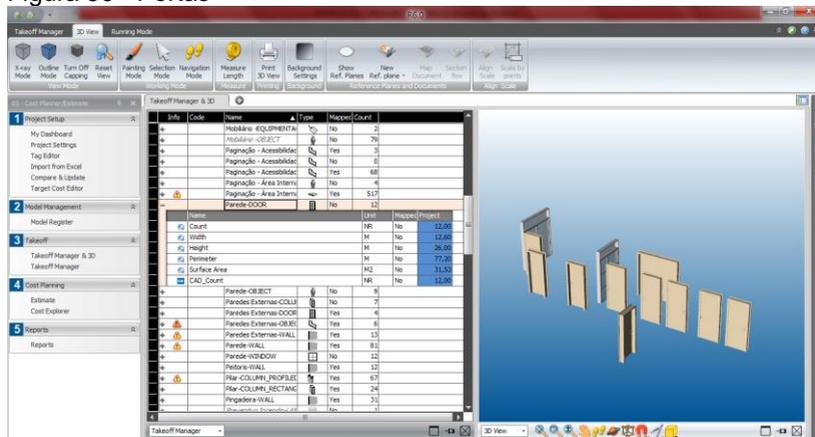
As vergas e contravergas foram modeladas, o que possibilitou a extração das quantidades de metros cúbicos de concreto diretamente no VICO – Figura 35. Os acessórios de tela metálica para prevenção de trincas na alvenaria não foram

conforme Figura 37, o VICO não mostrou as quantidades separadamente por tipo de esquadria, mas sim, do conjunto total de esquadrias. Ou seja, obteve-se a quantidade total de unidades, de todos os tipos de portas e de janelas, e obteve-se a metragem quadrada das superfícies de todas as portas, e de todas as janelas.

Porém, o que era necessário para o orçamento eram as unidades ou as metragens quadradas por tipos de elementos de porta ou de janela. Na disciplina, optou-se pelo uso das quantidades provenientes das tabelas de esquadrias do ArchiCAD, disponibilizadas em PDF para os alunos. Desta forma, os alunos contabilizaram as esquadrias pelo PDF e atualizaram as respectivas quantidades na discriminação do VICO.

Seriam necessários ajustes no modelo para identificação correta destes elementos de esquadrias no software VICO, por exemplo, através do agrupamento de elementos idênticos em mesmos layers no ArchiCAD.

Figura 36 - Portas



| Info | Code | Name | Type | Missed | Count |
|------|------|--------------------------|------|--------|-------|
| | | Modelaria - EQUIPAMENTA | Yes | No | 2 |
| | | Modelaria - CEEZIC | No | No | 796 |
| | | Pedraço - Acessibilidade | No | Yes | 3 |
| | | Pedraço - Acessibilidade | No | No | 0 |
| | | Pedraço - Acessibilidade | Yes | No | 68 |
| | | Pedraço - Area Interna | No | No | 4 |
| | | Pedraço - Area Interna | Yes | No | 517 |
| | | Parade COCOR | No | No | 12 |

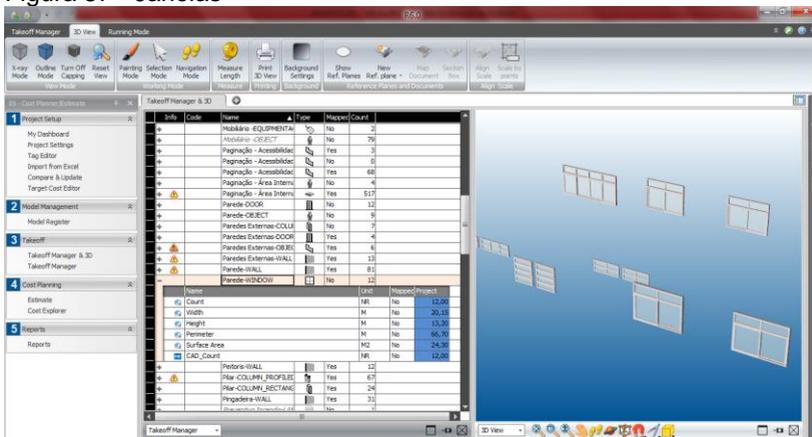
| Name | Unit | Missed | Quantity |
|--------------|------|--------|----------|
| Count | NR | No | 12,00 |
| Width | M | No | 12,86 |
| Height | M | No | 26,60 |
| Perimeter | M | No | 77,20 |
| Surface Area | M2 | No | 31,53 |
| CAD_Count | NR | No | 34,00 |

| Name | Type | Missed | Quantity |
|--------------------------|------|--------|----------|
| Parade OBRECT | No | No | 9 |
| Parades Externas COLL | No | No | 7 |
| Parades Externas COCOR | Yes | No | 4 |
| Parades Externas OB RECT | Yes | No | 6 |
| Parades Externas WALL | Yes | No | 13 |
| Parade WALL | Yes | No | 81 |
| Parade WIDECOR | No | No | 12 |
| Parades WALL | Yes | No | 12 |
| Par COLUMN_PROPRIET | Yes | No | 67 |
| Par COLUMN_SECTION | Yes | No | 24 |
| Prigredes WALL | Yes | No | 31 |
| Prigredes WALL | No | No | 1 |

Fonte: elaborado pela autora

As quantidades de batente/forras de portas, e garnição/vistas de portas, foram calculadas manualmente com o auxílio da vista 3D e do PDF gerado pelo ArchiCAD. A área das grades e de portões foi extraída manualmente, porém com o auxílio da vista 3D do VICO, que permitiu a medição do vão de cada abertura.

Figura 37 - Janelas



Fonte: elaborado pela autora

Da mesma forma que ocorreu na etapa 2, no momento da extração das quantidades o software disponibilizou apenas a área de revestimentos dos ferros das grades, quantidade útil para a pintura, por exemplo, mas não foi possível extrair a área do vão do elemento diretamente do modelo. Por isso foi medido e calculado manualmente, com auxílio da vista 3D.

5.3.3.9 Vidros

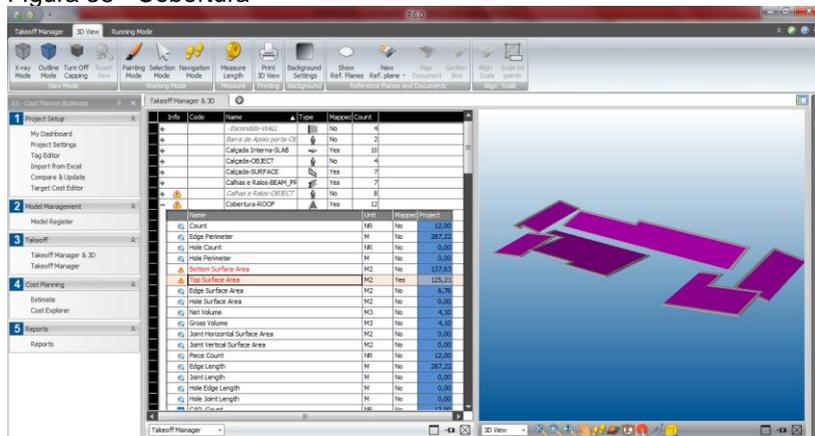
A área de vidros foi extraída das tabelas do ArchiCAD existentes nos PDFs. Como os vidros são elementos existentes dentro das esquadrias, o VICO não reconheceu esses elementos separadamente, logo não foram obtidas quantidades para esse material. É possível estimar essa quantidade individualmente através da ferramenta destaque, mas optou-se por usar os valores dos PDFs para facilitar a aplicação em sala de aula.

A composição utilizada solicitou o arredondamento das quantidades para valores múltiplos de 5cm, e isso foi realizado para respeitar os critérios de medição das composições. Sendo assim, a precisão nos valores desses elementos não é tão minuciosa devido ao arredondamento do critério de medição.

5.3.3.10 Cobertura

A quantificação da estrutura de madeira e telhas da cobertura foi realizada diretamente do modelo BIM, pela área da cobertura – Figura 38. Porém, não foi utilizada a área de projeção horizontal, conforme recomendação do critério de medição da composição. Utilizou-se a área efetiva da cobertura inclinada, que foi a quantidade permitida para extração via software VICO. Da mesma forma que na etapa 2, é possível que essa questão contribua para uma futura revisão das formas de medição dos critérios adotados para as composições.

Figura 38 - Cobertura



Fonte: elaborado pela autora

Criou-se um novo item de quantidade para quantificar os rufos e contra rufos dos telhados, e através do comando “destaque” foi possível levantar essas quantidades diretamente do modelo. As calhas foram quantificadas automaticamente no modelo – Figura 39.

5.3.3.11 Impermeabilização

As quantidades de impermeabilização foram extraídas diretamente do modelo. Para o baldrame, as quantidades foram extraídas diretamente do layer de vigas de baldrame, conforme Figura 30. Para a impermeabilização de calhas, marquises e

5.3.3.13 Revestimento de paredes internas

As quantidades de chapisco e reboco de paredes internas foram extraídas diretamente do modelo, através do layer “paredes”, nos quais foram criados novos itens de quantidades para quantificação dos revestimentos de paredes, como por exemplo, azulejo de parede – Figura 43.

Figura 43 - Revestimentos de azulejos de paredes

The screenshot shows the Takeoff Manager software interface. On the left, there is a navigation pane with sections like Project Setup, Model Management, Takeoff, and Reports. The main window displays a 3D model of a building structure with internal walls highlighted in purple. To the right of the model is a table with the following columns: ID, Code, Name, Unit, Measure, and Count. The table lists various items related to wall finishes and structural elements.

| ID | Code | Name | Unit | Measure | Count |
|----|------|--|------|---------|--------|
| | | Endos Surface Area | M2 | No | 13,25 |
| | | Ends Surface Area | M2 | No | 138,25 |
| | | Reference Side Opening Surface Area | M2 | No | 40,37 |
| | | Opposite Reference Side Opening Surface Area | M2 | No | 79,67 |
| | | Net Volume | M3 | No | 66,51 |
| | | Floor Volume | M3 | No | 82,87 |
| | | Roof Horizontal Surface Area | M2 | No | 0,00 |
| | | Roof Vertical Surface Area | M2 | No | 0,00 |
| | | Price Count | HR | No | 81,68 |
| | | Price Length | M | No | 211,61 |
| | | CAD Count | HR | No | 81,68 |
| | | CAD Length | M | No | 211,61 |
| | | CAD Volume | M3 | No | 66,45 |
| | | Estim. Paredes | M2 | Yes | 90,20 |
| | | Chapisco Creta | M2 | Yes | 90,20 |
| | | Pastilha Vermelha | M2 | Yes | 49,46 |
| | | Paredes externas | M2 | Yes | 139,45 |
| | | Paredes internas | M2 | Yes | 239,65 |
| | | Paredes internas plabanda | M2 | Yes | 137,61 |
| | | Paralel WINDOW | No | | 12 |
| | | Paralel WALL | Yes | | 12 |
| | | Par COLUNA_PROFUSEI | Yes | | 67 |
| | | Par COLUNA_RECEPTEI | Yes | | 24 |
| | | ParGedera WALL | Yes | | 31 |
| | | Par embora (chamado-L) | No | | 1 |
| | | Par embora (chamado-V) | No | | 22 |
| | | Par embora (L) | No | | 58 |

Fonte: elaborado pela autora

Ressalta-se que os valores obtidos do VICO descontam todos os vãos de aberturas, diferente do que é solicitado nos critérios de cálculo de algumas composições, como chapisco, reboco e pintura de paredes. No caso dos azulejos e pastilhas, o critério solicita que sejam descontados todos os vãos, logo as quantidades obtidas estavam adequadas aos critérios.

Para obtenção do valor de revestimentos internos, somou-se o valor do item de quantidade de paredes internas, com os azulejos internos, pois abaixo dos azulejos também existem revestimentos de reboco e chapisco.

5.3.3.14 Revestimento de paredes externas

Da mesma forma que ocorreu para o revestimento de parede interna, foram obtidas as quantidades de paredes externas do CRAS, separadamente, para pastilhas cinza,

pastilhas vermelhas, reboco e chapisco externo, e chapisco da parte interna da platibanda – Figura 44.

Figura 44 - Quantidades de paredes externas

The screenshot shows the Takeoff Manager interface with a 3D model of a building on the right and a table of quantities on the left. The table lists various items with their codes, names, types, and counts.

| Info | Code | Name | Type | Measured Count | |
|------|------|--|------|----------------|--------|
| | | Bottom Surface Area | M2 | No | 33,95 |
| | | Ends Surface Area | M2 | No | 288,33 |
| | | Reference Side Opening Surface Area | M2 | No | -42,77 |
| | | Openable Reference Side Opening Surface Area | M2 | No | 79,87 |
| | | Net Volume | M3 | No | 66,12 |
| | | Gross Volume | M3 | No | 32,32 |
| | | Joint Horizontal Surface Area | M2 | No | 0,00 |
| | | Joint Vertical Surface Area | M2 | No | 0,00 |
| | | Reca Count | NR | No | 93,00 |
| | | Reca Length | M | No | 233,00 |
| | | CAD Count | NR | No | 83,00 |
| | | CAD Length | M | No | 222,37 |
| | | CAD Volume | M3 | No | 66,12 |
| | | Azulejo Parede | M2 | Yes | 15,25 |
| | | Parafus Criss | M2 | Yes | 65,05 |
| | | Parafus Verticais | M2 | Yes | 95,00 |
| | | Paredes externas | M2 | Yes | 130,53 |
| | | Paredes internas | M2 | Yes | 230,00 |
| | | Paredes internas platibanda | M2 | Yes | 120,00 |
| | | Paredes <MIDROW | | No | 12 |
| | | Paredes verticais | Yes | 12 | |
| | | PAR COLUMN PROFILES | Yes | 67 | |
| | | PAR COLUMN RECTANG | Yes | 24 | |
| | | PROFILES WALL | Yes | 11 | |
| | | Platibanda (Parafusos LAR) | No | 1 | |
| | | Platibanda (Parafusos CR) | No | 22 | |
| | | Platibanda (Parafusos CR) | No | 22 | |

Fonte: elaborado pela autora

Em relação aos critérios, conforme o item anterior, o software desconta todos os vãos de abertura de paredes nos cálculos, o que não condiz com o que é solicitado nos critérios de medição de reboco, chapisco e pintura.

No caso das pastilhas, o software descontou corretamente os vãos das aberturas em conformidade com os critérios, porém, o desconto das pastilhas abaixo do telhado não ocorreu. Isso aconteceu porque os descontos de áreas de pastilhas abaixo do telhado estavam modelados em outro layer, e este fato foi desconsiderado por todos. Com isso percebe-se que a atenção e experiência do orçamentista são essenciais para os resultados.

Além disso, outro problema foi o levantamento de pastilhas pelo VICO. Ao importar o modelo para o VICO, algumas pastilhas que eram vermelhas no ArchiCAD estavam pintadas de cinza, devido a um erro provável de interoperabilidade entre os dois softwares. Com isso, no momento de destacar as áreas de pastilhas vermelhas e cinzas no modelo do VICO, seguiu-se com a visualização disponível no 3D do VICO, para a cor cinza e a cor vermelha, acarretando em erros de quantidades de pastilhas de cada cor.

Se o custo das pastilhas no mercado for o mesmo, não haverá problemas quanto ao orçamento. Mas se o custo for

diferente, o orçamento ficaria equivocado, além de comprometer a solicitação de compras de materiais nos canteiros de obras, em relação ao pedido de quantidade de cada material por cor.

Importante destacar que as quantidades de reboco e chapisco foram obtidas com a soma de alguns itens, que foram levantados separadamente para facilitar o uso nos demais serviços. A quantidade de reboco nas paredes externas foi somada com a quantidade de cada uma das pastilhas, para gerar o valor de reboco e chapisco, pois abaixo das áreas de pastilhas também há revestimento argamassado na fachada. Isso foi feito com base em fórmulas criadas na discriminação orçamentária do VICO. Desta forma, foi considerado o mesmo traço de reboco e emboço, pois não havia especificação de traço no memorial.

5.3.3.15 Pintura

A quantificação da pintura de parede e emassamento ocorreram de forma similar aos revestimentos apresentados anteriormente. As áreas usadas foram dos revestimentos externo/internos, conforme o caso, sem necessidade de utilizar as fórmulas para gerar o resultado desejado.

O problema do critério de medição continuou a se repetir nesse caso, pois as quantidades estavam com descontos de todos os vãos de aberturas, enquanto que o critério solicitava para não descontar vãos até 2 m^2 e para vãos superiores a 2 m^2 , descontar apenas o que exceder, em cada vão, a essa área.

Em relação à pintura de esquadrias de madeira, o valor do vão luz foi obtido do PDF utilizado para cálculo de esquadrias e foi multiplicado por 3, conforme solicita o critério de medição.

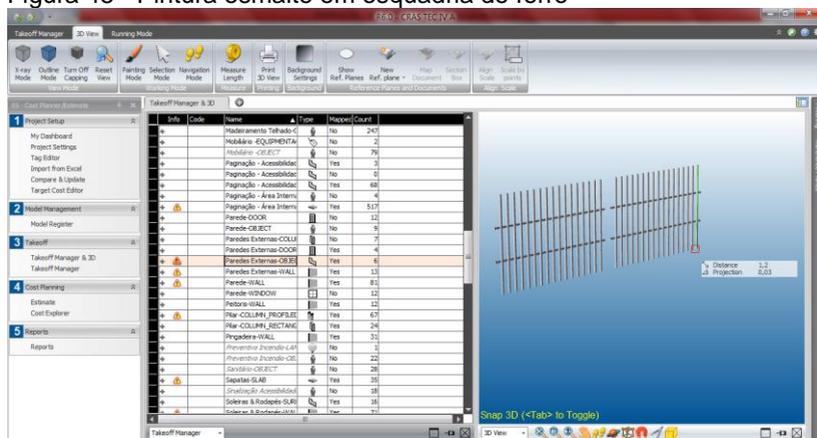
Para a pintura de esquadrias de ferro – Figura 45 utilizou-se o modelo 3D para medição dos vãos e calculou-se manualmente a quantidade, multiplicando a mesma por 3 para respeitar o critério de medição. A pintura de rufos e calhas foi obtida diretamente das metragens quadradas extraídas do modelo. A pintura de teto e seu lixamento tiveram seus valores retirados do modelo, através do layer “Lajes-acabamentos”.

5.3.3.16 Pisos

O lastro de contrapiso foi extraído parcialmente do modelo – Figura 46, pois utilizou-se a área do piso do modelo BIM

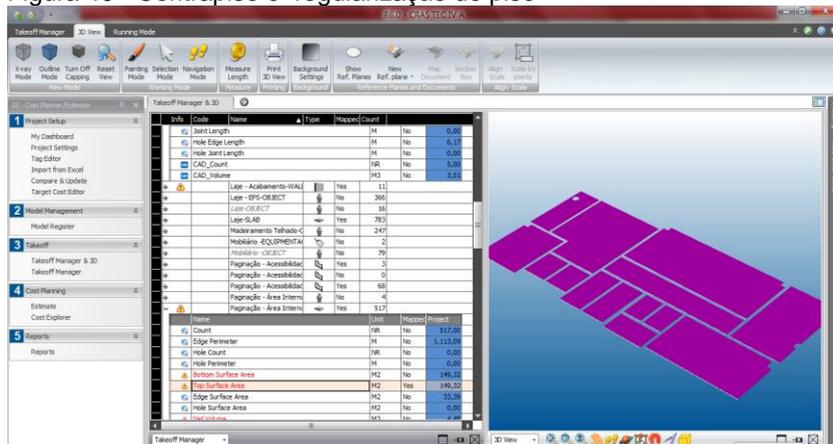
multiplicada por 5 cm, para estimar a metragem cúbica dessa argamassa de contrapiso, assim como foi feito para a etapa 2. Para a regularização, foi utilizada a metragem quadrada do piso, incluindo a soma das áreas abaixo de soleiras de portas. Essa soma foi feita usando as fórmulas do VICO, na discriminação.

Figura 45 - Pintura esmalte em esquadria de ferro



Fonte: elaborado pela autora

Figura 46 - Contrapiso e regularização de piso



Fonte: elaborado pela autora

As quantidades de acabamentos de pisos também foram obtidas do modelo BIM, e correspondem aos pisos cerâmicos,

pisos podotêteis – Figura 47, rejunte, rodapé, calçada interna e externa, e guia de balizamento/meio-fio. No caso da guia de concreto, foi necessário efetuar uma fórmula de cálculo para conseguir a quantidade em metro linear, pois a quantidade foi fornecida em metragem quadrada no VICO. Esta foi dividida pela largura e obteve-se o metro linear da guia.

Figura 47 - Pisos podotêteis

The screenshot shows the Takeoff Manager software interface. On the left is a navigation pane with categories like 'Inspect Setup', 'Model Management', 'Takeoff', 'Cost Planning', and 'Reports'. The main window is divided into a 3D view on the right showing a pink wireframe of a floor plan, and a data table on the left. The table lists various items with columns for 'Info', 'Code', 'Name', 'Type', and 'Mapped Count'. Below the table, there are summary rows for 'Count', 'Perimeter', 'Edge Surface Area', 'Total Volume', 'Bottom Surface Area', 'Perim Count', 'Edge Length', 'Joint Length', and 'CAD Count'.

| Info | Code | Name | Type | Mapped Count |
|------|------|------------------------|------|--------------|
| # | | Joint Length | NR | No 0,00 |
| # | | Joint Edge Length | NR | No 0,00 |
| # | | Joint Joint Length | NR | No 0,00 |
| # | | CAD_Count | NR | No 1,00 |
| # | | CAD_Volume | NR | No 3,00 |
| # | | Lab - Acabamento-WALL | Yes | 11 |
| # | | Lab - EPS-OBJECT | No | 366 |
| # | | Lab - OBJECT | No | 36 |
| # | | Lab - SLAB | Yes | 702 |
| # | | Moderamento Tefudo-C | No | 247 |
| # | | Mobiliário-EQUIPAMENTA | No | 2 |
| # | | Moldado-OBJECT | No | 79 |
| # | | Pagnação - Acessibilid | Yes | 1 |
| # | | Pagnação - Acessibilid | No | 0 |
| # | | Pagnação - Acessibilid | Yes | 68 |
| # | | Count | NR | No 68,00 |
| # | | Perimeter | NR | No 227,00 |
| # | | Edge Surface Area | M2 | Yes 76,10 |
| # | | Edge Surface Area | M2 | No 3,84 |
| # | | Joint Surface Area | M2 | No 0,00 |
| # | | Total Volume | M3 | No 0,00 |
| # | | Bottom Surface Area | M2 | No 26,10 |
| # | | Perim Count | NR | No 68,00 |
| # | | Edge Length | NR | No 227,00 |
| # | | Joint Length | M | No 0,00 |
| # | | CAD_Count | NR | No 1,00 |

Fonte: elaborado pela autora

5.3.3.17 Instalações Hidrossanitárias

Assim como na etapa 2, as instalações hidrossanitárias não foram modeladas no estudo de caso do CRAS, apenas alguns acessórios para banheiros, como vasos sanitários e lavatórios. Os itens que não estavam modelados, em relação aos acessórios, como saboneteiras, papeleiras e outros, foram estimados em conjunto pelos alunos da disciplina. Em relação aos materiais e instalações de água e de esgoto, optou-se pelo orçamento estimado, como foi feito na etapa 2, utilizando tabelas de cálculo conforme o apêndice E.

5.3.3.18 Instalações Elétricas

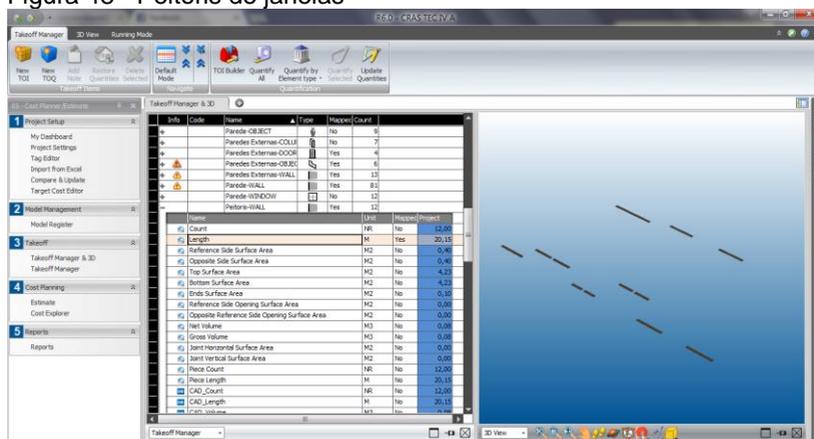
As instalações elétricas também não estavam modeladas no projeto do CRAS. Optou-se novamente pelo orçamento

estimado de quantidades de materiais para instalações, conforme as tabelas do apêndice E.

5.3.3.19 Revestimentos de pedras

Os peitoris de janela, conforme mostra a Figura 48, soleiras de portas e pingadeiras de granito de platibandas foram extraídos diretamente do modelo 3D, pelo comprimento da soleira.

Figura 48 - Peitoris de janelas



The screenshot shows the Takeoff Manager software interface. On the left, there is a navigation pane with sections like '1 Project Setup', '2 Model Management', '3 Takeoff', '4 Cost Planning', and '5 Reports'. The main window displays a 3D model of a window with several lines drawn across it, representing the window sills. A table is overlaid on the model, listing extracted items with columns for Name, Type, and Mipped/Count.

| Name | Type | Mipped/Count |
|------------------------|------|--------------|
| Parade OBRECT | No | 9 |
| Parades Externas COLU | No | 7 |
| Parades Externas COCOR | Yes | 4 |
| Parades Externas COCOR | Yes | 6 |
| Parades Externas WALL | Yes | 13 |
| Parade WALL | Yes | 82 |
| Parade WINDOW | No | 12 |
| Peitoris WALL | Yes | 12 |

Fonte: elaborado pela autora

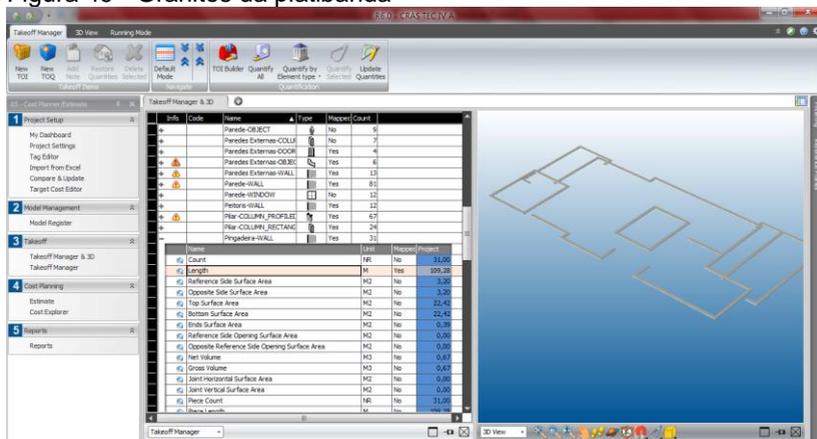
Os peitoris de janelas e as pingadeiras da platibanda, conforme Figura 49, tiveram as quantidades extraídas em metros lineares automaticamente pelo VICO, enquanto que as soleiras de portas – Figura 50, calculadas como tipo de superfície, foram extraídas em metros quadrados e transformadas em metros lineares através de fórmula, dividindo a metragem quadrada pela largura da soleira.

5.3.3.20 Serviços complementares externos

Outros serviços, como o muro, o paisagismo, os corrimãos e a limpeza, também foram levantados. Para o muro, apresentado na Figura 51, as quantidades foram extraídas

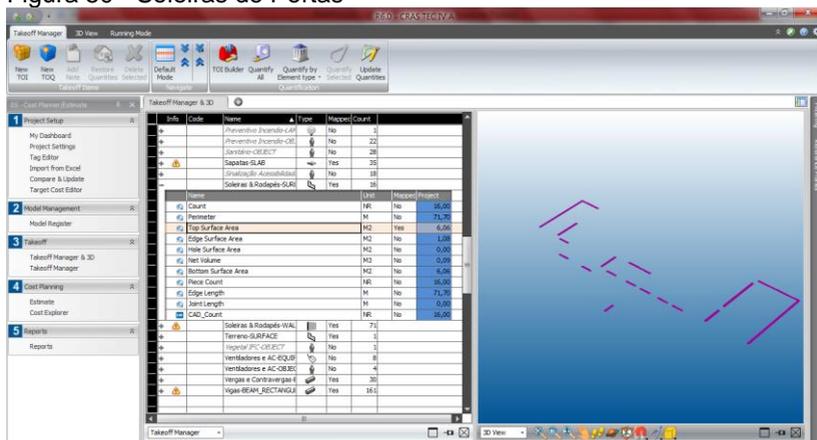
diretamente do modelo BIM, assim como a limpeza de vidros e de materiais cerâmicos, que neste caso foi considerado apenas para as cerâmicas de paredes, em decisão conjunta com as turmas.

Figura 49 - Granitos da platibanda



Fonte: elaborado pela autora

Figura 50 - Soleiras de Portas



Fonte: elaborado pela autora

As demais quantidades, como o paisagismo, limpeza geral da edificação e corrimão, foram levantadas manualmente com o auxílio do modelo BIM para visualização e medição.

5.3.3.21 Complementação da obra

Para finalizar o levantamento de quantidades para a discriminação orçamentária, efetuou-se o levantamento de quantidades para ar condicionado, desmontagem do canteiro, transportes, pergolado, ligações definitivas, habite-se e outros itens gerais da edificação.

Desses, apenas o ar condicionado e ventiladores tiveram as quantidades extraídas do modelo, os demais itens foram estimados manualmente, alguns em conjunto na sala de aula e outro individualmente por cada aluno, como no caso dos transportes de materiais.

Figura 51 - Muros

The screenshot displays the Takeoff Manager software interface. On the right, a 3D model of a wall is shown in a blue and purple color scheme. On the left, a table lists various items and their quantities. The table is organized into two main sections: 'Info' and 'Name'. The 'Info' section includes columns for Code, Name, Type, and Measured Count. The 'Name' section includes columns for Name, Unit, Measured, and Project. The table contains the following data:

| Info | Code | Name | Type | Measured | Count |
|-------------|------|--|------|----------|--------|
| | | Parede-OBJECT | M | No | 9 |
| | | Paredes-Extensas-COLU | M | No | 7 |
| | | Paredes-Extensas-GOCOR | M | No | 4 |
| | | Paredes-Extensas-OB.EI | M | Yes | 6 |
| | | Paredes-Extensas-WALL | M | Yes | 13 |
| Name | | | | | |
| | | Count | NR | No | 13,00 |
| | | Length | M | Yes | 89,52 |
| | | Opposite Side Surface Area | M2 | No | 159,32 |
| | | Opposite Side Surface Area | M2 | No | 154,57 |
| | | Top Surface Area | M2 | No | 15,99 |
| | | Bottom Surface Area | M2 | No | 15,99 |
| | | Ends Surface Area | M2 | No | 7,55 |
| | | Reference Side Opening Surface Area | M2 | No | 0,00 |
| | | Opposite Surface Side Opening Surface Area | M2 | No | 0,00 |
| | | Net Volume | M3 | No | 28,32 |
| | | Gross Volume | M3 | No | 28,36 |
| | | Joint Horizontal Surface Area | M2 | No | 0,00 |
| | | Joint Vertical Surface Area | M2 | No | 0,00 |
| | | Place Count | NR | No | 13,00 |
| | | Place Length | M | No | 89,52 |
| | | CAD_Count | NR | No | 13,00 |
| | | CAD_Length | M | No | 89,52 |
| | | CAD_Volume | M3 | No | 28,36 |
| | | Parede-WALL | M | Yes | 8 |
| | | Parede-WINDOW | M | No | 12 |
| | | Parede-WALL | NR | User | 13 |

Fonte: elaborado pela autora

5.3.4 Percepção acerca do entendimento dos alunos

5.3.4.1 Questionário Preliminar – Apêndice A

No desenvolvimento da etapa 3 do estudo de caso 2, o questionário preliminar foi aplicado com o mesmo intuito das etapas anteriores, de conhecer quais as habilidades BIM iniciais dos alunos. Foram 10 alunos no total participantes da pesquisa na etapa 3, na qual foi usado o software VICO Office para

levantamento de quantidades do projeto do CRAS, e 9 alunos responderam este questionário.

Em relação ao primeiro contato com BIM, na questão 1 22% responderam que o primeiro contato com BIM foi dentro da universidade. O mesmo percentual de respostas foi obtido para o contato dentro dos escritórios de arquitetura ou engenharia e também o mesmo percentual para a opção “outros”. Além disso, 23% alegaram que nunca tiveram contato com BIM.

No que diz respeito à experiência dos alunos com BIM, na questão 2 25% dos participantes disseram que usam BIM em seus projetos, enquanto que 42% dos participantes afirmam que sabem o que é BIM, mas não utilizam. Destaca-se que ninguém escolheu a opção “não sei nada sobre BIM”, diferente do questionário aplicado no caso 1, no semestre de 2016/1, no qual existiam participantes que não conheciam nada sobre BIM.

Nessa turma destaca-se que quase metade dos participantes não utilizam BIM, e foi um resultado muito próximo do questionário aplicado no estudo de caso 1. Com isso, pode-se concluir que a adoção de BIM ainda está em andamento dentro das universidades. Talvez isso seja reflexo da falta de oferta de disciplinas preliminares ou da falta de implementação em disciplinas existentes, que tragam esse conhecimento para a universidade, restando ao aluno aprender em outros locais fora do meio acadêmico, geralmente cursos pagos e que não são acessíveis a todos.

Na questão 4, os softwares Revit e ArchiCAD, com 50% das escolhas para cada, são as ferramentas para arquitetura que a grande maioria dos alunos pretende ou gostaria de utilizar. Em relação à definição de BIM, as opções mais escolhidas pelos participantes na questão 5 foram: software – 14%, processo – 36%, conceito – 22%, sistema de colaboração – 14% e ambiente de trabalho - 14%. Os softwares BIM mais conhecidos por esses participantes são o Sketchup Pro e o Navisworks, sendo o primeiro citado na questão 6 por 36% da amostra, e o segundo, por cerca de 30% dos participantes. Esses softwares foram os mais citados por todos os estudantes participantes da pesquisa.

Vale lembrar que o Sketchup é uma ferramenta conhecida pelos estudantes de arquitetura, e muito usada em meio acadêmico, e tornou-se BIM recentemente. O Navisworks, é uma ferramenta conhecida por estar no mesmo pacote da Autodesk, empresa desenvolvedora do Revit, o que faz com que sua

divulgação ocorra junto com o software Revit e seja potencializada entre seus usuários.

5.3.4.2 Questionário Pós-estudo – Apêndice A

Após o desenvolvimento do estudo de caso 2, etapa 3, outro questionário foi aplicado posteriormente às aulas, e teve como objetivo conhecer a percepção dos alunos sobre a aplicação desenvolvida. Foram 10 alunos no total participantes da pesquisa, e 9 respondentes do questionário.

Em relação às questões 1 e 2, quase 80% dos alunos participantes estavam cursando a disciplina pela primeira vez e todos os alunos acham válida a introdução de softwares BIM na disciplina, demonstrando novamente a aceitação da aplicação.

Muitos alunos, aproximadamente 56%, ainda não se consideram aptos para utilizar os softwares sozinhos, e outros 44% consideram-se aptos para utilizar o software para orçamentação após a finalização da disciplina, conforme respostas da questão 3. Assim como mencionado na etapa 2, a necessidade de introduzir BIM nas disciplinas curriculares anteriores poderia auxiliar para que esses alunos tivessem mais maduros e familiarizados com BIM, o que facilitaria a aplicação na etapa de orçamentação.

Os participantes consideram, na questão 4, que os maiores benefícios de terem usado o software BIM VICO Office na disciplina foi a obtenção dos quantitativos para o trabalho final, com 25% das respostas, e que facilitou a visualização da edificação em 3D, com o mesmo percentual de respostas, 25%. Além desses itens, os participantes consideram que a aprendizagem colaborativa – 19%, o entendimento da execução da obra – 16% e, a identificação de erros nos projetos 2D – 15%, também foram benefícios obtidos com a aplicação realizada.

Em relação às dificuldades com o uso do software, novamente os alunos destacam na questão 5 que gostariam de ter mais tempo para assimilar melhor o software, com 35% das respostas, muito próximo do resultado obtido nos questionários da etapa 2. Outra consideração foi a de que tinham dificuldade para entender o que eram as quantidades que estavam extraindo do modelo – 24% e, que sentiam-se inseguros pois era a primeira vez que estavam usando aquela ferramenta – 23% das respostas. Além disso, os alunos destacaram com 18% das

respostas, que o software não trouxe todas as quantidades que eram desejadas para o trabalho, obrigando-os a extrair algumas quantidades manuais, resultado muito similar ao questionário aplicado na etapa 2.

Para os alunos, BIM pode ser definido como processo, software, ambiente de trabalho, sistema colaborativo e conceito. Essas foram as opções mais escolhidas pelos participantes na questão 6 para definir BIM, com os respectivos percentuais de respostas: 29%, 14%, 14%, 21%, 22%.

Outra pergunta foi feita na questão 8, com base no trabalho de Santos, Antunes e Balbinot (2014), onde cada aluno deveria assinalar sua opinião a respeito da precisão, rapidez, facilidade e grau de detalhe da ferramenta BIM utilizada em relação aos processos convencionais de extração de quantidades do projeto. Os resultados nos mostram que em relação à precisão, 56% consideram ser mais preciso enquanto que 44% consideram similar aos trabalhos convencionais de levantamento de quantidades. Quase 80% dos participantes considera o processo de levantamento de quantidades mais rápido em comparação com o convencional, e quase 70% considera mais fácil de obter as quantidades. Em relação ao detalhamento do projeto ou do modelo, 67% dizem que é mais detalhado que os projetos convencionais 2D, e 33% consideraram similar.

5.4 ANÁLISES GERAIS DAS ETAPAS 2 E 3

Nas etapas 2 e 3 desta pesquisa foi realizada uma síntese das quantidades extraídas diretamente do modelo, manualmente e parcialmente do modelo. A etapa 1 não foi contemplada nesta síntese, pois não era o objetivo daquela etapa, que foi realizada com método diferenciado.

Pelos resultados apresentados, percebe-se que algumas quantidades puderam ser extraídas diretamente do modelo BIM, enquanto que outras foram extraídas manualmente, algumas vezes com auxílio do modelo, outras não. Na Tabela 5, foram descritos os percentuais extraídos por serviço, para os casos da extração realizada diretamente do modelo – % MODELO -, ou manualmente - % MANUAL -, ou parcialmente do modelo – “% PARCIAL. Nesse último caso, o modelo serve de auxílio para

medição e entendimento, mas o cálculo da quantidade foi realizado manualmente.

De modo geral, nesta pesquisa e para este estudo de caso do CRAS foi possível extrair na etapa 2 – ArchiCAD – BIM 3D, 54% de quantidades diretamente do modelo, 33% manualmente e 13% de forma parcial. Para a etapa 3 – VICO – BIM 5D, foi possível extrair 46% das quantidades automaticamente do modelo, 44% manualmente e 10% de forma parcial.

Um dos serviços que contribuiu para que houvesse diferença na extração de quantidades da ferramenta BIM 3D para a 5D foram as esquadrias, que na ferramenta BIM 5D vieram automaticamente extraídas em m² total de aberturas, e não estavam separadas por tipo de janela como era necessário para preenchimento da discriminação orçamentária. Isso ocorreu devido à forma como foram modelados estes elementos no ArchiCAD. Para facilitar, nesta pesquisa optou-se por utilizar as informações das esquadrias do PDF extraído do modelo do ArchiCAD.

Tabela 5 - Percentuais de quantitativos obtidos por tipo de serviço

| SERVIÇOS | Continua | |
|---|---|---|
| | QUANTIDADES ETAPA 2 ArchiCAD | QUANTIDADES ETAPA 3 VICO |
| 01. Serviços iniciais | 8% MODELO 92%MANUAL | 8% MODELO 92%MANUAL |
| 02. Instalações do canteiro | 14% MODELO 86% MANUAL | 14% MODELO 86% MANUAL |
| 03. Movimento de terra | 100% PARCIAL | 100% PARCIAL |
| 04. Serviços gerais | 100% MANUAL | 100% MANUAL |
| 05. Infraestrutura Fundação Direta Contínua | 50% MODELO 17% PARCIAL 33% MANUAL | 50% MODELO 17% PARCIAL 33% MANUAL |
| 06. Supraestrutura | 50% MODELO 50% PARCIAL | 75% MODELO 25% PARCIAL |
| 07. Paredes e painéis | 83% MODELO 17% MANUAL | 80% MODELO 20% MANUAL |
| 08. Esquadrias e gradis | 83% MODELO 17% MANUAL | 100% MANUAL |
| 09. Vidros | 100% MODELO | 100% MANUAL |
| 10. Cobertura | 60% MODELO 40% MANUAL | 60% MODELO 40% MANUAL |

Tabela 5 - Percentuais de quantitativos obtidos por tipo de serviço

| SERVIÇOS | Conclusão | |
|---------------------------------------|---|---|
| | QUANTIDADES ETAPA 2 ArchiCAD | QUANTIDADES ETAPA 3 VICO |
| 11. Impermeabilização | 50% MODELO 50% MANUAL | 100% MODELO |
| 12. Revestimentos de teto | 100% MODELO | 100% MODELO |
| 13. Revestimento de paredes internas | 100% MODELO | 100% MODELO |
| 14. Revestimentos de paredes externas | 100% MODELO | 100% MODELO |
| 15. Pintura | 90% MODELO 10% MANUAL | 70% MODELO 10% PARCIAL 20% MANUAL |
| 16. Pisos | 80% MODELO 20% MANUAL | 80% MODELO 20% MANUAL |
| 17. Instalações hidrossanitárias | 100% MANUAL* | 100% MANUAL* |
| 18. Instalações elétricas | 100% MANUAL* | 100% MANUAL* |
| 19. Revestimentos de pedra | 100% MODELO | 100% MODELO |
| 20. Serviços complementares externos | 50% MODELO 33% PARCIAL 17% MANUAL | 67% MODELO 33% PARCIAL |
| 21. Complementação da obra | 17% MODELO 83% MANUAL | 17% MODELO 83% MANUAL |

*Os modelos BIM de instalações de CRAS não foram utilizados na pesquisa.

Fonte: elaborada pela autora

5.4.1 Etapa 2 – BIM 3D – ArchiCAD

As ferramentas BIM 3D têm como uma de suas funcionalidades a extração de quantidades diretamente do modelo, permitindo obter quantidades de materiais que foram vinculados ao modelo paramétrico, e que serão úteis na orçamentação de um empreendimento ou projeto.

Um ponto positivo é que a ferramenta utilizada, o ArchiCAD, permite a configuração de critérios de medição de quantidades previamente à geração das tabelas, no caso de descontar apenas vãos maiores que 2m².

As dificuldades encontradas em sala de aula, ao usar uma ferramenta BIM 3D para extração de quantidades de um modelo

pronto, foi a geração de dúvidas e incertezas sobre o que seriam aqueles resultados, se estão corretos ou não. Isso ocorreu porque determinada tabela é criada, e são obtidos valores quantitativos para o elemento, porém, não tem como verificar e auditar de onde esses valores vieram.

A interface do software não demonstra como o algoritmo calcula a quantidade, e para ter essa informação é necessária uma pesquisa no site do desenvolvedor.

Outra questão é a infinidade de opções que o software oferece para cálculo de “área” sendo que algumas vezes o software não dispõe o resultado para todas as áreas. Os alunos não entendiam a diferença entre “área condicional”, “área bruta”, “área”, e tantas outras opções encontradas na formulação das quantidades, sendo necessária uma explicação da autora para que entendessem.

5.4.2 Etapa 3 – BIM 5D – VICO Office

A ferramenta BIM 5D teve como grande vantagem a possibilidade de visualizar em destaque as quantidades no modelo BIM, facilitando o entendimento do que significavam determinadas quantidades extraídas automaticamente do modelo. Permitiu também alterações e personalização dessas quantidades.

Outras vantagens, além da etapa de quantificação, estão na possibilidade de integrar as quantidades com a discriminação orçamentária, e com os preços, que são atualizados automaticamente para todos os insumos de mesmo código. No momento da inserção do primeiro preço o software atualiza todos os outros semelhantes. Outro ponto positivo foi a rapidez com que foram atualizados as descrições dos insumos dentro das composições da discriminação orçamentária, pois foi utilizada uma base de dados padrão.

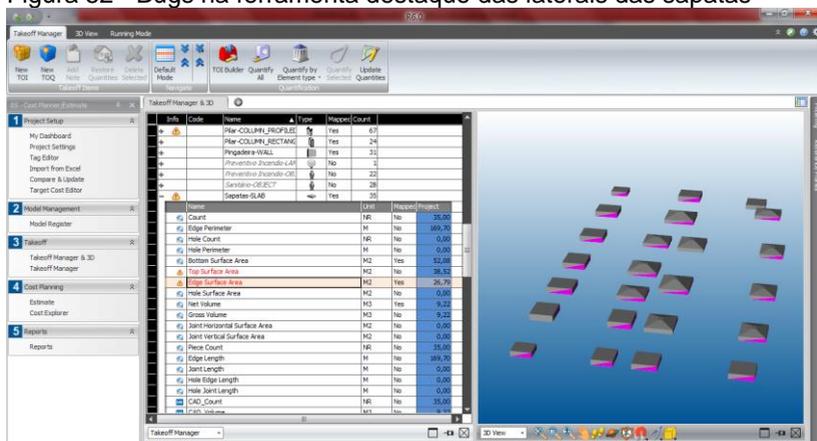
Apesar dos pontos positivos sinalizados, algumas dificuldades foram percebidas ao longo da aplicação dos dados. O trabalho em conjunto permitiu detectar algumas situações que poderiam não ter sido percebidas se o trabalho fosse realizado individualmente pela pesquisadora, afirmando a importância da pesquisa-ação nesta dissertação de mestrado.

Uma das questões que causou problemas na aplicação dos dados com a ferramenta BIM 5D foi um “bug” do software em

relação à ferramenta destaque usada na quantificação, conforme mostrado na Figura 52, Figura 53 e Figura 54. As imagens apresentam a visualização de sapatas com o “bug”.

A quantidade estava contabilizada corretamente, apenas a ferramenta destaque estava equivocada. Isto ocorreu algumas vezes com alguns alunos e com a autora da pesquisa, em momentos e em casos diferentes. O trabalho em grupo permitiu identificar que o valor da quantidade estava correto, pois o “bug” acontecia para alguns e não para todos, além de não alterar o valor numérico, apenas a vista em destaque no modelo 3D.

Figura 52 - Bugs na ferramenta destaque das laterais das sapatas



Fonte: elaborado pela autora

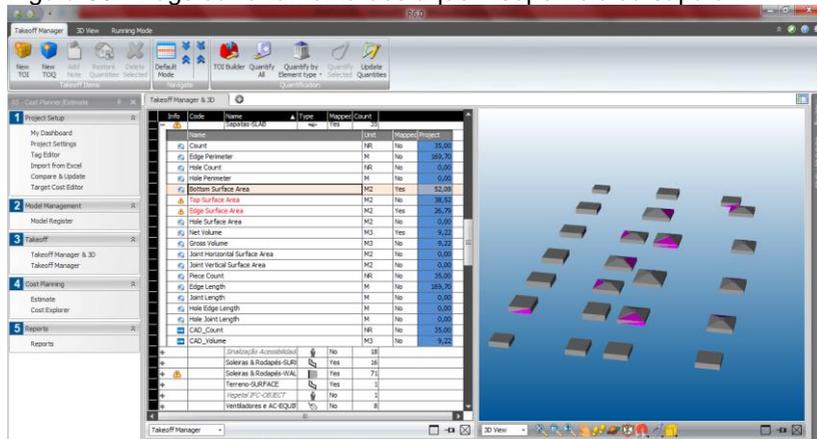
Outro problema encontrado foi a atualização da versão do CRAS. No caso de uma dupla de alunos, ao atualizar uma nova versão do modelo do CRAS no software, as quantidades foram quantificadas automaticamente pelo VICO com “tipos” diferentes dos da primeira versão do modelo.

Por exemplo, as sapatas na primeira versão foram quantificadas como objeto, e na atualização da versão, vieram calculadas como lajes. Com isso, algumas quantidades foram perdidas por esses alunos, que tiveram que revisar novamente o que haviam feito.

O trabalho em grupo também permitiu perceber que para algumas quantidades, o software mostrava valores diferentes, mesmo conferindo que todos do grupo estavam trabalhando com

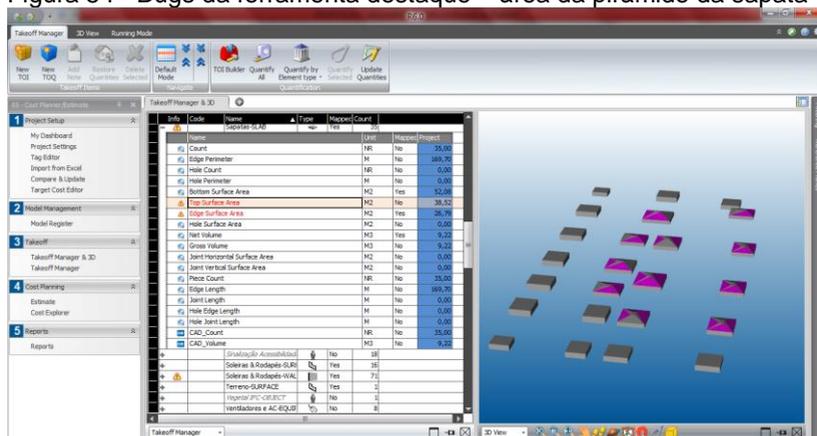
as mesmas superfícies em destaque na quantificação. Os alunos manifestavam-se quando não estavam com a mesma quantidade mostrada pela autora da pesquisa na projeção, e apesar das diferenças pequenas, percebeu-se que elas existem.

Figura 53 - Bugs da ferramenta destaque – superfície da sapata



Fonte: elaborado pela autora

Figura 54 - Bugs da ferramenta destaque – área da pirâmide da sapata



Fonte: elaborado pela autora

5.5 ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO

Uma das contribuições deste trabalho está no ensino de disciplinas de orçamento de obras, para os cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil. Este trabalho pode ser considerado uma iniciativa piloto de implementação de BIM em disciplinas de gestão de obras na UFSC.

Será chamado de educador BIM, a pessoa responsável pelo ensino em universidades, e de “modeladores de custos”, os alunos participantes da pesquisa habilitados para uso de BIM para orçamentação. Esses termos foram adaptados do trabalho de Barison (2015).

Quanto às modalidades de ensino, nesta pesquisa foram utilizadas as aulas expositivas, principalmente na primeira metade do semestre, e na segunda metade as aulas de laboratório, para aplicação dos dados desta pesquisa e continuidade do conteúdo de planejamento de obras. Além disso, teve o trabalho de casa na primeira metade do semestre, através da aplicação dos seis exercícios, e houve também a discussão em classe, sobre ideias, conclusões e informações a respeito da aplicação realizada no laboratório.

Os recursos utilizados para o ensino foram os próprios softwares projetados em tela pela autora da pesquisa, os vídeos com o passo a passo para se chegar aos resultados nos softwares, considerados como um objeto de ensino, a comunicação oral e os arquivos disponibilizados via Moodle, como o memorial parcial, a discriminação orçamentária e outros.

Barison (2015) descreveu alguns recursos sugeridos para a estimativa de custos automatizada, dentre elas, o uso de um software de estimativa de custos baseado no modelo, como foi feito na etapa 3 desta pesquisa com o VICO Office, ou o uso de um software BIM de autoria de projeto, como foi feito na etapa 1 e 2, com o Revit e o ArchiCAD.

Além dos softwares, tal autora destaca algumas outras necessidades para aplicação do processo 5D, como a importância de um modelo preciso, a existência de dados de custos formatados para uso, e complementa com a necessidade de criação de um padrão de classificação dos elementos integrados com a discriminação orçamentária, baseado na TCPO como sugerido por Barison, ou no SINAPI, por exemplo, e adequados aos processos brasileiros (BARISON, 2015, p. 270).

O objetivo da inserção de BIM na disciplina de TEC IV e nesta pesquisa de mestrado é a integração do ensino com o uso de modelos BIM para processos de projeto, com uso de ferramenta BIM 3D e BIM 5D. Com a aplicação realizada, foi possível mapear algumas estratégias que podem ser adotadas por outros educadores BIM para o ensino em universidades brasileiras.

O educador BIM deverá ter conhecimento em BIM e nos softwares escolhidos para utilização, a fim de aplicar esse conteúdo em sala de aula. Para a disciplina de orçamento de obras, sugere-se inicialmente o treinamento e capacitação do educador para aplicação usando BIM.

Após, sugere-se a definição de um estudo de caso para aplicação em sala de aula com fins de orçamentação, de preferência utilizar um modelo pronto, compatibilizado e preciso nas suas informações. Não recomenda-se a modelagem em sala de aula, pois essa tarefa demanda tempo e não é o foco dessas disciplinas. Por isso a importância da integração curricular, para que nas disciplinas de projeto, anteriores à de orçamentação, possam ser modeladas edificações para uso nas disciplinas posteriores de gestão da construção.

Alguns autores têm discutido as necessidades de adaptações curriculares para introdução do BIM nos cursos de engenharia e arquitetura (BARISON, 2015; DELATORRE, 2014). Destaca-se a importância do modelo pronto e de qualidade para a etapa de orçamentação, e sugere-se inclusive, que questões de qualidade de modelagem sejam vistas previamente à disciplina de orçamentação e introduzidas no ensino nos ateliês de projeto.

Barison (2015, p. 261) afirma que a competência de extrair quantitativos para usar nas estimativas exige nível de habilidade de modelador intermediário, porém, nesta pesquisa verificou-se que a grande maioria dos alunos participantes não possuía experiência em BIM. Pelos questionários aplicados antes do início das aulas, na etapa 1 apenas 4% dos participantes considerava-se experiente em BIM. O mesmo percentual ocorreu para a etapa 2 quando questionados sobre a experiência em BIM. Na etapa 3 ninguém considerou-se experiente em BIM. Nas etapas 1 e 3 o percentual de 42% dos participantes, em cada etapa, afirmou que sabe o que é BIM mas não usa, enquanto que na etapa 2 o percentual dessa questão foi de 23%. Com isso,

percebe-se que os alunos participantes da pesquisa não estavam no nível de habilidade desejado. Os que se consideravam experientes afirmavam isso porque estagiavam em escritórios nos quais tinham a função de modelador, e usavam os softwares BIM para desempenhar a função.

O ideal era a introdução do BIM no currículo desde as etapas de disciplinas de projeto, ensinando as funções do modelador BIM. Além disso, se possível, seria interessante a inserção de uma nova disciplina que pudesse tratar de questões de qualidade do modelo BIM e da compatibilização de projetos arquitetônicos e complementares, previamente às disciplinas de gestão da construção, e posteriormente à disciplina de projeto, para que o modelo pudesse ser lapidado e ajustado em tempo hábil para seguir no ciclo de vida BIM com qualidade, e para permitir amplo contato dos modeladores com questões de qualidade do modelo.

Esse cuidado é bastante importante para que o aluno aprenda a ter consciência de um produto de qualidade e dos impactos dele nos resultados da construção, ainda dentro da faculdade, minimizando a ocorrência desses erros no mercado de trabalho. O modelo BIM deve estar em um nível de detalhamento no mínimo no LOD 300, para que as informações vinculadas ao modelo possam ser utilizadas na orçamentação.

Após a definição de um modelo BIM de qualidade, o educador BIM deverá preparar as aulas e o plano de ensino condizente com as aplicações que devem ser realizadas. A obtenção das licenças acadêmicas também deverá ser feita pelo educador BIM, ou indicada por ele para os alunos obterem diretamente dos sites dos fornecedores de software, como é o caso do Revit e do ArchiCAD.

A existência de um laboratório acadêmico com boa infraestrutura também é necessária para facilitar a implementação de BIM nas universidades. Os computadores devem ser compatíveis com as necessidades mínimas exigidas para os softwares escolhidos, e devem ser em quantidade suficiente para permitir o uso por parte dos alunos.

No início das aulas, na apresentação da disciplina e do plano de ensino, o educador BIM pode apresentar o caso definido para estudo, permitindo o primeiro contato para entendimento por parte dos alunos.

O educador deve iniciar com as aulas teóricas da disciplina, apresentando todos os conteúdos essenciais para a formação teórica do aluno. Podem ser introduzidos exercícios complementares preliminares à aplicação, para permitir maior reflexão dos alunos sobre esses conteúdos.

Após as aulas teóricas, o educador BIM deve iniciar a aplicação prática na disciplina, usando o software de sua escolha. Pode ser utilizado um software BIM 3D, como o Revit ou o ArchiCAD para a extração de quantidades automatizadas, e complementação do orçamento em outro software convencional, como o Excel, Pléo ou Sienge. Ou também, o educador poderá utilizar um software BIM 5D, como o VICO Office ou o Innovaya, que permitem que todo o processo de orçamentação seja realizado automaticamente.

Nesse último caso, o educador precisará formatar o banco de dados das composições para fornecer aos alunos. Uma vez de posse do banco de dados, esse poderá ser utilizado ao longo de todos os outros semestres letivos, sendo necessária somente a atualização periódica de preços.

Por fim, após obtidos os resultados sugere-se a discussão em grupo, tanto dos valores obtidos nas quantidades e nos custos, quanto das dificuldades ou motivações encontradas durante a aplicação. Essa atitude pode auxiliar na percepção de erros ou equívocos nos resultados, permitindo mapear as dificuldades dos alunos, inconsistências dos softwares ou outros parâmetros que podem interferir nos resultados e no aprendizado. O fluxograma da Figura 55 faz uma síntese das principais estratégias que podem ser adotadas pelos educadores BIM para desenvolvimento dos modeladores de custos em ambiente acadêmico.

Conforme mencionado por Giel e Issa (2013), alguns desafios encontrados na implementação de BIM no ensino americano são a curva de aprendizado íngreme associada ao ensino de múltiplas ferramentas BIM, a falta de instrutores qualificados, a ausência de espaços adequados e de outros requisitos para integração com os currículos dos cursos. Nesta pesquisa, verificou-se que a afirmativa de tais autores procede, e essas mesmas dificuldades foram encontradas na aplicação desta pesquisa, principalmente relacionadas à infraestrutura do espaço físico da UFSC.

Figura 55 - Estratégias para o ensino de BIM na disciplina de orçamentação



Fonte: elaborada pela autora

6 RESULTADOS DA ETAPA 4

A etapa 4 desta pesquisa consiste em uma investigação sobre a implementação de BIM 5D, na etapa de orçamentação de obras, no mercado de trabalho da cidade de Florianópolis. Para isso, foram realizadas quatro entrevistas - Apêndice B - com empresas que estão atuando na área de gestão, planejamento e orçamento, e estão em processo de implementação ou já adotaram BIM nos seus processos de trabalho – Quadro 17.

Quadro 17 – Caracterização das empresas entrevistadas

| EMPRESA | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------|--|--|--|---|
| PERFIL | Empresa/ Escritório de gestão | Empresa/ Escritório de gestão | Empresa/ Escritório de gestão e projetos | Desenvolvedora de softwares pra construção civil |

Fonte: elaborado pela autora

6.1 EMPRESA 1

A primeira empresa entrevistada é um escritório de gestão de obras, com atuação em planejamento, orçamento, controle de obras e outras atividades relacionadas a essa área, como treinamento de mão-de-obra, e compatibilização usando ferramentas BIM. Atua no mercado há cinco anos, iniciando seus trabalhos de forma convencional e recentemente migrando para uso de BIM nos processos.

Essa empresa encontra-se em processo de implementação BIM, sendo que já adotou a extração de quantidades de projetos arquitetônicos até o momento da aplicação da entrevista. Um treinamento semanal está sendo realizado nesta empresa, com fins de aprendizado do software Revit para modelagem de projetos complementares, e uso do software Navisworks para planejamento, além da adequação de toda a empresa para o trabalho no novo processo BIM.

Nessa empresa, BIM é utilizado para modelagem de projetos, templates e famílias, extração de quantidades do modelo, produção de maquetes virtuais, elaboração de planejamento e orçamento, realização de simulações e controle de suprimentos em BIM.

O processo adotado pela empresa é, em um primeiro momento, o fechamento do contrato com o cliente e caso necessário, há a modelagem dos projetos do cliente usando Revit, e em seguida realiza-se a extração de quantidades do modelo. Em paralelo, o setor de suprimentos faz a pesquisa de preços no mercado, atualizando-os no banco de dados da empresa. Por fim, o engenheiro de custos faz o orçamento e é desenvolvido um material final que será entregue ao cliente. Para o orçamento, esses profissionais utilizam o software Sienge.

Em relação às dificuldades encontradas na adoção ou implementação do BIM, o diretor destaca a interoperabilidade entre os softwares, e a falta de padronização para uso na orçamentação. Esse gestor considera que o uso de BIM para quantificação de elementos para orçamentação, em comparação com os métodos tradicionais, é mais fácil, mais rápido e com precisão similar, pois considera que a precisão depende do modelador, do treinamento e experiência do profissional que está atuando.

6.2 EMPRESA 2

A segunda empresa entrevistada é um escritório de projetos, gestão e consultoria, e desenvolve atividades relacionadas à modelagem de projetos, ao planejamento, extração de quantidades, orçamento de obras, simulações, produção de maquetes virtuais, controle de obras, implantação de canteiros de obras e compatibilização BIM.

Essa empresa adota BIM desde que foi fundada, no ano de 2015, ou seja, nunca atuou com gestão da forma convencional, todos seus processos utilizam BIM. O processo interno inicia com a modelagem dos projetos em BIM, caso necessário. Após ocorre a compatibilização dos modelos BIM, utilizando a ferramenta Revit e o Navisworks para essas etapas. O gerenciamento dos projetos é feito com uma plataforma on-line para comunicação dos profissionais envolvidos.

Posteriormente, de posse da construção virtual do edifício, geram-se os projetos para produção. Em seguida, é feita a orçamentação no Sienge, com quantidades extraídas do Navisworks, e simultaneamente a EAP dos projetos é definida. O preço é obtido diretamente do cliente, ou com os fornecedores, e

a EAP é alimentada com informações do banco de dados da empresa.

Por fim, é feito o planejamento para a produção da edificação. Destaca-se uma informação fornecida pelo empreendedor de que as quantidades não são todas extraídas do modelo. Apenas 55% são extraídas do modelo BIM, em média, e as outras 45% são extraídas com outras técnicas.

Em relação às dificuldades encontradas na adoção ou implementação do BIM, o diretor destaca a interoperabilidade entre os softwares, a falta de engajamento entre os diversos colaboradores que trabalham no mesmo projeto, a falta de qualificação e capacitação do mercado de trabalho e dificuldades relativas à disponibilidade de bibliotecas de fornecedores e fabricantes.

Esse gestor considera que o uso de BIM para quantificação de elementos para orçamentação, em comparação com os métodos tradicionais, é mais fácil se for considerar apenas a extração de quantidades, e mais difícil se for considerar o processo no geral. Além disso, considera que a rapidez do trabalho é similar ao processo convencional, e que esse processo é mais preciso se o modelo for bem elaborado.

6.3 EMPRESA 3

A terceira empresa entrevistada é um escritório de projetos e de gestão de obras, com atuação em planejamento, orçamento, controle de obras, elaboração de projetos complementares, execução de obras e compatibilização usando ferramentas BIM. Atua no mercado há sete meses e desde o início trabalha em BIM.

Essa empresa já adotou BIM para grande parte de seus processos, como a extração de quantidades, modelagem e compatibilização em BIM e realização de simulações.

O processo adotado pela empresa é, em um primeiro momento, a modelagem dos projetos do cliente usando Revit, caso o cliente não forneça o projeto em BIM. Nesse momento, é realizada a padronização da nomenclatura e, se a modelagem não for realizada por eles, é feito o refinamento do modelo para possíveis ajustes preliminares. O gestor entrevistado destaca que a qualidade dos modelos que recebem prontos ainda é muito

baixa, e que tiveram problemas relacionados com a propriedade intelectual do modelo BIM de seus clientes.

Para a etapa seguinte, os templates da empresa estão prontos para geração das tabelas de quantidades desejadas, e então, são extraídos os quantitativos do modelo pelas ferramentas Revit, no caso do hidráulico, e Navisworks, para o restante.

Um código é inserido nos elementos que estão em processo de quantificação. No Navisworks exporta-se um Excel com os códigos automatizados para cada elemento e sua quantidade. Após, seguem com o processo convencional de orçamentação usando o Excel, e atualizam os preços das bases de dados próprias bimestralmente. Algumas composições também são atualizadas e ajustadas por eles, para a base de dados própria da empresa.

A empresa é formada por três sócios e por um estagiário, sendo que o estagiário tem a função de apoio no refinamento do modelo, e as demais atividades são desempenhadas pelos sócios, todos engenheiros civis.

Em relação às dificuldades encontradas no uso de BIM, um dos sócios destaca o trabalho colaborativo, e a dificuldade de sair do pensamento projetual convencional para adaptar o processo para o BIM.

O gestor entrevistado considera que o uso de BIM para quantificação de elementos para orçamentação, em comparação com os métodos tradicionais, é mais fácil se tiver com o modelo pronto, mais moroso se tiver que modelar novamente o empreendimento e, no geral, mais preciso.

6.4 EMPRESA 4

A quarta empresa trata-se de uma desenvolvedora de softwares, sendo alguns desses softwares voltados para a construção civil e usados no mercado de trabalho de todo o país. Recentemente, a empresa lançou um novo módulo para um de seus produtos, que permite a integração do orçamento com BIM, mais especificamente com o software Revit.

Essa integração permite ao usuário conectar as quantidades extraídas do modelo BIM feito no Revit com a discriminação orçamentária do software dessa empresa, de forma automatizada, exportando as quantidades. A

orçamentação continua da forma convencional, por enquanto, pois a empresa pretende continuar com as pesquisas para desenvolver novas possibilidades de integração de seus softwares com o BIM.

Nessa empresa, ocorrem treinamentos semanais, na forma de consultoria com um profissional externo, para auxiliar no desenvolvimento dos novos produtos BIM.

As dificuldades apontadas pelo entrevistado em relação ao desenvolvimento de novos produtos BIM são a baixa adoção do mercado pela nova ferramenta já desenvolvida que integra com BIM, a dificuldade em saber o que é melhor para os clientes em termos de desenvolvimento, ou seja, o que o mercado deseja que seja desenvolvido, e o fato do conhecimento em BIM ser muito teórico ainda.

Para o entrevistado, o software da empresa anterior à integração BIM em comparação com o novo produto que possui integração BIM, ficou mais preciso, e quanto à rapidez e à facilidade de obtenção de informações considera que o processo continua similar ao convencional. As pesquisas internas nessa empresa vão continuar para aprimorar a ferramenta desenvolvida.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES

BIM é um processo que atende a todo o ciclo de vida de uma edificação, influenciando nas atuações dos diversos profissionais envolvidos, desde a concepção do projeto até a gestão da operação, manutenção e demolição de certa edificação. Por ser um processo com implementação recente no Brasil, existem poucos trabalhos acadêmicos e atuações profissionais consolidadas para as diversas etapas do ciclo de vida da edificação.

No geral, este trabalho teve como intenção contribuir para o setor da construção civil, para o ensino de BIM e para o mercado de trabalho, no que diz respeito às extrações de quantidades de modelos BIM com fins de orçamentação, para os estudos de casos selecionados.

Em relação ao setor da construção, o trabalho contribuiu através da revisão bibliográfica com a investigação de diferentes ferramentas BIM que podem vincular um modelo 3D com a etapa de orçamentação. Nessa revisão foram aprofundados conceitos, Normas, ferramentas e outras teorias relacionadas com o tema.

Para o mercado de trabalho de Florianópolis, essa dissertação contribuiu através da revisão bibliográfica e posterior validação da adoção do BIM pelos profissionais da área em Florianópolis. Algumas empresas participantes estão em processo de implementação de BIM e outras já adotam os processos BIM em suas atividades. Porém, algumas dificuldades ainda são apontadas pelos empresários, como a interoperabilidade e a falta de capacitação do mercado. Com a evolução das ferramentas e capacitação dos profissionais, principalmente no que diz respeito ao trabalho colaborativo e à qualidade do modelo BIM, espera-se que no futuro essas dificuldades sejam ultrapassadas. Salienta-se que o fomento do ensino de BIM na graduação dos cursos de arquitetura e engenharia poderá colaborar com a formação de profissionais mais qualificados.

Em relação ao meio acadêmico, este trabalho teve uma grande contribuição para as disciplinas de orçamentação das universidades brasileiras, sobretudo na disciplina onde foi aplicado. Não é conhecido, até então, um trabalho brasileiro que

abranja a introdução de BIM com uso de ferramentas 3D e 5D no plano de ensino dessas disciplinas de gestão de custos, com aplicações em ambiente de ensino.

Em relação aos estudos de casos, percebeu-se que o uso de ferramentas 3D para orçamentação não automatiza o processo do orçamento em si, mas colabora com a extração automática de quantidades do projeto. Qualquer alteração das quantidades nas tabelas do modelo 3D terá que ser atualizada nas tabelas orçamentárias.

Já a ferramenta BIM 5D permitiu automatizar o processo de orçamentação para o caso estudado, integrando as fases do orçamento na mesma plataforma, com levantamento de quantidades, elaboração da discriminação, atualização de composições de custos e preços, dentre outros. Apesar disso, algumas dificuldades foram encontradas no decorrer da aplicação para o caso proposto na etapa 3, decorrentes do uso da própria ferramenta e de outros fatores, como a infraestrutura existente na universidade e a capacitação dos participantes.

A implementação de BIM está em evolução, seja no mercado de trabalho ou no ambiente acadêmico, nas empresas desenvolvedoras de software ou no setor da construção. Espera-se que essa evolução seja contínua, e que a introdução de BIM nas universidades possa contribuir para minimizar as dificuldades existentes no setor da Arquitetura, Engenharia e Construção. A Figura 56 apresenta uma síntese das contribuições deste trabalho.

Figura 56 - Síntese das contribuições do BIM para o levantamento de quantidades

CONTRIBUIÇÃO DO BIM PARA O LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

PARA O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL - COM BASE NA LITERATURA

- Possibilidade de integração do orçamento e/ou das quantidades com o modelo 3D
- Automatização do processo de projeto e gestão de obras
- Checagem de conflitos e compatibilização entre projetos antes de iniciar a obra
- Inserção de informação no projeto através da modelagem paramétrica
- Através do LOD, o modelo pode ter diferentes níveis de detalhamento, que contribuem para as várias etapas do orçamento
- Classificação da informação com padrão de códigos, usados na modelagem e na orçamentação
- Alterações no modelo são automaticamente corrigidas nas quantidades das ferramentas 3D
- Possibilidade de auditoria do modelo para melhoria da qualidade
- Incorporação de informações técnicas e de acabamento no modelo e não somente no memorial descritivo
- Altera a forma de trabalho entre os profissionais envolvidos, tornando mais colaborativa

PARA O ENSINO

- Aumenta a possibilidade de trabalho interdisciplinar, pois envolve várias disciplinas em um modelo
- Introdução de novas tecnologias na formação dos futuros profissionais
- Aquisição de habilidades espaciais, noções de execução de obras e fluxo de trabalho em BIM
- Potencializa o entendimento do aluno, pela visualização 3D, inserção de informações para a construção e compreensão do empreendimento como um todo
- Facilita a aprendizagem colaborativa, o desenvolvimento de parecer crítico perante o projeto e na tomada de decisão
- Facilita para usar o mesmo estudo de caso em várias disciplinas do currículo
- Possibilita mostrar o quanto a qualidade do modelo é importante para o ciclo de vida BIM e facilita a identificação de erros e falhas
- Facilita a extração de quantidades precisas quando o modelo é de qualidade

PARA O MERCADO PROFISSIONAL

- Maior agilidade no levantamento de quantidades quando comparado com o convencional
- Modificações no projeto são automaticamente refletidas nas quantidades dos modelos BIM
- Com um modelo de qualidade pode-se extrair quantidades mais precisas usando BIM
- Com um modelo bem definido, o processo de extração de quantidades fica mais fácil

PARA OS CASOS ESTUDADOS

- Identificação de falhas de modelagem e o reflexo da qualidade do modelo nos resultados das quantidades
- Mostra o quanto a informação inserida na etapa projetual é importante para a o ciclo de vida dos empreendimentos
- Facilita a extração de quantidades, quando o modelo possui qualidade adequada
- Automatiza o processo de orçamentação, no caso do BIM 5D

Fonte: elaborada pela autora

7.2 QUANTO AO ALCANCE DOS OBJETIVOS

- a) Objetivo Geral: Verificar a contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM para o levantamento de quantitativos.

A Figura 56 mostra a síntese das contribuições do BIM para o setor da construção civil, com base na revisão bibliográfica; para o ensino, com base nas aplicações realizadas em sala de aula nas etapas 1, 2 e 3 desta pesquisa; para o mercado de trabalho, com base na etapa 4 desta pesquisa e na revisão bibliográfica; e para o caso em estudo, com base nos casos estudados nesta pesquisa.

- b) Objetivos específicos

- Determinar a precisão e a confiabilidade das informações para o estabelecimento de quantitativos em orçamento usando BIM.

Os resultados das quantidades obtidas na etapa 1 foram diferentes entre si, pois cada equipe modelou sua edificação, e apesar de usarem o mesmo projeto 2D como base, isso causou equívocos que geraram os resultados diversificados. Os problemas da falta de precisão, neste caso, devem-se à qualidade do modelo, à individualidade da modelagem realizada por cada equipe e aos parâmetros da experiência do modelador, pois alguns alunos tinham conhecimento da ferramenta e sabiam aplicá-la, enquanto outros não.

Outra questão importante é que a compatibilização de projetos altera os resultados das quantidades, conforme apresentado nos resultados do experimento B da Etapa 1. Por isso, antes do modelo BIM seguir pelo ciclo de vida das edificações, ele deverá passar pelo processo de verificação da qualidade e ajustes necessários, a fim de garantir a melhor precisão dos valores levantados na etapa de quantificação.

Com isso, conclui-se que a precisão da informação obtida dos softwares BIM depende diretamente da qualidade do modelo e da checagem de conflitos existentes, através da compatibilização de projetos. A minimização de erros entre os projetos minimiza também os erros nas quantidades obtidas.

É importante que a definição dos níveis de detalhamento dos modelos também ocorra antes do início da orçamentação em BIM. Isso porque quanto mais elevado o LOD, mais informações existem nesse modelo, e maior será a contribuição do BIM com a extração de quantidades e orçamentação de um empreendimento. Sugere-se que o modelo tenha no mínimo um LOD 300 para obtenção de melhores resultados na etapa de orçamentação executiva.

Na etapa 2, verificou-se que a confiabilidade dos resultados obtidos do software BIM ArchiCAD pode ficar comprometida, pois não existe uma forma de auditar essas quantidades de forma visual no 3D, e isso gerou muitas dúvidas e questionamentos dos alunos ao longo da aplicação em sala de aula pela dificuldade de entendimento.

Além disso, para as tabelas criadas a partir do modelo, existe uma diversidade de informações, chamadas de “campos” no ArchiCAD, que podem ser inseridos nessas tabelas para quantificar determinado elemento. A dificuldade encontrada em sala de aula é que o software não traz uma explicação para cada um desses campos, gerando dúvidas nos usuários. Ao pesquisar na internet, em sites internacionais, foram encontradas as explicações para esses campos, e isso foi repassado aos alunos (GRAPHISOFT, 2017a). Mesmo assim, o usuário fica impossibilitado de visualizar a integração dos valores das quantidades com as imagens do modelo, e estes números podem continuar gerando dúvidas e incertezas.

Ao trabalhar com modelos simples e pouco complexos, pode ser mais fácil achar uma forma de resolver as dúvidas, seja pela experiência do orçamentista, ou por banco de dados de empresas para obras similares, ou realizando a conferência pelo cálculo manual de determinada quantidade. Porém, se o modelo tiver alta complexidade, as dificuldades inerentes podem ser potencializadas, e se não houver uma forma de auditar determinado valor, pode-se cometer erros ao confiar nas respostas obtidas pelas ferramentas.

Essas dificuldades em compreender o que são as quantidades envolvidas no ArchiCAD, ou como ele as está calculando, foram relatadas pelos participantes no decorrer da aplicação. Esta questão pode ter sido potencializada pela falta de familiaridade dos alunos na utilização de BIM e especificamente com o ArchiCAD.

Além disso, a forma como os elementos são modelados influenciam diretamente na extração de quantidades do modelo. No caso das coberturas, para a qual o ArchiCAD não possuía ferramentas padrões para modelar rufos e calhas, o modelador optou por modelar rufos com comando “cobertura”, e quanto às calhas modelou com comando “viga”, visto que não existiam ferramentas específicas para modelagem destes elementos. Para a extração de quantidades em metros lineares, conforme solicitava a composição unitária, só foi possível no item calhas, que havia sido modelada com a ferramenta de viga.

Para o rufo, foi necessário transformar a quantidade de m² para metros lineares. Deve-se dar destaque também à questão das unidades de medidas, esclarecendo e avisando para os alunos que é necessário integrar a unidade extraída do modelo com a composição utilizada, principalmente em meio acadêmico, onde os alunos estão tendo contato com esse conteúdo na sua grande maioria pela primeira vez.

Nem todas as quantidades foram extraídas do modelo BIM, e isso deve-se à falta de informação ou omissão de determinados elementos na modelagem, como as armaduras, o canteiro de obras e itens da movimentação de terra, quantidades essas ligeiramente associadas ao LOD desse modelo; e à impossibilidade de apresentar esses elementos na modelagem, como os serviços iniciais de topografia, sondagem, projetos, e administração da obra. Praticamente metade da discriminação orçamentária pôde ser alimentada pelas quantidades do modelo do ArchiCAD.

Os critérios de medição, apesar de existir um comando no ArchiCAD para este ajuste de condição de cálculo, ainda não são suficientes para garantir que o usuário tenha as quantidades adequadas com os critérios de medição desejados. Como exemplo, têm-se o caso das paredes com revestimentos de pastilha e argamassados, explicados nesse trabalho, e que possuem critérios de medição diferentes. Os descontos que devem ser feitos para a pastilha, são diferentes dos que devem ser feitos para os revestimentos argamassados, segundo os critérios adotados. Isso impede o uso de um critério padrão de condição de medida para o elemento “parede composta”.

Na etapa 3, o software VICO contribuiu com a possibilidade de abertura da vista 3D do modelo para auditar as quantidades calculadas automaticamente pelo software. Apesar

da existência dessa ferramenta, durante a aplicação em sala de aula várias foram as interferências e bugs que impediram a visualização correta do destaque na vista 3D, o que pode comprometer o trabalho de um orçamentista que não esteja trabalhando em grupo como foi o caso desta pesquisa. O trabalho em grupo permitiu que este problema fosse identificado, possibilitando para os casos de ocorrência de incompatibilidades, que o valor da quantidade fosse comparado entre os participantes, já que o destaque da vista 3D para auditoria da quantidade não funcionava corretamente para todos os casos.

Além disso, em alguns casos os destaques automáticos do VICO estavam equivocados, como foi o caso da face superior de paredes para quantificação de encunhamento. Apesar de não ter sido modelado, o encunhamento pôde ser contabilizado usando os ajustes das quantidades com a ferramenta destaque. A interferência entre a estrutura e as paredes gerou vazios no modelo, que contabilizavam a área de topo de alvenarias e dos revestimentos. Essa é uma quantidade que teve que ser ajustada para obtenção de resultados coerentes, uma vez que o encunhamento existe acima da alvenaria somente.

A possibilidade de utilizar fórmulas para adaptar as quantidades também é uma vantagem do uso desse software 5D, pois garante flexibilidade para adaptação dos quantitativos. Porém, esse processo de trabalho ainda depende da experiência do profissional, e principalmente atenção, para que não sejam criadas fórmulas erradas.

A maior dificuldade foi em relação às quantidades de aberturas, pois o grupo necessitava das quantidades por tipo de esquadria, visto que as composições eram por tipo de esquadria. Como não foi possível obter as quantidades por tipo, optou-se pelo uso do PDF com o modelo do ArchiCAD para inserção dessas quantidades na discriminação orçamentária. Com isso, percebe-se que apesar do uso de uma ferramenta BIM 5D como o VICO, ainda foi necessário recorrer aos projetos originais do modelo 3D, mesmo que em PDF, para facilitar o levantamento de algumas quantidades. Sugere-se que os projetos originais em PDF possam ser disponibilizados ao orçamentista para conferência e apoio.

Também levanta-se a questão do critério de medição, principalmente no caso de paredes. Os critérios variam entre a alvenaria e os revestimentos de parede, e o software permitiu a

extração de quantidades de áreas com descontos de todos os vãos. A melhor forma de resolver a questão seria utilizando um comando do VICO chamado “Locations”, que não foi utilizado neste trabalho por questões de tempo. Com a definição de “Locations” seria possível quantificar ambientes ou pavimentos separadamente e talvez, deste modo, pudessem ser criadas fórmulas que garantissem a extração correta da quantidade conforme o critério de medição. Isso não foi testado neste trabalho e fica a sugestão para uma futura pesquisa. Outra possibilidade seria criar layers separados para cada tipo de esquadria no software BIM 3D.

No caso das coberturas, o software calculou a área da cobertura inclinada, enquanto que o critério solicita a área de projeção da cobertura. Esta foi outra quantidade que foi usada conforme a extração do software, diferente do que solicitava a composição.

Ainda sobre as dificuldades, percebe-se que não foi possível automatizar a quantificação de paredes compostas por diferentes alvenarias separadamente. Nesse projeto existiam alvenarias de 14 cm e alvenarias de 9 cm, essas últimas para os shafts. Para obter os valores de áreas de paredes separadamente, teria que ser feito manualmente neste caso. Para um projeto complexo não seria viável. Desta forma, uma possibilidade seria ajustar essas paredes em layers diferentes no software BIM 3D, possibilitando a extração separadamente no VICO.

Em relação à precisão da quantidade de revestimentos argamassados de paredes, como chapisco e reboco, ou no caso da alvenaria, o VICO não extrai automaticamente as quantidades de área separadamente para cada uma dessas camadas. Foi possível extrair a alvenaria pelo eixo através do uso de fórmula, que somou todas as áreas externas e todas as áreas internas de paredes e dividiu-se por dois.

Para os revestimentos argamassados, considerou-se a mesma área para todas as camadas, obtida pela área da face da parede que equivale à pintura. Isso ocorre porque a parede composta modelada no ArchiCAD estava vinculadas ao layer “Parede”. Para conseguir maior precisão neste levantamento, a única solução seria modelar as camadas separadamente e salvá-las em layers separados para cada camada.

Problemas relacionados à incompatibilidade entre os softwares foram mínimos, apenas a questão da cor das pastilhas, que contribuiu para resultados diferentes do desejado. Após a organização das quantidades na discriminação orçamentária, o restante do processo de orçamentação foi simplificado com o uso do VICO. Os alunos conseguiram otimizar a inserção de preços automaticamente pelos códigos com valores similares e a inserção de insumos foi simplificada pelo uso de banco de dados disponibilizados pela autora da pesquisa pelo Moodle. Além disso, uma vantagem foi a questão de alteração de alguma quantidade, que reflete automaticamente nos resultados do custo do empreendimento.

A geração dos relatórios finais também foi simplificada, pois o software disponibiliza vários templates prontos para geração de documentação, e permite a exportação em várias extensões, como o “.vico”, PDF e Excel. Os alunos conseguiram gerar a documentação para entrega do trabalho final de forma rápida, automática e coerente com o que foi desenvolvido. A ferramenta BIM 5D VICO, além de trabalhar com a etapa 5D permite elaborar o 4D, ou seja, interliga o orçamento com o planejamento da obra, integrados com o 3D. O planejamento não foi alvo deste estudo, mas pode ser tema de uma futura pesquisa.

Não existe garantia na precisão do quantitativo gerado automaticamente pelas ferramentas BIM, sejam elas 3D ou 5D, e isso, muitas vezes não é um problema com a ferramenta BIM em si, mas sim pelas atividades que antecedem à orçamentação, como a qualidade do modelo, o nível do LOD do modelo, a forma como o modelo foi modelado, a experiência do orçamentista e a facilidade ou dificuldade de auditoria da quantidade obtida no modelo.

A universidade tem um papel de grande importância para o aprendizado de BIM visando a futura inserção desses alunos como profissionais no mercado de trabalho. Um aluno capacitado pode contribuir para minimizar problemas como os relacionados à qualidade do modelo, nível de detalhamento, forma de modelagem da informação e outros. Apesar dos grandes desafios impostos devido à grande mudança provocada pela introdução do BIM nas academias, este deve ser um caminho sem volta e será necessária a adaptação no ensino brasileiro.

Vale ressaltar que a proposição de adequação das composições unitárias dos bancos de dados de composições brasileiros pode ser melhor investigada como dito anteriormente neste trabalho. Se uma ferramenta BIM permite extrair quantidades mais próximas da realidade, tais como o madeiramento do telhado e a pintura da superfície de gradis, isso implica numa possível alteração do método de orçamentação composto para um baseado em insumos ou componentes, por exemplo, que seria possível a partir da disponibilização das famílias desses insumos e componentes pelos fabricantes em parceria com as ferramentas BIM. Quanto mais informação no modelo e nas composições escolhidas para uso, maior será a precisão do orçamento.

A padronização dos códigos usados para identificação dos elementos do modelo BIM e da discriminação do orçamento também podem auxiliar na melhora da confiabilidade das informações para esta etapa de orçamentação. Tal fato sugere uma necessidade de Norma específica para elaboração de orçamentos de obras, ou mesmo da revisão da NBR12722, que traz o modelo de discriminação orçamentária, integrando as NBR15965 que tratam da padronização do modelo BIM. Desta forma, a mesma linguagem seria tratada nas Normas de orçamentos, nas Normas BIM e nos bancos de composições orçamentárias brasileiros, facilitando o trabalho de todos os envolvidos no ciclo de vida BIM. Esta questão também pode ser melhor investigada em uma pesquisa futura. (ABNT, 1992;2011)

- Investigar a adoção de BIM por profissionais e empresas do setor na cidade de Florianópolis, para obtenção de quantitativos em orçamentos.

A maioria das empresas participantes está trabalhando em BIM, porém, ainda com ajustes nos seus processos de trabalho. Uma questão importante é que estão recebendo os projetos em 2D ou até mesmo os modelos BIM 3D de seus clientes e remodelando para o 3D com fins de extração de quantidades do projeto em conformidade com os processos da empresa. Isso justifica-se pela questão da qualidade com que os modelos BIM estão sendo executados nos escritórios de projetos, o que pode inviabilizar o trabalho do orçamentista.

A qualidade do projeto torna-se então essencial, visto que pode acarretar erros nas quantidades que serão extraídas do modelo. A utilização de softwares de compatibilização, mesmo que geométrica como o Tekla BIM Sight, auxiliaria na diminuição dessas interferências, devendo ser feito antecipadamente à extração de quantidades.

O mercado de trabalho ainda não está adaptado para o trabalho colaborativo, o que faz com que um dos diretores prefira refazer todo o modelo recebido de escritórios de arquitetura, para manter o padrão de qualidade desejado e para evitar que seu produto, no caso o orçamento ou o planejamento da obra, fique equivocado.

A etapa 1 deste trabalho, que inclui a modelagem na aplicação, reflete o cenário do mercado de trabalho, no qual há atualmente uma nova função para as empresas de orçamento, que é a modelagem de projetos 2D ou remodelagem dos modelos BIM 3D de seus clientes. A qualidade do produto entregue para sequência do ciclo de vida BIM é a grande chave para o sucesso dos resultados pretendidos para o empreendimento.

Têm-se também destaque para a questão do processo colaborativo, em que o mercado deveria estar trabalhando em conjunto, readequando seus processos para garantir que a qualidade final do produto das etapas projetuais esteja de acordo com o necessário para seguir com o ciclo de vida BIM. Porém, isto não está ocorrendo ainda nas empresas participantes em Florianópolis.

Destaca-se que as empresas atuantes na gestão da construção BIM não conseguem extrair todas as quantidades diretamente do modelo, assim como ocorreu nas etapas 2 e 3 deste trabalho, onde comprovou-se que basicamente metade das quantidades necessárias para o orçamento executivo foram extraídas do modelo BIM que estava num LOD abaixo do 300.

Formula-se algumas outras perguntas que poderão ser respondidas em outros trabalhos acadêmicos futuros: para as quantidades que não são extraídas do modelo BIM, quem deveria, e se deveria modelar o canteiro de obras, as escavações e lastros, por exemplo? As armaduras deveriam ser exportadas junto com o modelo para quantificação, ou o projetista estrutural deve repassar essas quantidades para o orçamentista, continuando em um ciclo linear de projetos? Como

ficaria o processo de projeto BIM na prática após a modelagem do arquitetônico, seguindo a teoria proposta pelo BIM?

A inserção do BIM nas grades curriculares das universidades torna-se essencial para formar profissionais capacitados e qualificados para atuação no mercado de trabalho. Questões como as da qualidade do modelo, que é uma das maiores dificuldades apontadas pelos gestores das empresas, poderiam ser ensinadas em ambiente acadêmico preparando os futuros profissionais para atuarem no mercado, garantindo assim os melhores resultados para o BIM ao longo do ciclo de vida de uma edificação.

- Propor estratégias para auxiliar professores a implementar a Modelagem da Informação da Construção em ambientes de ensino-aprendizagem em disciplina de orçamentação, no curso de Arquitetura e Urbanismo.

Como consequência das aplicações realizadas em sala de aula nesta pesquisa, que compreendem as etapas 1, 2 e 3, foi possível propor estratégias que podem auxiliar professores a implementar este processo em disciplinas de orçamentação. A Figura 55 mostrou um esquema síntese das etapas que devem ser realizadas para implementar BIM nestas disciplinas.

Os modelos BIM podem ser modelados em diferentes disciplinas do currículo, como as disciplinas de projetos complementares e de arquitetura, e isso poderá trazer uma relação interdisciplinar importante para todo o curso, integrando as diferentes disciplinas do currículo.

Na etapa 1, na qual foi realizada a modelagem de uma edificação simples e pouco complexa em BIM, percebeu-se que não foi a melhor opção para inserção na disciplina de orçamentação da arquitetura da UFSC, pois levou muito tempo para modelar a edificação no Revit. Daí a importância da integração curricular com as demais disciplinas do curso.

Não havia tempo hábil para refinar o modelo e tratar da questão da qualidade da modelagem. O ideal é que disciplinas de gestão utilizem modelos prontos, que podem ser desenvolvidos em disciplinas anteriores de projeto, por exemplo. Isso poderia contribuir para uma preparação dos alunos, familiarizando-os com as ferramentas BIM, para que nas disciplinas de gestão da construção não seja necessário ensinar

a usar o software, mas sim realizar uma análise de custo e/ou tempo sobre um modelo, que é o mais adequado de acordo com a ementa dessas disciplinas.

A falta de tempo em sala de aula pode ser resolvida também com o auxílio objetos de ensino, a exemplo dos vídeos utilizados nas etapas 2 e 3 da pesquisa.

A melhoria dos laboratórios das universidades, no geral, para computadores mais atualizados e com mais capacidade seria importante para a aplicação dessas novas ferramentas em aula. No caso da Arquitetura da UFSC, o laboratório deveria ser reformado, pois essas instalações estão inaceitáveis para um ambiente acadêmico, não apenas a questão da ausência de bons computadores, mas também problemas de infiltração no teto e nas instalações elétricas.

Em relação à capacidade dos computadores, as mesmas dificuldade mencionadas na etapa 1 se repetiram na etapa 2, e os computadores da UFSC levavam cerca de meia hora para abrir o ArchiCAD. Sendo assim, a melhoria da infraestrutura das universidades deve ser adequada para receber essas novas ferramentas BIM, caso contrário pode comprometer a inserção de novas tecnologias em sala de aula.

Nesta pesquisa buscou-se utilizar softwares que pudessem preparar os alunos para as modificações que ocorrem no mercado de trabalho, contribuindo com a busca pela formação de profissionais mais capacitados para atuação. Também procurou-se induzir os questionamentos em sala de aula, para que os alunos pudessem contribuir com a proposta da pesquisa-ação deste trabalho, interagindo pela transferência de conhecimentos entre professor e alunos.

Por fim, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Investigação do BIM 4D usando softwares específicos como o VICO Office, que possibilita integrar o 4D com o BIM 5D na mesma plataforma;

- Pesquisar a aplicação das novas Normas BIM nos modelos e a padronização dos códigos destas Normas com as Normas e códigos do orçamento;

- Propor estratégias para implementar BIM 4D em disciplinas de planejamento e programação de obras;
- Elaborar pesquisa sobre a qualidade dos modelos BIM 3D no mercado de Florianópolis e o impacto no orçamento e no planejamento de obras;

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 12722: Discriminação de serviços para construção de edifícios - Procedimento 1992.

_____. **Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura. NBR 13532.** ABNT. Rio de Janeiro 1995.

_____. **NBR 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios de edifícios - Procedimento 2006.**

_____. **NBR 15965-1:2011 – Parte 1 – Terminologia e Estrutura.** Rio de Janeiro 2011.

_____. **NBR 15965-2:2012 – Parte 2 – Características dos objetos da construção.** Rio de Janeiro 2012.

_____. **NBR 15965-3:2014 – Parte 3 – Processos da Construção.** Rio de Janeiro 2014.

_____. **NBR 15965-7:2015 – Parte 7 – Informação da construção.** Rio de Janeiro 2015.

ADDOR, M. R. A. et al. Colocando o "i" no BIM. **usjt - arq.urb**, v. 4, p. 104-115, 2010.

AIA. **Building Information Modeling Protocol Exhibit: The American Institute of Architects: 9 p.** 2008.

ANDRADE, L. S. **A contribuição dos sistemas BIM para o planejamento orçamentário de obras públicas: estudo de caso do auditório e da biblioteca de Planaltina.** 2012. (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

ARCHDAILY. **Heydar Aliyev Center / Zaha Hadid Architects** 2013.

ARQ/UFSC. Disciplinas do curso. 2017. Disponível em: < <http://www.arq.ufsc.br/gradDisciplinas.php> >.

AUTODESK, I. **Revit**. California 2015.

AVILA, A. V.; LIBRELOTTO, L.; LOPES, O. C. **Orçamento de Obras - Construção civil**. Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina: 67 p. 2003.

AZENHA, M.; LINO, J. C.; COUTO, J. P. Implementação BIM nos projetos de ensino do departamento de engenharia civil da Uminho. 1o Congresso Portugues de BIM, 2016. Guimarães, Portugal.

AZEVEDO, O. J. M. D. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direcção Técnica de Obras**. 2009. 114p. (Mestrado). Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção, Universidade do Minho, Portugal.

BAETA, A. P. **Orçamento e controle de preços de obras públicas**. São Paulo: Pini, 2012. ISBN 978-85-7266-257-4.

BAPTISTA, A. R. R. T. G. **Utilização de ferramentas BIM no planeamento de trabalhos de construção - estudo de caso**. 2015. 83p. (Dissertação de mestrado). Faculdade de engenharia - Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto.

BARISON, M. B. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo - uma contribuição para a formação do projetista**. 2015. Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRASIL. **LEI Nº 4.591, DE 16 DE DEZEMBRO DE 1964**. 1964.

_____. **LEI Nº 4.864, DE 29 DE NOVEMBRO DE 1965**., 1965.

_____. **LEI Nº 8.666, DE 21 DE JUNHO DE 1993**. CIVIL, C. Brasília 1993.

_____. **LEI No 10.524, DE 25 DE JULHO DE 2002**., 2002.

BUILDINGSMART. Building Smart - International home of openBIM. 2016. Disponível em: < <http://buildingsmart.org/standards/standards-library-tools-services/data-dictionary/> >.

CAIXA. Cadernos Caixa - Projeto Padrão casas populares 42 m2. Vitória, 2007. Disponível em: < <https://abenc-ba.org.br/wp-content/uploads/2017/04/Modelo-Padr%C3%A3o-de-Casa.pdf> >.

_____. **SINAPI - Cadernos Técnicos de composições representativas.** CIVIL, S. N. D. P. D. C. E. Í. D. C. 2016.

_____. **Custos SINAPI mês Março 2017a.**

_____. **SINAPI - Cadernos Técnicos de Composições para instalação de portas.** SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de custos e índices da construção civil: CAIXA 2017b.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo BIM.** Curitiba: 2015.

CARDOSO, R. S. **Orçamento de obras em foco: um novo olhar sobre a engenharia de custos.** 3a. São Paulo: Editora Pini, 2014. ISBN 978-857-266-419-6.

CARVALHO, M. T. M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto.** 2009. 241p. (Doutorado). Departamento de engenharia civil, Unversidade de Brasília, Brasília.

CBIC. **10 motivos para evoluir com BIM.** Brasília: CBIC 2016a.

_____. **Implantação do BIM para construtoras e incorporadoras - Parte 1 - Fundamentos BIM (Building Information Modeling).** Brasília: 120p. p. 2016b.

CHECCUCCI, É. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Engenharia Civil e o papel da Expressão Gráfica neste contexto.** 2014. 235 (Doutorado). Universidade Federal da Bahia, Salvador.

COHAB/SC. Orientações: Construção de CRAS e CREAS. 2015. Disponível em: <
http://www.cohab.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=421&Itemid=85 >.

DELATORRE, V. **Potencialidades e limites do BIM no ensino de arquitetura: uma proposta de implementação.** 2014. (mestrado). Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DINIZ, M. D. C. M. **Modelagem da informação da construção estudo de caso - Inspetoria da receita federal em Jaguarão/RS.** 2013. 262 (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem a informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 ISBN 978-85-8260-117-4.

FERNANDES, C. A. P. **Interoperacionalidade em sistemas de informação.** 2014. 130p. (Mestrado). Universidade do Minho, Azurém, Portugal.

FERRARI, F. A.; MELHADO, S. B. **O processo de inovação em um banco público brasileiro através do BIM.** IV Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. Universidade Federal de Viçosa 2015.

FORGUES, D. et al. **Rethinking the cost estimating process through 5D BIM: a Case Study.** Construction Research Congress 2012: ASCE 2012: 778-786 p. 2012.

FRANCO, M. A. S. The pedagogy of action research. **Educação e Pesquisa,** 2005.

GEHBAUER, F. **Planejamento e gestão de obras: um resultado prático da cooperação técnica Brasil-Alemanha.** Curitiba: CEFET-PR, 2002. ISBN 85-7014-018-5.

GIEL, B.; ISSA, R. R. A. Stressing the Importance of Facility Owner Requirements In Construction Management BIM Curriculum: A Case Study. p. 8, 2013.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, 2002. ISBN 85-224-3169-8.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos da construção civil**. 3ed. São Paulo: Pini, 1997. ISBN 85-7266-072-0.

GONCALVES, C. M. M. **Método para gestão do custo da construção no processo de projeto de edificações**. 2011. (Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana)). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GRAPHISOFT. **ArchiCAD**. Budapeste: Nemetschek Group: Versão estudante p. 2016.

_____. Element listing parameters in the interactive schedule. 2017a. Disponível em: <
https://helpcenter.graphisoft.com/guides/archicad-20/archicad-20-reference-guide/views_of_the_virtual_building/archicad_model_views/interactive_schedule/element_listing_parameters_in_the_interactive_schedule/#1647507 >.

_____. My ArchiCAD. 2017b. Disponível em: <
<https://myarchicad.com/> >.

HOFFMANN, A. B. **Avaliação da sustentabilidade em habitações de interesse social do programa Minha Casa Minha Vida em Rancho Queimado - SC**. 2014. 246 (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

JRADE;, A.; JALAEI, F. Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage. **Building Simulation**, v. 6, p. 429-444, 19/02/2013 2013.

KAMARDEEN, I. 8D BIM Modelling tool for accident prevention through design. **Egbu, C. (Ed) Procs 26th Annual ARCOM Conference**, 2010.

KASSEM; AMORIM. **BIM - Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Brasília. 2015

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A Construção do Saber - Manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: Artmed 1999.

LEDO, R. Z. **Modelo de identificação do conhecimento procedimental de alto desempenho para atividade de modelagem digital 3D**. 2016. (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LEE, A. et al. **nD Modelling Roadmap - A Vision for nD-Enabled Construction**: University of Salford 2005.

LIBRELOTTO, L. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações**. 2005. 371 (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

_____. **Apostila da Disciplina de TEC IV**. Florianópolis 2016.

LIBRELOTTO, L. I. **O custo global da habitação: um estudo de caso na Grande Florianópolis** 1999. (Mestrado). PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, UNIVERSIDADE FEDERAL DA SANTA CATARINA, Florianópolis.

LINO, J. C.; AZENHA, M.; LOURENÇO, P. **Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas**. Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL - BE2012 2012.

LLP, G. P. **The Fondation Louis Vuitton** 2014.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do**

BIM. . 2013. 325 (Doutorado). Escola Politécnica, USP, São Paulo.

MARCOS, M. H. C. **Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento do projeto, através do uso de ferramenta BIM.** 2015. 145 (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MATTANA, L.; LIBRELOTTO, L. I. **The use of BIM technology in class: an experience at Federal University of Santa Catarina.** BIC 2016. São Paulo 2016.

MATTEI, P. L. D. R. **BIM e a informação no subsetor de edificações da indústria da construção.** 2008. UFRGS, Porto Alegre.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras.** São Paulo: Pini, 2006. ISBN 85-7266-176-x.

_____. **Planejamento e Controle de Obras.** São Paulo: Pini, 2010. ISBN 9878-8S-7266-223-9.

MELHADO, S. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** 1994. 310 (Doutor). Escola Politécnica Universidade de São Paulo São Paulo.

MELHADO, S.; PINTO, A. C. **Benefícios e desafios da utilização do BIM para extração de quantitativos.** SIBRAGEC - ELAGEC 2015. São Carlos/SP: 511-518 p. 2015.

MORAIS, D. M. D.; SOUZA JUNIOR, O. M. D. **O perfil da mão de obra da indústria da construção civil, em Boa Vista/Roraima.** XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP. Belo Horizonte: 13 p. 2011.

MUTTI, C. **Treinamento de mão de obra na construção civil: um estudo de caso** 1995. (mestrado). Programa de Pós-

graduação em Engenharia civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

_____. **Apostila ECV 5307 - Administração da Construção.** Florianópolis: UFSC 2008.

NATUMI, Y. **O ensino de informática aplicada nos cursos de graduação de arquitetura e urbanismo no Brasil.** 2013. (mestrado). Faculdade de arquitetura e urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NBIMS. National BIM Standard - United States. Washington, 2016. Disponível em: < <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1> >. Acesso em: 07-19.

OCCS. OmniClass - A strategy for classifying the built environment. . 2012. Disponível em: < <http://www.omniclass.org/> >.

OLIVEIRA, E. D.; SCHEER, S.; TAVARES, S. F. Avaliação de impactos ambientais pré-operacionais em projetos de edificações e a modelagem da informação da construção. **TIC2015**, 2015.

OMNICLASS. **Introduction and user's guide** 2006.

PEREIRA, A. T. C. **Pesquisa em sistemas hipermidia e o processo de ensino e aprendizagem.** . Hipermídia e interdisciplinaridade na geração de conhecimento 2015, C. São Paulo: Pimenta Cultural: 432p. p. 2015.

PINTO, A. C. B. C. **Propostas técnicas para obras de edificações: estudos de caso.** 2016. 124p. (Mestrado). Programa de pós graduação em engenharia civil, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PUPO, R. T. **Inserção da PROTOTIPAGEM e FABRICAÇÃO DIGITAIS no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura.** 2009. 260 FACULDADE DE

ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO Unicamp, Campinas, São Paulo.

RABBI, L.; CALMON, J. L.; CONDE, K. **Uso da tecnologia BIM no ensino de arquitetura e urbanismo da UFES. ENTAC 2016.** São Paulo 2016.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 3a Ed. São Paulo: 2012. ISBN 978-85-224-2111-4.

ROCHA, I. Reengenheirando o ensino de engenharia no Brasil. In: (Ed.). **O Ensino de Engenharia para o século XXI.** Pará: UNESCO, 1996. ISBN 85-86037-02-8.

ROMCY, N. M. E. S.; TINOCO, M. B. D. M.; CARDOSO, D. R. **A introdução do BIM em cursos de arquitetura e urbanismo: relato comparativo de duas experiências. TIC2015.** Recife 2015.

RPBW, R. P. B. W. **Ecole Normale Superieure ENS.** Cachan 2016.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. D.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, v. 13, p. 151-165, 2013.

SABOL, L. Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling. **Design + Construction Strategies**, 2008.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM) - Processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil.** 2015. 180 (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em engenharia de construção civil – PPGCEC, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SALGADO, P. M. L. **Planeamento e controlo de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM.** 2016. (Mestrado). Escola de Engenharia, Universidade do Minho

SANTACATARINA. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM**. Santa Catarina: Governo do Estado de Santa Catarina 2014.

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

SANTOS, E. T. et al. **Relato de experiência de ensino de BIM em disciplina introdutória do curso de engenharia civil**. ENTAC 2016. São Paulo 2016.

SANTOS, I. E. D. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica**. 9. Niterói: Impetus, 2012. 384

SILVA, L. A. et al. **O ensino das disciplinas de desenho técnico e a metodologia BIM sob a ótica dos alunos da engenharia civil e agronomia**. Congresso Técnico e Científico de Engenharia e Agronomia CONTECC. Fortaleza 2015.

SIMOES, R. S. **Desenvolvimento de método para apropriação de custos diretos nos serviços da estrutura de concreto armado**. 2013. 155 (Mestrado). ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL, Universidade de Brasília, Brasília.

SST/SC. Estado entrega 26 Cras e seis Creas em 2016. 2016. Disponível em: < <http://www.sst.sc.gov.br/index.php/noticias/556-estado-entrega-26-centros-de-referencia-e-seis-centros-de-referencia-especializados-de-assistencia-social-em-2016> >.

STANLEY, R.; THURNELL, D. The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zeland. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, v. 14, p. 105-117, 2014.

TABOADA, J. A.; GARRIDO-LECCA, A. Case study on the use of BIM at the bidding stage of a building project. **Proceedings IGLC-22**, p. 1473-1482, 2014.

TCPO. **TCPO - Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos**. 13. São Paulo: PINI, 2010.

_____. **Tabelas de composição de preços para orçamentos**. 14. São Paulo: Pini, 2012. ISBN 978-85-7266-251-2.

_____. **TCPO BIM 15ª edição**. 15. São Paulo: PINI, 2017.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 2a edição. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1986.

_____. **Metodologia da pesquisa-ação**. 9a edição. São Paulo: Cortez Editora, 2000. ISBN 8524900296.

THIOLLENT, M.; SILVA, G. D. O. Metodologia de pesquisa-ação na área de gestão de problemas ambientais. **RECIIS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde**, v. 1, p. 93-100, 2007.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. 2a. São Paulo: Pini, 2011. ISBN 978-85-7266-247-5.

TRAINER, B. **Heydar Aliyev Centre**. New York 2016.

TRIMBLE. **Tekla BIM Sight**. Finlândia 2016a.

_____. **Vico Office** 2016b.

_____. **VICO Office R6.0 Release Notes**: 32p. p. 2016c.

TRIPP, D. Action research: a methodological introduction*. **Educação e Pesquisa**, v. 31, p. 443-466, 2005.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte** 1999. 163 (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre.

VIANA, K. R. C. **Estudo do sistema construtivo em alvenaria estrutural na cidade do Rio de Janeiro face aos conceitos de construção sustentável**. 2013. 131 (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil., UFRJ, Rio de Janeiro.

VICO. VICO Support. 2017. Disponível em: <
<http://support.vicosoftware.com/login.aspx?ReturnUrl=%2f>>.

VUITTON, T. F. L. **The Fondation Louis Vuitton** 2014.

WITICOVSKI, L. **Levantamento de quantitativos em projeto: uma análise comparativa do fluxo de informações entre as representações em 2D e o modelo de informações da construção (BIM)**. 2011. 200p. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

WONG, K.-D.; FAN, Q. Building information modelling (BIM) for sustainable building design. **Facilities**, v. 31, n. 3/4, p. 138-157, 2013.

ZVEIBIL, F. N. **Projeto Crescimento: engenharia de materiais e economia solidária voltados para os desafios socioambientais da atualidade**. 2016. 137 (Mestrado). Inovação na Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ANEXO A – Quadros adaptados da pesquisa de Barison (2015)

Quadro A - Competências BIM para quantificação e estimativas

| COMPETÊNCIA BIM QUANTIFICAÇÃO E ESTIMATIVA | NÍVEL PROFICIÊNCIA BIM | PROFISSIONAL |
|--|---------------------------|----------------------------------|
| PREPARAR E ATUALIZAR RELATÓRIOS DE CUSTOS LIGADOS DIRETAMENTE A MODELOS BIM | INTERMEDIÁRIO | ORÇAMENTISTA |
| USAR OUTRAS FERRAMENTAS ESPECIALIZADAS PARA ESTIMAR CUSTOS | INTERMEDIÁRIO | ORÇAMENTISTA |
| EXTRAIR QUANTITATIVOS E ESTIMAR CUSTOS DE MODELOS BIM | INTERMEDIÁRIO | PROJETISTA E ORÇAMENTISTA |
| DEFINIR PROCEDIMENTOS DE MODELAGEM VISANDO UMA PRECISA EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS | PROFISSIONAL | COORD. DE PROJETO E ORÇAMENTISTA |
| IDENTIFICAR QUANTITATIVOS DEPENDENDO DO NÍVEL DE ESTIMATIVA DESEJADO | PROFISSIONAL | COORD. DE PROJETO E ORÇAMENTISTA |
| EXTRAIR QUANTITATIVOS QUE POSSAM SER UTILIZADOS PARA FAZER ESTIMATIVAS | INTERMEDIÁRIO | ORÇAMENTISTA |
| INSERIR INFORMAÇÕES DE CUSTOS NO MODELO BIM | INTERMEDIÁRIO | ORÇAMENTISTA |

Fonte: Adaptado de Barison (2015)

Quadro B - Recursos necessários para estimativa de custos automatizada

| ESTIMATIVA DE CUSTOS AUTOMATIZADA |
|---|
| 1. SOFTWARE DE ESTIMATIVA DE CUSTOS BASEADO NO MODELO (DPROFILER, INNOVAYA, QTO, VICO OFFICE, VICO TAKEOFF MANAGER, VISUAL APPLICATIONS, BONZAI3D, CONSTRUCTOR, SAGE IMBERLINE OFFICE ESTIMATING) |
| 2. SOFTWARE BIM DE AUTORIA DE PROJETO (ARCHICAD, REVIT, AUTOCAD, BENTLEY, DIGITAL PROJECT, VECTORWORKS) |
| 3. UM MODELO CONSTRUÍDO COM PRECISÃO (DE UM PROJETO DA ÁREA) |
| 4. DADOS DE CUSTO (INCLUINDO FORMATOS MASTERFORMAT E UNIFORMAT) |
| 5. PRECISARIA SER CRIADO UM PADRÃO DE CLASSIFICAÇÃO BASEADO NA TCPO , POR EXEMPLO, MAIS ADEQUADO A REALIDADE NACIONAL. MAS, INDEPENDENTE DESTE CENÁRIO, EXISTEM RECURSOS EM APLICATIVOS DE AUTORIA COMO O REVIT, QUE PERMITEM CRIAR SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO PERSONALIZADOS. |

Fonte: Adaptado de Barison (2015)

Quadro C - Recursos necessários para extração de quantidades automatizada

| EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS AUTOMATIZADA |
|--|
| 1. SOFTWARE DE EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS PARA ESTIMATIVA E CRONOGRAMA (VICO TAKEOFF MANAGER, VISUAL APPLICATIONS, BONZAI3D, CONSTRUCTOR, REVIT, WTO) |
| 2. UM MODELO CONSTRUÍDO COM PRECISÃO (DE UM PROJETO DA ÁREA) |

Fonte: Adaptado de Barison (2015)

APÊNDICE A – Questionários aplicados nas etapas 1, 2 e 3

1 – Questionário Preliminar

Marque a opção ou as opções que definem suas respostas às questões.

1 - Qual foi o seu primeiro contato com BIM?

- Nunca tive contato.
- Em seminários, congressos ou outros eventos.
- Na universidade.
- Em escritórios ou empresas de arquitetura e engenharia.
- Outros.

2 - Qual a sua experiência em BIM?

- Não sei nada a respeito de BIM.
- Tenho escutado falar sobre BIM, mas sei pouco sobre isso.
- Já participei de eventos sobre BIM.
- Eu sei o que é BIM, mas não utilizo.
- Sou experiente em BIM.
- Utilizo BIM em meus projetos.
- Outras. Quais? _____

3 - Qual software BIM para arquitetura que você conhece ou utiliza?

- Não utilizo nenhum software BIM.
- Revit
- ArchiCAD
- Vectorworks
- AECOSim
- Outros. Quais? _____

4 - Qual software BIM para arquitetura você pretende ou gostaria de utilizar?

- Não pretendo utilizar nenhum software BIM.
- Revit
- ArchiCAD
- Vectorworks
- AECOSim
- Outros. Quais? _____

5 - O que é BIM para você?

- Software
- Conceito
- Processo
- Ambiente de trabalho
- Sistema de colaboração

Outros. Quais? _____

6 - Circule quais dos seguintes softwares BIM você conhece ou já ouviu falar?

VICO Office Syncro Onuma DprofilerSketchup Pro
 Solibri Tekla BIM Sight TQS Navisworks Power Civil
 3D Civil 3DDDS Allplan SCia Eberick Navigator

Obrigada pela participação!

2 – Questionário Pós-aplicação

Marque a opção ou as opções que definem suas respostas às questões.

1 - É a primeira vez que você faz esta disciplina?

Sim.
 Não. Esta é a _____ vez que estou cursando esta matéria. Neste caso, o que mudou na disciplina em relação ao semestre anterior?

2 - Você considera válido integrar o uso de novos softwares BIM na disciplina de Tec IV?

Sim.
 Não.

3 - Você se considera apto a utilizar o software BIM para realizar um próximo orçamento?

Sim.
 Não.
 Precitaria de mais auxílio.

4 - Quais benefícios você percebeu com o uso do BIM na disciplina?

- Facilitou a obtenção de quantidades para o trabalho final.
 Facilitou a visualização da residência - 3D
 Entendi melhor a execução da residência.
 Possibilitou a identificação de erros e falhas no projeto 2D original.
 Facilitou a aprendizagem colaborativa, uma vez que durante a modelagem houveram tomadas de decisão feitas pelo grupo.
 Não considero que houve qualquer benefício.

Outras.
Quais? _____

5 - Quais dificuldades que você considera pertinente sobre o uso do BIM na sala de aula?

- Insegurança para o uso do software escolhido, pois era a primeira vez que eu estava utilizando aquele software.
- Dificuldade na hora de inserir os dados obtidos no software BIM para execução do orçamento.
- O software não trouxe todas as quantidades que precisávamos.
- Precisávamos de mais tempo trabalhando no software para assimilar melhor.
- Dificuldade em entender o que era cada quantidade que estávamos extraindo do modelo.
- Outros.
Quais? _____

6 - O que é BIM para você?

- Software
- Conceito
- Processo
- Ambiente de trabalho
- Sistema de colaboração
- Outros. Quais? _____

7 - Qual software BIM você pretende ou gostaria de utilizar?

- Não pretendo utilizar nenhum software BIM
- Revit
- ArchiCAD
- Vectorworks
- Vectorworks
- Outros. Quais? _____

8 - Em relação aos métodos tradicionais, você percebe alguma diferença na etapa de quantificação de projeto e no resultado do orçamento ao usar BIM no processo?

Facilidade: [] mais fácil [] similar [] mais difícil

Rapidez: [] mais rápido [] similar [] mais moroso

Precisão: [] mais preciso [] similar [] menos preciso

Grau de detalhe e entendimento do projeto: [] mais detalhado
[] similar [] menos detalhado

Obrigada pela participação!

APÊNDICE B - Entrevistas realizadas na Etapa 4

DADOS GERAIS DA EMPRESA

Nome da Empresa:

Cidade Sede: Florianópolis – SC

Quantidade de funcionários:

Quantidade de filiais:

Nome do entrevistado:

Cargo ou função na empresa:

Email:

Telefones para contato:

1) Qual a área de atuação de sua empresa?

- a) Construtora
 - b) Incorporadora
 - c) Administradora
 - d) Escritório de projetos
 - e) Escritório de gestão: planejamento, orçamento, controle de obras e outros
 - f) Consultoria
 - g) Outro.
- Qual? _____

2) Quais disciplinas são desenvolvidas pela sua empresa:

- a) Planejamento de obras
- b) Orçamento de Obras
- c) Controle de Obras
- d) Treinamento de mão de obra
- e) Projeto de arquitetura

- f) Projetos complementares: estrutural, hidráulico, elétrico e outros
- g) Execução de obras
- h) Outras atividades.
Quais? _____

3) Como é o processo de trabalho da empresa no que se refere à sua atividade fim?

4) Em relação à adoção de BIM, a sua empresa:

- a) Já adotou BIM e está utilizando os novos processos de trabalho
- b) Está em processo de implementação
- c) Pretende adotar BIM no futuro
- d) Não interessa a adoção de BIM.

Caso sejam assinaladas as opções C e D, a entrevista encerra aqui .

5) Com quais finalidades sua empresa utiliza as ferramentas BIM?

- a) Modelagem do projeto
- b) Extração de quantitativos
- c) Realização de simulações
- d) Elaboração do planejamento e orçamento de obras
- e) Produzir maquetes virtuais
- f) Outro:

6) A sua empresa já utilizou algum software BIM para orçar um projeto? Quais softwares BIM - 3D, 4D e 5D ou outros- a empresa está utilizando ou pretende utilizar?

7) Em relação aos cargos e funções, quais cargos existem em sua empresa relacionados ao BIM?

Cargo: _____

Função/Responsabilidades: _____

Cargo: _____

Função/Responsabilidades: _____

Cargo: _____

Função/Responsabilidades: _____

Cargo: _____

Função/Responsabilidades: _____

8) A sua empresa compartilha modelos BIM com outras empresas num trabalho colaborativo?

Sim

Não

9) Existem materiais de apoio para aprendizado BIM disponível em sua empresa?

Sim

Não

10) Como os funcionários aprenderam sobre o tema BIM? Há treinamentos BIM? Quem faz os treinamentos?

Há treinamentos

Não há treinamentos

11) A sua empresa tem um manual de qualidade para trabalhos em BIM? De que forma a questão da qualidade, do seu trabalho e dos projetos que chegam na empresa, é tratada internamente? Quem é o responsável?

Sim

Não

12) Existe alguma ação com a compatibilização dos projetos da empresa?

13) A empresa encontrou ou encontra alguma dificuldade na adoção ou na implementação de BIM? Quais?

- Sim
 Não
-
-

14) Em relação aos métodos tradicionais, você percebe alguma diferença na etapa de quantificação de projeto e no resultado do orçamento ao usar BIM no processo?

- Facilidade: mais fácil similar mais difícil
 Rapidez: mais rápido similar mais moroso
 Precisão: mais preciso similar menos preciso
-
-

15) A empresa teria interesse em participar de uma simulação para aprendizagem ou demonstração de um software BIM 5D voltado para orçamentação chamado VICO Office?

- Sim
 Não
-
-

16) Você tem algum comentário a fazer?

17) Você deseja conhecer os resultados desta pesquisa?

- Sim
 Não

Agradecemos imensamente a sua colaboração!
 Estamos à disposição para maiores esclarecimentos da pesquisa e para trocas de informações relativas à Modelagem da Informação da Construção, principalmente no que diz respeito ao BIM 5D!

Eng. Leticia Mattana e Prof. Lisiane Ilha Librelotto

Junho/2017

APÊNDICE C – Exercícios individuais preliminares.

EX. 1 - CHECK LIST MEMORIAL DESCRITIVO CRAS

Os projetos arquitetônicos e complementares devem ser compostos de projetos gráficos, plantas de detalhes e **memorial técnico descritivo**, onde são especificados:

- a) normas técnicas adotadas;
- b) especificação dos materiais a serem utilizados na edificação; e
- c) técnicas construtivas recomendadas.

Neste exercício 1, identifique quais serviços constam no memorial descritivo do CRAS, conforme legenda abaixo especificada:

[N] – Não consta neste memorial.

[P] – Esta informação consta parcialmente neste memorial. Precisa de complementação.

[C] – Esta informação consta neste memorial

- Dados da Obra: nome do proprietário, localização da obra, objeto do projeto, generalidades, documentações e outros
- Dados do terreno: inscrição imobiliária, zona de uso, metragem
- Quadro de áreas: total de área a ser construída, taxa de ocupação.
- Condições de execução da obra: regimes de execução, prazos estabelecidos.
- Profissionais envolvidos com respectivos registros profissionais: CAU/CREA
- Número do Registro de Responsabilidade Técnica
- Serviços preliminares: limpeza, preparo do terreno, construção do barracão, instalações provisórias, demolições - quando houver, cópias dos projetos, placas de obras, Locação da obra.
- Movimento de terra/escavações/contenções: especificações, Normas, reaterros, nivelamento, compactação do terreno
- Fundações: tipo, especificações técnicas e equipamentos necessários, Normas
- Estrutura de concreto: material escolhido, tipo e especificações, Normas, uso de aditivos
- Formas e Escoramentos: tipo e especificações, Normas
- Armaduras: tipo e especificações, Normas
- Dosagem e Controle do concreto
- Transporte, lançamento e adensamento do concreto
- Juntas de concretagem
- Cura, desforma, limpeza e tratamento do concreto
- Vedações: tipo e especificações
- Verga/contraverga

- [] Cobertura: tipo de telhado, especificações, inclinação telhado, composição da estrutura, beiral, calhas, cumeeiras
- [] Forros: material e a forma de fixação/aplicação.
- [] Contrapiso: especificações
- [] Impermeabilização: materiais e técnicas usados, onde e como vai ocorrer, garantias
- [] Pavimentação - piso cerâmico, calçadas....: tipo, especificações, acabamentos, onde serão usados
- [] Rodapés e vistas: especificações, onde serão usados
- [] Soleiras, peitoris e pingadeiras: tipos e especificações
- [] Revestimentos de parede: chapisco, reboco, emboço, cerâmica de parede, pastilhas: tipos, especificações, onde serão usados, rejuntamento de azulejos...
- [] Esquadrias: formas de fechamento, especificações, tipos, localização, materiais...
- [] Vidros: especificações, tipos, fixação, formas de fechamento
- [] Ferragens: fechaduras, corredeiras, dobradiças e outros
- [] Pintura: recomendações, tipos de tintas, cores, detalhes, demãos, locais onde serão aplicados...
- [] Equipamentos sanitários: descrição de louças, metais, acessórios, especificações, detalhes...
- [] Instalações Hidráulicas: água, esgoto, pluvial, reservatórios, materiais, especificações técnicas, Normas...
- [] Corrimão: material, especificações, fixação...
- [] Pergolado: material, especificações, localização...
- [] Paisagismo
- [] Instalações elétricas: lógica, elétrica, alarme. Acabamentos e infra. Tomadas e interruptores. Luminárias.
- [] Instalações de gás e preventivo contra incêndio: materiais, especificações técnicas, Normas...
- [] Limpeza e entrega da obra
- [] Habite-se
- [] As built
- [] Outras informações/sugestões para complementar e/ou existentes neste memorial:

EXERCÍCIO 2 – ELABORAÇÃO DA ESTIMATIVA DE CUSTOS DO CRAS PELO CUB.

O objetivo do exercício 2 é obter um orçamento estimativo da construção do CRAS na cidade de Florianópolis/SC, através de cálculo simplificado do custo unitário do metro quadrado da construção pela área equivalente da construção.

DADOS PARA CÁLCULO:

Área equivalente CRAS: 226,63m²

Custo por m² de construção: deverá ser pesquisado no Sindicato da Indústria da Construção Civil de Florianópolis/SC, no site a seguir. Usar padrão normal e considerar o valor para edificação padrão residencial, um pavimento.

<http://sinduscon-fpolis.org.br/?dep=57&nomeDep=planilha-completa>

MEMORIAL DE CÁLCULO:

CUB usado mês referência: _____

EXERCÍCIO 3 – ELABORAÇÃO DA DISCRIMINAÇÃO ORÇAMENTÁRIA.

O objetivo do exercício 3 é a elaboração da discriminação orçamentária da edificação do CRAS. Baeta (2012, p.66) diz que “é importante existir um plano que discrimine e organize as várias fases de execução da obra e tal plano é denominado **Discriminação Orçamentária** ou **Plano de Contas da Construção**”. Este Plano relaciona a sequência de atividades que entram na composição do orçamento e que vão ocorrer na execução da obra. Mutti (2008) complementa que tanto as Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos, chamada de TCPO (2010), como a NBR12721 (2006) possuem exemplos de discriminação orçamentária.

Com isso, elabore a discriminação orçamentária do CRAS, contendo os serviços sequenciais que abrangem a execução da obra, desde os serviços iniciais até a complementação e finalização da obra. Se desejar, pesquise nas referências abaixo mencionadas para ver exemplos de discriminação orçamentária.

EXERCÍCIO 4 – LEVANTAMENTO DE QUANTIDADES DO PROJETO

O objetivo do exercício 4 é realizar o levantamento manual de quantidades do projeto arquitetônico do CRAS. Para isso, este

documento traz algumas dicas importantes que devem ser pensadas quando estiver realizando o exercício.

Os serviços que devem ser quantificados no exercício 4 são: **portas, janelas, azulejo cerâmico de parede, cobertura e reboco teto.**

PORTAS E JANELAS

Alguns insumos, como portas e janelas, podem ser contabilizados por unidade ou por metro quadrado, dependendo de qual produto será usado na obra e de qual composição o orçamentista optou pelo uso. Segue-se o padrão da composição unitária escolhida para orçamentação, por isso, alguns casos serão quantificados em unidades e outros em metros quadrados. Neste exercício, serão quantificadas ambas as formas, em unidades e em metros quadrados.

Exemplos de critérios encontrados na TCPO e no SINAPI para serviços de portas e esquadrias:

- ✓ CRITÉRIO SINAPI A: Utilizar a quantidade de portas a serem instaladas com as dimensões especificadas na composição.
- ✓ CRITÉRIO SINAPI B: Utilizar área total de esquadrias, em metros quadrados.
- ✓ CRITÉRIO TCPO A: área da porta colocada em função do vão.
- ✓ CRITÉRIO TCPO B: pela área da janela

MEMORIAL DE CÁLCULO:

| JANELAS | | | | |
|--|-----------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------|
| INSUMO | MEDIDA [m] | UNIDADES [un] | QUANTIDADE [m²] | LOCAL |
| J1 - Janela de alumínio anonizado [correr c/ bandeira] | 3,15 X 1,50 | | | |
| J2 - Janela de alumínio anonizado [correr c/ bandeira] | 2,00 X 1,50 | | | |
| J3 - Janela de alumínio | 0,90 X 1,10 | | | |

| | | | | |
|---|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------|
| anonizado [basculante] | | | | |
| J4 - Janela de alumínio anonizado [basculante] | 1,45 X 0,50 | | | |
| J5 - Janela de alumínio anonizado [basculante] | 1,15 X 0,50 | | | |
| PORTAS | | | | |
| INSUMO | MEDIDA [m] | UNIDADES [un] | QUANT. [m²] | LOCAL |
| P1 – Porta vidro temperado correr | 2,00 x 2,40 | | | |
| P2 – Porta de alumínio de abrir e bandeira fixa | 1,50 X 2,50 | | | |
| P3 - Porta de alumínio de abrir c/ bandeira c/ ferragens | 3,20 X 2,10 | | | |
| P4 – Porta dupla chapeada de madeira angelim c/ forra, vistas e ferragens | 1,90 X 2,10 | | | |
| P5/P6/P7/P8 Porta chapeada de madeira angelim c/ forra, vista e ferragens | 0,80 X 2,10 | | | |
| PT1 - Porta de alumínio anonizado de | 2,10 X 1,60 | | | |

| | | | | |
|---|----------------|--|--|--|
| correr com ferragens | | | | |
| PT2 - Porta de alumínio anodizado de correr com ferragens | 2,95 X 1,64 | | | |
| PT3 - Porta de alumínio anodizado de correr com ferragens | 0,80 X 1,50 | | | |

AZULEJO CERÂMICO DE PAREDES

Normalmente é quantificado em m².

- ✓ CRITÉRIO SINAPI: Utilizar a área de revestimento efetivamente executada. Todos os vãos devem ser descontados: portas, janelas, etc.
- ✓ CRITÉRIO TCPO: área efetiva do revestimento, desenvolvendo-se áreas de espaletas, faixas, saliências.

MEMORIAL DE CÁLCULO:

COBERTURAS

Normalmente é quantificado em m². Critérios para quantificação do serviço de cobertura:

- ✓ CRITÉRIO SINAPI: Utilizar a área de projeção do telhado.
- ✓ CRITÉRIO TCPO: pela a área de projeção horizontal do telhado

MEMORIAL DE CÁLCULO:

REBOCO DE TETO

Normalmente é quantificado em m². Critérios para quantificação do serviço de reboco de teto:

- ✓ CRITÉRIO SINAPI: Utilizar a área de revestimento em teto.
- ✓ CRITÉRIO TCPO 13: pela área efetiva

EXERCÍCIO 5 – LEVANTAMENTO DE QUANTIDADES DO PROJETO

O objetivo do exercício 5 é realizar o levantamento manual de quantidades do projeto arquitetônico do CRAS. Para isso, este documento traz algumas dicas importantes que devem ser pensadas quando estiver realizando o exercício.

Os serviços que devem ser quantificados no exercício 5 são: **alvenaria, reboco, pintura interna, pisos.**

ALVENARIA DE VEDAÇÃO

Normalmente a alvenaria de vedação é quantificada em m².

Exemplos de critérios encontrados na TCPO e no SINAPI para serviços de alvenaria de vedação:

- ✓ CRITÉRIO SINAPI A: Utilizar a área líquida das paredes de alvenaria de vedação, incluindo a primeira fiada. Todos os vãos, portas e janelas, deverão ser descontados.

- ✓ CRITÉRIO TCPO A: Pela área. Considerar cheios os vãos com área inferior a 2 m². Vãos com área superior a 2 m², descontar apenas o que exceder a esta área.

MEMORIAL DE CÁLCULO Não se esqueça de especificar o critério adotado nos cálculos:

$$e_{\text{paredes}} = 0,18\text{m}$$

REBOCO INTERNO

Normalmente é quantificado em m².

- ✓ CRITÉRIO SINAPI: não se aplica

- ✓ CRITÉRIO TCPO: Pela área. Considerar cheios os vãos com área inferior ou igual a 2 m², Vãos com área superior a 2 m² descontar apenas o que exceder a essa área.

MEMORIAL DE CÁLCULO Não se esqueça de especificar o critério adotado nos cálculos:

PINTURA INTERNA

Normalmente é quantificado em m².

- ✓ CRITÉRIO SINAPI: Utilizar a área de parede efetivamente executada, excetuadas as áreas de quadro. Todos os vãos devem ser descontados: portas, janelas etc..

- ✓ CRITÉRIO TCPO: Pela área, não descontar vãos até 2,00 m², Para vãos superiores a 2,00 m², descontar apenas o que exceder, em cada vão, a essa área.

MEMORIAL DE CÁLCULO:

REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO

Normalmente é quantificado em m².

- ✓ CRITÉRIO SINAPI: Utilizar a área de revestimento cerâmico efetivamente executada. A área de projeção das paredes e todos os vazios na laje devem ser descontados.
- ✓ CRITÉRIO TCPO 13: pela área do piso.

MEMORIAL DE CÁLCULO:

EXERCÍCIO 6 – FAZER 10 COMPOSIÇÕES DE CUSTOS

O objetivo do exercício 6 é interpretar as composições e calcular os custos de cada insumo indicado para o CRAS.

| INSUMO | PREÇOS SINAPI/R\$ 03/2017- Não desonerado | UNIDADE |
|---|--|----------------|
| Pedreiro / Pintor | 17,94 | h |
| Azulejista | 16,32 | h |
| Telhadista | 15,77 | h |
| Ajudante de telhadista | 13,06 | h |
| Ajudante de pintor | 13,51 | h |
| Servente | 12,98 | h |
| Cimento branco não estrutural | 3,16 | Kg |
| Cimento Portland CP-32 | 0,53 | kg |
| Argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia peneirada traço 1:2:8 | 0,46 | kg |
| Argamassa de cal hidratada e areia peneirada traço 1:4,5, com betoneira | 0,46 | Kg |
| Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria | 0,42 | kg |
| Argamassa de cal hidratada e areia peneirada | 0,36 | kg |
| Argamassa de cimento colante pré-fabricada para assentamento de peças cerâmicas | 0,46 | kg |
| Azulejo cerâmico esmaltado liso comp. 150mm / larg. 150mm | 11,34 | m ² |
| Areia média | 55,00 | m ³ |
| Caixilho de alumínio de correr com 2 folhas com acabamento natural | 403,53 | m ² |

| | | |
|--|--------|----------------|
| Bloco cerâmico de vedação altura 190mm / comp. 390mm / larg. 140mm | 0,35 | un |
| Porta de alumínio de correr com duas folhas em perfil linha 25 | 537,83 | m ² |
| Conjunto de vedação elástica diâmetro do furo 8mm | 0,14 | un |
| Telha de fibrocimento ondulada comp. 1.830 / e=6mm / larg. Nom. 1.100mm / larg. Útil 1.050mm / vão livre 1,69m | 18,54 | m ² |
| Parafuso com rosca soberba galvanizado diam. 8mm / comp. 110mm | 0,80 | un |
| Liquido preparador de superfícies | 8,63 | L |
| Tinta látex acrílica | 7,52 | L |
| Lixa grana: 100 para superfície madeira/massa | 0,69 | un |
| Selador base PVA | 9,76 | L |
| Tinta látex PVA | 11,19 | L |
| Placa de cerâmica esmaltada lisa, resistência a abrasão 3 e=8mm / larg. 300mm / comp 300mm | 13,81 | m ² |

ENCARGOS SOCIAIS: adotar 77,25% - mensalistas - conforme orientações da TCPO 14.

20.005_SER – REBOCO em teto com argamassa de cal hidratada e areia peneirada, e = 5mm, traço 1:3 - unidade m²

| Componentes | Consumo médio | Unidade | Custo Unitário | | Custo Materiais | Custo M.O. |
|--|---------------|---------|----------------|------|-----------------|------------|
| | | | Materiais | M.O. | | |
| Pedreiro | 0,6 | h | | | | |
| Servente | 0,6 | h | | | | |
| Argamassa de cal hidratada e areia peneirada | 0,005 | kg | | | | |
| LEIS SOCIAIS - mensalistas | -- | % | -- | | -- | |
| TOTAIS | | | | | | |
| CUSTO TOTAL UNITÁRIO | | | | | | |

20.005.000005.SER – REBOCO para parede interna ou externa, com argamassa de cal hidratada e areia peneirada traço 1:4,5, com betoneira, e = 5mm – unidade m²

| Componentes | Consumo | Unidade | Custo Unitário | | Custo Materiais | Custo M.O. |
|---|---------|---------|----------------|------|-----------------|------------|
| | | | Materiais | M.O. | | |
| Pedreiro | 0,5 | h | | | | |
| Servente | 0,5 | h | | | | |
| Argamassa de cal hidratada e areia peneirada traço 1:4,5, com betoneira | 0,005 | kg | | | | |
| LEIS SOCIAIS - mensalistas | -- | % | -- | | -- | |
| TOTAIS | | | | | | |
| CUSTO TOTAL UNITÁRIO | | | | | | |

12.004_SER – JANELA de alumínio de correr, com duas folhas, com contramarcos - unidade m²

| Componentes | Consumo | Unidade | Custo Unitário | | Custo Materiais | Custo M.O. |
|--|---------|----------------|----------------|------|-----------------|------------|
| | | | Materiais | M.O. | | |
| Pedreiro | 1,5 | h | | | | |
| Servente | 1,0 | h | | | | |
| Areia média | 0,0049 | m ³ | | | | |
| Cimento Portland CP-32 | 1,94 | kg | | | | |
| Caixilho de alumínio de correr com 2 folhas com acabamento natural | 1,00 | m ² | | | | |
| LEIS SOCIAIS - mensalistas | -- | % | -- | | -- | |
| TOTAIS | | | | | | |
| CUSTO TOTAL UNITÁRIO | | | | | | |

12.005.000007.SER – PORTA de alumínio, de correr, duas folhas, uma fixa - unidade m²

| Componentes | Consumo médio | Unidade | Custo Unitário | | Custo Materiais | Custo M.O. |
|--|---------------|----------------|----------------|------|-----------------|------------|
| | | | Materiais | M.O. | | |
| Pedreiro | 1,5 | h | | | | |
| Servente | 2,5 | h | | | | |
| Areia média | 0,0029 | m ³ | | | | |
| Cimento Portland CP-32 | 1,17 | Kg | | | | |
| Porta de alumínio de correr com duas folhas em perfil linha 25 | 1,00 | m ² | | | | |
| LEIS SOCIAIS - mensalistas | -- | % | -- | | -- | |
| TOTAIS | | | | | | |
| CUSTO TOTAL UNITÁRIO | | | | | | |

20.004_SER – PINTURA com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida, 2 demãos - unidade m²

| Componentes | Consumo médio | Unidade | Custo Unitário | | Custo Materiais | Custo M.O. |
|---|---------------|---------|----------------|------|-----------------|------------|
| | | | Materiais | M.O. | | |
| Ajudante de pintor | 0,35 | h | | | | |
| Pintor | 0,4 | h | | | | |
| Líquido preparador de superfícies | 0,12 | L | | | | |
| Tinta látex acrílica | 0,17 | L | | | | |
| Lixa grana: 100 para superfície madeira/massa | 0,25 | un | | | | |
| LEIS SOCIAIS - mensalistas | -- | % | -- | | -- | |
| TOTAIS | | | | | | |
| CUSTO TOTAL UNITÁRIO | | | | | | |

20.004_SER – PINTURA com tinta látex PVA em parede interna, sem massa corrida, 2 demãos - unidade m²

| Componentes | Consumo médio | Unidade | Custo Unitário | | Custo Materiais | Custo M.O. |
|---|---------------|---------|----------------|------|-----------------|------------|
| | | | Materiais | M.O. | | |
| Ajudante de pintor | 0,35 | h | | | | |
| Pintor | 0,4 | h | | | | |
| Selador base PVA | 0,12 | L | | | | |
| Tinta látex PVA | 0,17 | L | | | | |
| Lixa grana: 100 para superfície madeira/massa | 0,25 | un | | | | |
| LEIS SOCIAIS - mensalistas | -- | % | -- | | -- | |
| TOTAIS | | | | | | |
| CUSTO TOTAL UNITÁRIO | | | | | | |

22.002.000003.SER – PISO cerâmico esmaltado assentado com argamassa pré-fabricada de cimento colante - dimensão 30x30cm - unidade m²

| Componentes | Consumo médio | Unidade | Custo Unitário | | Custo Materiais | Custo M.O. |
|--|---------------|----------------|----------------|------|-----------------|------------|
| | | | Materiais | M.O. | | |
| Azulejista | 0,40 | h | | | | |
| Servente | 0,15 | H | | | | |
| Argamassa de cimento colante pré-fabricada para assentamento de peças cerâmicas | 4,4 | Kg | | | | |
| Placa de cerâmica esmaltada lisa, resistência a abrasão 3 - e=8mm / larg. 300mm / comp 300mm | 1,10 | m ² | | | | |
| LEIS SOCIAIS -mmensalistas | -- | % | -- | | -- | |
| TOTAIS | | | | | | |
| CUSTO TOTAL UNITÁRIO | | | | | | |

06.001.000056.SER – ALVENARIA de vedação com bloco cerâmico furado, 14x19x39cm, espessura da parede 14cm, juntas de 10mm com argamassa industrializada - unidade m²

| Componentes | Consumo médio | Unidade | Custo Unitário | | Custo Materiais | Custo M.O. |
|--|---------------|---------|----------------|------|-----------------|------------|
| | | | Materiais | M.O. | | |
| Pedreiro | 0,75 | h | | | | |
| Servente | 0,47 | h | | | | |
| Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria | 9,900 | kg | | | | |
| Bloco cerâmico de vedação | 12,875 | un | | | | |

| | | | | | | |
|--|----|---|----|--|----|--|
| Altura 190mm / comp. 390mm / larg. 140mm | | | | | | |
| LEIS SOCIAIS - mensalistas | -- | % | -- | | -- | |
| TOTAIS | | | | | | |
| CUSTO TOTAL UNITÁRIO | | | | | | |

09.005.000028.SER – COBERTURA com telha de fibrocimento, uma água, perfil ondulado, e=6mm, altura 51mm, largura útil 1.050mm, largura nominal 1.100mm, inclinação 27% - unidade m²

| Componentes | Consumo médio | Unidade | Custo Unitário | | Custo Materiais | Custo M.O. |
|--|---------------|----------------|----------------|------|-----------------|------------|
| | | | Materiais | M.O. | | |
| Ajudante de telhadista | 0,22 | h | | | | |
| Telhadista | 0,22 | h | | | | |
| Conjunto de vedação elástica - diâmetro do furo 8mm | 1,42 | un | | | | |
| Telha de fibrocimento ondulada comp. 1.830 / e=6mm / larg. Nom. 1.100mm / larg. Útil 1.050mm / vão livre 1,69m | 1,15 | m ² | | | | |
| Parafuso com rosca soberba galvanizado diam. 8mm / comp. 110mm | 1,42 | un | | | | |
| LEIS SOCIAIS - mensalistas | -- | % | -- | | -- | |
| TOTAIS | | | | | | |
| CUSTO TOTAL UNITÁRIO | | | | | | |

23.002_SER – AZULEJO assentado com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia peneirada traço 1:2:8 – unidade m²

| Componentes | Consumo Junta prumo | Unidade | Custo Unitário | | Custo Materiais | Custo M.O. |
|---|---------------------------|----------------|----------------|------|--------------------|---------------|
| | | | Materiais | M.O. | | |
| Azulejista | 0,35 | h | | | | |
| Servente | 0,12 | h | | | | |
| Cimento branco não estrutural | 0,25 | Kg | | | | |
| Argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia peneirada traço 1:2:8 | 0,02 | m ³ | | | | |
| Azulejo cerâmico esmaltado liso comp. 150mm / larg. 150mm | 1,1 | m ² | | | | |
| LEIS SOCIAIS - mensalistas | -- | % | -- | | -- | |
| TOTAIS | | | | | | |
| CUSTO TOTAL UNITÁRIO | | | | | | |

APÊNDICE D – Tabela Comparativa das Quantidades – Etapas 2 e 3

Continua

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Crítérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|---|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 01. | 01. Serviços iniciais | | | | | | | | | | |
| 01.01 | Levantamento topográfico | | | | | | | | | | |
| 01.01.01 | Equipe de topografia/dia para acompanhamento de obras | dia | Não se aplica | MANUAL | 2,00 | MANUAL | 2,00 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.02 | Sondagem | | | | | | | | | | |
| 01.02.01 | Sondagem de reconhecimento do sub-solo com tubo de revestimento diâmetro 2 1/2" | m | Por metro perfurado. Mínimo = 40m | MANUAL | 40,00 | MANUAL | 40,00 | 40,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.03 | Serviços preliminares | | | | | | | | | | |
| 01.03.01 | Cópias heliográficas e documentos | un | Não se aplica | MANUAL | 300,00 | MANUAL | 300,00 | 300,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.03.02 | Licenças e taxas: CREA, PREFEITURA... | verba | Não se aplica | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.04 | Serviços técnicos | | | | | | | | | | |
| 01.04.01 | Projeto arquitetônico | % do cub x m ² | Não se aplica | MANUAL | 171,66 | MANUAL | 171,66 | 171,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.04.02 | Projeto estrutural | % do cub x m ² | Não se aplica | MANUAL | 171,66 | MANUAL | 171,66 | 171,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.04.03 | Projetos complementares - Hidrossanitário e gás | % do cub x m ² | Não se aplica | MANUAL | 171,66 | MANUAL | 171,66 | 171,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.04.04 | Projetos complementares - Preventivo contra incêndio | % do cub x m ² | Não se aplica | MANUAL | 171,66 | MANUAL | 171,66 | 171,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.04.05 | Projetos complementares - Elétrico e telefônico | % do cub x m ² | Não se aplica | MANUAL | 171,66 | MANUAL | 171,66 | 171,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.04.06 | Orçamento e cronograma | % do cub x m ² | Não se aplica | MANUAL | 171,66 | MANUAL | 171,66 | 171,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.04.07 | Controle e execução de obras | % do cub x m ² | Não se aplica | MANUAL | 171,66 | MANUAL | 171,66 | 171,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01.04.08 | Controle tecnológico do concreto | m ³ | Não se aplica | MODELO | 33,30 | MODELO | 35,29 | 33,96 | -1,99 | 1,33 | -0,66 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 02. | 02. Instalações do canteiro | | | | | | | | | | |
| 02.01 | Limpeza manual de terreno | | | | | | | | | | |
| 02.01.01 | Corte manual de capoeira fina a foice | m ² | Área do terreno | MODELO | 449,92 | MODELO | 450,51 | 450,00 | -0,59 | 0,51 | -0,08 |
| 02.01.02 | Raspagem e limpeza manual do terreno | m ² | Área do terreno | MODELO | 449,92 | MODELO | 450,51 | 450,00 | -0,59 | 0,51 | -0,08 |
| 02.02 | Ligações provisórias | | | | | | | | | | |
| 02.02.01 | Ligação provisória de água para obra e instalação sanitária provisória, pequenas obras - instalação mínima | un | Por unidade | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02.02.02 | Abrigo para cavalete em alvenaria, dimensões 0,65 m x 0,85 m x 0,30 m | un | Por unidade | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02.02.03 | Cavalete com tubo de aço galvanizado 20 mm 3/4" | un | Por unidade | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02.02.04 | Ligação provisória de luz e força para a obra - instalação mínima | un | Por unidade | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02.02.05 | Ligação de esgoto completa, com tubo de PVC branco 150mm no eixo | un | Por unidade de ligação realizada | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02.03 | Tapumes, alojamentos e placa da obra | | | | | | | | | | |
| 02.03.01 | Tapume de chapa de madeira compensada, inclusive montagem - madeira compensada resinada e=6 mm | m ² | Pela área do Tapume | MANUAL | 33,00 | MANUAL | 33,00 | 33,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02.03.02 | Abrigo provisório de madeira executado na obra para alojamento e depósito de materiais e ferramentas | m ² | Pela área de projeção horizontal do abrigo | MANUAL | 6,00 | MANUAL | 6,00 | 6,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02.03.03 | Placas da obra - padrão Gov. | m ² | Não se aplica | MANUAL | 2,25 | MANUAL | 2,25 | 2,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02.04 | Locação da obra | | | | | | | | | | |
| 02.04.01 | Locação da obra: execução de gabarito | m ² | Pela área de projeção horizontal da edificação | MANUAL | 171,66 | MANUAL | 171,66 | 171,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|---|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 02.05 | Administração da obra e despesas gerais | | | | | | | | | | |
| 02.05.01 | Administração direta da obra | mês | Não se aplica | MANUAL | 8,00 | MANUAL | 8,00 | 8,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02.05.02 | Consumos diversos: água, luz, etc. | mês | Não se aplica | MANUAL | 8,00 | MANUAL | 8,00 | 8,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02.06 | Limpeza da obra | | | | | | | | | | |
| 02.06.01 | Limpeza permanente da obra | mês | Não se aplica | MANUAL | 8,00 | MANUAL | 8,00 | 8,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 03. | 03. Movimento de terra | | | | | | | | | | |
| 03.01 | Fundações | | | | | | | | | | |
| 03.01.01 | Escavação manual de vala em solo de 1a categoria | m ³ | Volume medido no corte | PARCIAL SOFTWARE E MANUAL | 124,82 | PARCIAL SOFTWARE E MANUAL | 127,12 | 123,73 | -2,30 | 3,39 | 1,09 |
| 03.01.02 | Apiloamento de fundo de vala com maço de 40 kg a 60 kg | m ² | Área do fundo da vala apiloada | PARCIAL SOFTWARE E MANUAL | 113,47 | PARCIAL SOFTWARE E MANUAL | 115,57 | 112,48 | -2,10 | 3,09 | 0,99 |
| 03.01.03 | Reaterro manual de valas | m ³ | Volume medido no aterro | PARCIAL SOFTWARE E MANUAL | 104,23 | PARCIAL SOFTWARE E MANUAL | 124,78 | 103,47 | -20,55 | 21,31 | 0,76 |
| 04. | 04. Serviços gerais | | | | | | | | | | |
| 04.01 | Andaimes | | | | | | | | | | |
| 04.01.01 | Andaime para 1 m ² , de alvenaria, construção e desmontagem - reaprov. 10 vezes. | m ² | Pela área de alvenaria medida em projeto, descontando-se 1,5m de altura multiplicada pelo perímetro, que não necessitam de andaime | MANUAL | 33,44 | MANUAL | 33,44 | 33,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade VICO Etapa 3 | Quantidade manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|--|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 05. | 05. Infra-estrutura | | | | | | | | | | |
| | Fundação Direta Contínua | | | | | | | | | | |
| 05.01 | Lastros e concretos | | | | | | | | | | |
| 05.01.01 | Lastro de concreto - contrapiso, incluindo preparo e lançamento | m ³ | Por volume de concreto | MANUAL | 5,67 | MANUAL | 5,78 | 5,62 | -0,11 | 0,15 | 0,05 |
| 05.01.02 | Lastro de brita 3 e 4, apiloado manualmente com maço 30 kg | m ³ | Por volume de lastro | MANUAL | 5,67 | MANUAL | 5,78 | 5,62 | -0,11 | 0,15 | 0,05 |
| 05.01.03 | Concreto estrutural virado em obra, controle "A", consistência para vibração, brita 1 e 2 - 30 MPa | m ³ | Volume de concreto | MODELO | 9,24 | MODELO | 9,22 | 9,01 | 0,02 | 0,21 | 0,23 |
| 05.01.04 | Transporte, lançamento, adensamento e acabamento do concreto em fundação | m ³ | Vol. calculado em plantas de formas computando só 1 vez o vol. referente à intersecção de vigas, blocos de fundação, sapatas e estacas | MODELO | 9,24 | MODELO | 9,22 | 9,01 | 0,02 | 0,21 | 0,23 |
| 05.02 | Fôrmas | | | | | | | | | | |
| 05.02.01 | Fôrma de madeira para fundação, com tábuas e sarrafos - reaproveit. 8x | m ² | Área desenvolvida na planta de formas - superfície da fôrma em contato com o concreto | MODELO | 79,87 | MODELO | 65,31 | 71,78 | 8,09 | -6,47 | 8,09 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade VICO Etapa 3 | Quantidade manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|--|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 05.03 | Armaduras | | | | | | | | | | |
| 05.03.01 | Armadura de aço para estruturas em geral, CA-50, diâmetro 8,0 mm, corte e dobra na obra. | kg | Em massa obtida pelo levantamento em projeto de armação sem inclusão de perdas, pois essas já estão consideradas no coeficiente de Consumo Unitário. | PARCIAL MODELO E MANUAL | 970,20 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 968,53 | 945,95 | 1,67 | 22,58 | 24,26 |
| 06. | 06. Supraestrutura | | | | | | | | | | |
| 06.01 | Fôrmas | | | | | | | | | | |
| 06.01.01 | Forma com chapa compensada resinada, e = 12mm, para pilares/vigas/lajes, incluso contraventamentos/escoramentos com ponlaletes 7,5 cm x 7,5 cm | m ² | Área desenvolvida na planta de formas - superfície da fôrma em contato com o concreto. Em lajes e painéis, não descontar vãos de até 2m ² | MODELO | 375,57 | MODELO | 379,75 | 304,72 | -4,18 | 75,03 | 70,85 |
| 06.01.02 | Forma de madeira maciça cilíndrica para pilares, diam. 40, com sarrafos | m ² | Pela altura da forma | PARCIAL MODELO E MANUAL | 11,38 | MODELO | 11,38 | 11,34 | 0,00 | 0,04 | 0,04 |
| 06.01.03 | Escoramento em madeira para vigas de edificacao, com escoras em eucalipto diam.10 para altura entre 2,20m e 3,00m | m ² | Área em projeção a ser cimbrada | PARCIAL MODELO E MANUAL | 16,02 | MODELO | 31,87 | 16,05 | -15,85 | 15,82 | -0,03 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|---|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 06.02 | Armaduras | | | | | | | | | | |
| 06.02.01 | Armadura de aço para pilares, CA-50, corte e dobra na obra 12,5mm | kg | Em massa obtida pelo levantamento em projeto de armação referente aos pilares, sem inclusão de perdas, pois essas já estão consideradas no coeficiente de consumo unitário. | PARCIAL MODELO E MANUAL | 478,8 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 663,76 | 479,28 | -184,96 | 184,49 | -0,47 |
| 06.02.02 | Armadura de aço para vigas CA-50, corte e dobra na obra 10mm | kg | Em massa obtida pelo levantamento em projeto de armação referente às vigas, sem inclusão de perdas, pois essas já estão consideradas no coeficiente de consumo unitário. | PARCIAL MODELO E MANUAL | 1255,45 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 1258,61 | 1216,35 | -3,16 | 42,26 | 39,10 |
| 06.03 | Concreto | | | | | | | | | | |
| 06.03.01 | Concreto estrutural virado em obra, controle "A", consistência para vibração, brita 1 e 2, 30 Mpa | m ³ | Volume de concreto | MODELO | 24,06 | MODELO | 26,13 | 24,96 | -2,07 | 1,18 | -0,90 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade VICO Etapa 3 | Quantidade manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 06.03.02 | Transporte, lançamento, adensamento e acabamento do concreto em estrutura | m ³ | Volume calculado em plantas de formas computando só 1 vez o volume referente à intersecção de vigas, pilares e lajes | MODELO | 24,06 | MODELO | 26,13 | 24,96 | -2,07 | 1,18 | -0,90 |
| 06.04 | Lajes e painéis pré-fabricados. | | | | | | | | | | |
| 06.04.01 | Laje pré-fabricada comum para piso ou cobertura, intereixo 38cm, capeamento 4cm espessura = 12cm | m ² | Área da laje. Não descontar vãos inferiores a 2m ² | MODELO | 438,10 | MODELO | 438,16 | 343,07 | -0,06 | 95,09 | 95,03 |
| 07. | 07. Paredes e painéis | | | | | | | | | | |
| 07.01 | Alvenaria de vedação | | | | | | | | | | |
| 07.01.01 | ALVENARIA de vedação com bloco cerâmico furado, 9 x 19 x 39 cm furos verticais, espessura da parede 9 cm, juntas de 12 mm, assentado com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:8 - tipo 2 - | m ² | Pela área. Considerar cheios os vãos com área inferior ou igual a 2m ² . Vãos com área superior a 2m ² , descontar apenas o que exceder a essa área | MODELO | 7,81 | MODELO | 0,00 | 0,00 | 7,81 | 0,00 | 7,81 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|---|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 07.01.02 | Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados, juntas de 12mm, assentado com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:2:8 - tipo 2, 14x19x39 | m ² | Pela área. Considerar cheios os vãos com área inferior ou igual a 2m ² . Vãos com área superior a 2m ² , descontar apenas o que exceder a essa área | MODELO | 387,30 | MODELO | 370,18 | 442,83 | 17,12 | -72,65 | -55,53 |
| 07.01.03 | Encunhamento de alvenaria com tijolo maciço cerâmico, 5,7x9x19, espessura da parede 19cm, assentados com argamassa de cimento e areia 1:3 | m | não especificado | MODELO | 106,35 | MODELO | 228,33 | 114,64 | -121,98 | 113,69 | -8,29 |
| 07.02 | Vergas | | | | | | | | | | |
| 07.02.01 | Verga reta moldada no local com forma de madeira considerando cinco reaproveitamentos, concreto armado fck= 13,5MPa, controle tipo "B" | m ³ | Por volume de verga | MODELO | 0,71 | MODELO | 1,08 | 0,68 | -0,37 | 0,40 | 0,03 |
| 07.02.02 | Contra-Verga reta moldada no local com forma de madeira considerando cinco reaproveitamentos, concreto armado fck= 13,5MPa, controle tipo "B" | m ³ | Por volume de verga | MODELO | 0,36 | MODELO | | 0,34 | 0,36 | -0,34 | 0,02 |
| 07.03 | Acessórios para alvenaria | | | | | | | | | | |
| 07.03.01 | Tela soldada para prevenção de trincas em alvenaria/estrutura, largura 6cm | un | Por unidade de tela fixada | MANUAL | 536,00 | MANUAL | 536,00 | 536,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 08. | 08. Esquadrias e gradis | | | | | | | | | | |
| 08.01 | Portas, ferragens e batentes | | | | | | | | | | |
| 08.01.01 | Porta externa de madeira, colocação e acabamento, de uma folha com batente, guarnição e ferragem | un | Por unidade | MODELO | 1,00 | PDF | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08.01.02 | Porta interna de madeira, colocação e acabamento, de uma folha com batente guarnição e ferragem | un | Por unidade | MODELO | 8,00 | PDF | 8,00 | 8,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08.01.03 | Porta de madeira sob encomenda, sem batente, guarnição e ferragens | m ² | Pela área em m ² | MODELO | 3,99 | PDF | 3,99 | 3,99 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08.01.04 | Batente e guarnição para porta de madeira | m | Metro linear | PARCIAL MODELO E MANUAL | 52,30 | PDF | 52,27 | 52,27 | 0,03 | 0,00 | 0,03 |
| 08.01.05 | Ferragem para porta interna dupla | cj | Pelo conjunto instalado | MODELO | 2,00 | PDF | 2,00 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08.01.06 | Ferragem para porta externa dupla | cj | Pelo conjunto instalado | MODELO | 2,00 | PDF | 2,00 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08.01.07 | Porta de alumínio sob encomenda, de abrir colocação e acabamento com 2 folhas. | m ² | Área da porta colocada em função do vão-luz | MODELO | 14,22 | PDF | 6,72 | 6,72 | 7,50 | 0,00 | 7,50 |
| 08.01.08 | Porta de vidro temperado | m ² | Por conjunto instalado | MODELO | 5,00 | PDF | 5,00 | 5,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08.01.09 | Grade de proteção de ferro, colocação e acabamento | m ² | Pela área da grade | PARCIAL MODELO E MANUAL | 11,38 | PDF | 11,37 | 11,37 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| 08.01.10 | Porta de ferro sob encomenda tipo caixilho, de abrir, colocação e acabamento com uma folha | m ² | Pela área da porta colocada | MODELO | 10,59 | PDF | 10,59 | 10,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 08.02 | Janelas | | | | | | | | | | |
| 08.02.01 | Janela de alumínio sob encomenda, colocação e acabamento, basculante, com contramarco | m ² | Por área da janela | MODELO | 4,60 | PDF | 4,60 | 4,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08.02.02 | Janela de alumínio sob encomenda, colocação e acabamento, de correr, com contramarcos | m ² | Por área da janela | MODELO | 19,73 | PDF | 19,73 | 19,73 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09. | 09. Vidros | | | | | | | | | | |
| 09.01 | Vidro temperado incolor | | | | | | | | | | |
| 09.01.01 | Vidro cristal laminado, colocado em caixilho com ou sem baguetes, com gaxeta de neoprene: P2, P3, J1, J2, J3 e = 4mm | m ² | Pela área efetiva, arredondar pra mais as medidas múltiplos 5cm | MODELO | 27,45 | PDF | 30,55 | 26,45 | -3,10 | 4,10 | 1,00 |
| 09.01.02 | Vidro comum fantasia, colocado em caixilho com ou sem baguetes, duas demãos de massa e = 3 mm: J4 e J5 | m ² | Pela área efetiva, arredondando para mais as medidas em múltiplos de 5cm | MODELO | 1,65 | PDF | 1,65 | 1,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09.01.03 | Vidro comum fantasia, colocado em caixilho com ou sem baguetes, duas demãos de massa e = 4 mm: J3 | m ² | Pela área efetiva, arredondando para mais as medidas em múltiplos de 5cm | MODELO | 1,00 | PDF | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10. | 10. Cobertura | | | | | | | | | | |
| 10.01 | Estrutura de madeira | | | | | | | | | | |
| 10.01.01 | Estrutura de madeira para telha ondulada de fibrocimento, alumínio ou plástica | m ² | Pela área de projeção horizontal do telhado | MODELO | 125,08 | MODELO | 125,23 | 122,75 | -0,15 | 2,48 | 2,33 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|---|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 10.02 | Telhas | | | | | | | | | | |
| 10.02.01 | Cobertura com telha de fibrocimento, uma água, perfil ondulado, e = 6 mm, altura 51 mm, largura útil 1.050 mm, largura nominal 1,100 mm, inclinação 27% | m ² | Pela área medida em projeção horizontal | MODELO | 125,08 | MODELO | 125,23 | 122,75 | -0,15 | 2,48 | 2,33 |
| 10.02.02 | Rufo ou cumeeira ou contrarufo de alumínio envernizado ou pintado, 600 mm x 1,265 mm, e = 0,8mm | m | não especificado | PARCIAL MODELO E MANUAL | 80,85 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 80,87 | 82,00 | -0,02 | -1,13 | -1,15 |
| 10.02.03 | Rufo ou cumeeira ou contrarufo de alumínio envernizado ou pintado, 600 mm x 1,265 mm, e = 0,8mm | m | não especificado | PARCIAL MODELO E MANUAL | 80,85 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 80,87 | 82,00 | -0,02 | -1,13 | -1,15 |
| 10.02.04 | Calha chapa galv.. nº 24 | m | não especificado | MODELO | 35,42 | MODELO | 35,26 | 34,30 | 0,16 | 0,96 | 1,12 |
| 11. | 11. Impermeabilização | | | | | | | | | | |
| 11.01 | Impermeabilização de baldrame | | | | | | | | | | |
| 11.01.01 | Impermeabilização de alicerce com tinta betuminosa em parede de 11/2 tijolo | m | Por comprimento do baldrame | PARCIAL MODELO E MANUAL | 71,48 | MODELO | 98,91 | 109,80 | -27,43 | -10,89 | -38,32 |
| 11.02 | Impermeabilização de calhas, marquises e laje caixa d'água | | | | | | | | | | |
| 11.02.01 | Impermeabilização de cobertura plana, inclusive pré-fabricada, utilizando manta asfáltica polimérica | m ² | Pela área real desenvolvida impermeabilizada | MODELO | 38,29 | MODELO | 70,71 | 78,15 | -32,42 | -7,44 | -39,86 |
| 12. | 12. Revestimentos de teto | | | | | | | | | | |
| 12.01 | Chapisco | | | | | | | | | | |
| 12.01.01 | Chapisco em teto com argamassa de cimento e areia sem peneirar, traço 1:3, com adição de adesivo à base de resina sintética | m ² | Área efetiva | MODELO | 179,00 | MODELO | 175,49 | 177,73 | 3,51 | -2,24 | 1,27 |

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 12.02 | Reboco | | | | | | | | | | |
| 12.02.01 | Reboco em teto com argamassa de cal hidratada e areia peneirada traço 1:4:5 , com betoneira, e = 5mm | m ² | Área efetiva | MODELO | 179,00 | MODELO | 175,49 | 177,73 | 3,51 | -2,24 | 1,27 |
| 13. | 13. Revestimento de paredes internas | | | | | | | | | | |
| 13.01 | Chapisco | | | | | | | | | | |
| 13.01.01 | Chapisco para parede interna ou externa com argamassa de cimento e areia sem peneirar, traço 1:3, e=5 mm | m ² | Pela área. Considerar cheios os vãos com área inferior ou igual a 2m ² . Vãos com área superior a 2m ² , descontar apenas o que exceder a essa área | MODELO | 385,15 | MODELO | 364,24 | 374,34 | 20,91 | -10,10 | 10,81 |
| 13.02 | Reboco | | | | | | | | | | |
| 13.02.01 | Reboco para parede interna ou externa, com argamassa de cal hidratada e areia peneirada, e=5mm, traço1:3 | m ² | Pela área. Considerar cheios os vãos com área inferior ou igual a 2m ² . Vãos com área superior a 2m ² , descontar apenas o que exceder a essa área | MODELO | 385,15 | MODELO | 364,24 | 374,34 | 20,91 | -10,10 | 10,81 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 13.03 | Azulejos | | | | | | | | | | |
| 13.03.01 | Azulejo assentado com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia peneirada, traço 1:2:8 | m ² | área efetiva revestimento, desenvolvendo-se áreas de espaletas, faixas... | MODELO | 145,81 | MODELO | 95,29 | 92,58 | 50,52 | 2,71 | 53,23 |
| 13.03.02 | Rejuntamento de azulejo 15x15cm, com argamassa pré-fabricada, para juntas até 3mm | m ² | Pela área de azulejo assentada | MODELO | 145,81 | MODELO | 95,29 | 92,58 | 50,52 | 2,71 | 53,23 |
| 14 | 14. Revestimentos de paredes externas | | | | | | | | | | |
| 14.01 | Chapisco | | | | | | | | | | |
| 14.01.01 | Chapisco para parede interna ou externa com argamassa de cimento e areia sem peneirar, traço 1:3, e=5 mm | m ² | Pela área. Considerar cheios os vãos com área inferior ou igual a 2m ² . Vãos com área superior a 2m ² , descontar apenas o que exceder a essa área | MODELO | 410,65 | MODELO | 395,84 | 386,99 | 14,81 | 8,85 | 23,66 |

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 14.02 | Reboco | | | | | | | | | | |
| 14.02.01 | Reboco para parede interna ou externa, com argamassa de cal hidratada e areia peneirada, e=5mm, traço1:3 | m ² | Pela área. Considerar cheios os vãos com área inferior ou igual a 2m ² . Vãos com área superior a 2m ² , descontar o que exceder a essa área | MODELO | 410,65 | MODELO | 395,84 | 386,99 | 14,81 | 8,85 | 23,66 |
| 14.03 | Pastilhas na fachada | | | | | | | | | | |
| 14.03.01 | Pastilha de porcelana CINZA, assentada com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia peneirada, traço 1:3:9, rejuntamento com pasta de cimento branco, incluindo limpeza e lavagem | m ² | Pela área de piso | MODELO | 30,70 | MODELO | 65,05 | 66,58 | -34,35 | -1,53 | -35,88 |
| 14.03.02 | Pastilha de porcelana BORDO, assentada com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia peneirada, traço 1:3:9, rejuntamento com pasta de cimento branco, incluindo limpeza e lavagem | m ² | Pela área de piso | MODELO | 70,11 | MODELO | 53,91 | 51,42 | 16,20 | 2,49 | 18,69 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade VICO Etapa 3 | Quantidade manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|----------|--|-------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 15. | 15. Pintura | | | | | | | | | | |
| 15.01 | Pintura parede externa | | | | | | | | | | |
| 15.01.01 | Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida | m ² | Pela área. Não descontar vãos até 2m ² . Para vãos superiores a 2m ² , descontar apenas o que exceder, em cada vão, a essa área | MODELO | 465,54 | MODELO | 491,12 | 456,13 | -25,58 | 34,99 | 9,41 |
| 15.01.02 | Emassamento de parede externa com massa acrílica com duas demãos, para pintura látex | m ² | Pela área. Não descontar vãos até 2m ² . Para vãos superiores a 2m ² , descontar apenas o que exceder, em cada vão, a essa área | MODELO | 465,54 | MODELO | 491,12 | 456,13 | -25,58 | 34,99 | 9,41 |

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade VICO Etapa 3 | Quantidade manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|---|-------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 15.02 | Pintura parede interna | | | | | | | | | | |
| 15.02.01 | Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida | m ² | Pela área. Não descontar vãos até 2m ² . Para vãos superiores a 2m ² , descontar apenas o que exceder, em cada vão, a essa área | MODELO | 449,46 | MODELO | 249,23 | 281,76 | 200,23 | -32,53 | 167,70 |
| 15.02.02 | Emassamento de parede externa com massa acrílica com duas demãos, para pintura látex | m ² | Pela área. Não descontar vãos até 2m ² . Para vãos superiores a 2m ² , descontar apenas o que exceder, em cada vão, a essa área | MODELO | 449,46 | MODELO | 249,23 | 281,76 | 200,23 | -32,53 | 167,70 |
| 15.03 | Pintura esquadrias e acessórios metálicos | | | | | | | | | | |
| 15.03.01 | Pintura com tinta esmalte em esquadria de madeira, 2 demãos, sem massa corrida | m ² | Multiplicar a área do vão luz por 3 | MODELO | 61,98 | PDF | 61,98 | 61,98 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 15.03.02 | Emassamento de esquadria de madeira com massa corrida com 2 demãos, para pintura a óleo ou esmalte. | m ² | Multiplicar a área do vão luz por 3 | MODELO | 61,98 | PDF | 61,98 | 61,98 | 0,00 | 0,00 | 61,98 |
| 15.03.03 | Pintura com tinta esmalte em esquadria de ferro, com 2 demãos | m ² | Multiplicar a área do vão luz por 3 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 94,50 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 62,37 | 66,33 | 32,13 | -3,96 | 70,29 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|---|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 15.03.04 | Pintura com tinta esmalte em rufo, calha e condutor, com uma demão | m ² | Pelo comprimento efetivamente pintado | MODELO | 42,97 | MODELO | 45,18 | 50,70 | -2,21 | -5,52 | 56,22 |
| 15.04 | Pintura teto | | | | | | | | | | |
| 15.04.01 | Lixamento de superfície de concreto manual para preparação e conservação | m ² | Pela área efetivamente lixada, desenvolvendo-se todas as espaletas, ressaltos ou molduras, descontando-se todos os vãos e interferências | MODELO | 177,21 | MODELO | 175,49 | 177,73 | 1,72 | -2,24 | -0,52 |
| 15.04.02 | Pintura com tinta acrílica em piso de concreto, 2 demãos, aplicado com rolo de lã | m ² | Pela área efetiva | MODELO | 177,21 | MODELO | 175,49 | 177,73 | 1,72 | -2,24 | -0,52 |
| 16. | 16. Pisos | | | | | | | | | | |
| 16.01 | Lastro de contrapiso | | | | | | | | | | |
| 16.01.01 | Lastro de concreto - contrapiso incluído preparo e lançamento | m ³ | Por volume de concreto | PARCIAL MODELO E MANUAL | 7,77 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 7,77 | 7,62 | 0,00 | 0,15 | 0,15 |
| 16.01.02 | Regularização desempenada de base para revestimento de piso com argamassa de cimento e areia sem peneirar, traço 1:3, e=3cm | m ² | Pela área de piso | PARCIAL MODELO E MANUAL | 155,46 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 155,40 | 158,28 | 0,06 | -2,88 | -2,82 |
| 16.02 | Acabamentos | | | | | | | | | | |
| 16.02.01 | Piso cerâmico esmaltado 30x30cm assentado com argamassa mista de cimento, cal e areia sem peneirar, traço 1:0,5:5, e=2,5cm | m ² | Pela área do piso | MODELO | 149,53 | MODELO | 149,34 | 152,47 | 0,19 | -3,13 | -2,94 |

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 16.02.02 | Rejuntamento de piso cerâmico com argamassa pré-fabricada, esp. da junta = 6mm | m² | Por área de piso | MODELO | 149,53 | MODELO | 149,34 | 152,47 | 0,19 | -3,13 | -2,94 |
| 16.02.03 | Rodapé cerâmico assentado com argamassa de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:2:8, altura 8cm | m | Pelo comprimento do rodapé | MODELO | 91,85 | MODELO | 124,54 | 90,80 | -32,69 | 33,74 | 1,05 |
| 16.02.04 | Piso podotátil direcional de borracha, assentado | m² | Pela área de piso | MODELO | 26,19 | MODELO | 26,16 | 24,14 | 0,03 | 2,02 | 2,05 |
| 16.02.05 | Piso tátil de alerta de borracha, assentado | m² | Pela área de piso | MODELO | | MODELO | | | | | |
| 16.02.06 | Passeio em concreto, fck=13.5MPa, controle tipo "C", incluindo preparo de caixa, e=7cm | m² | Pela área efetiva | MODELO | 29,99 | MODELO | 30,13 | 28,50 | -0,14 | 1,63 | 1,49 |
| 16.02.07 | Piso com placa cimentícia de alta resistência, podotátil direcional, 40x40cm, e=3,5cm, assentado com argamassa de cimento e areia peneirada, traço 1:3 | m² | Pela área de piso | MODELO | 0,86 | MODELO | 0,86 | 0,86 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 16.02.08 | Piso cimentado com argamassa de cimento e areia sem peneirar, traço 1:4, e=1,5cm | m² | Pela área efetiva do piso | MODELO | 79,41 | MODELO | 92,87 | 90,43 | -13,46 | 2,44 | -11,02 |
| 16.02.09 | Guia pré-fabricada de concreto reta ou curva assentada com concreto, fck=15MPa, controle tipo "C" | m | Pelo comprimento | MODELO | 83,20 | MODELO | 82,92 | 81,85 | 0,28 | 1,07 | 1,35 |
| 17. | 17. Instalações hidrossanitárias | | | | | | | | | | |
| 17.01 | Acessórios para banheiros | | | | | | | | | | |
| 17.01.01 | Lavatório de louça com coluna, aparelho misturador e acessórios | un | Por unidade instalada | MODELO | 2,00 | MODELO | 2,00 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.01.02 | Bacia de louça com caixa acoplada, com tampa e acessórios | un | Por unidade instalada | MODELO | 2,00 | MODELO | 2,00 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 17.01.03 | Saboneteira de louça, branca ou em cores, 15x15cm, sem alça. | un | Por unidade | MANUAL | 4,00 | MANUAL | 4,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.01.04 | Porta toalha de louça branca ou em cores | un | Por unidade | MANUAL | 4,00 | MANUAL | 4,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.01.05 | Porta papel de louça, branca ou em cores | un | Por unidade | MANUAL | 4,00 | MANUAL | 4,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.01.06 | Tanque de aço inoxidável | un | Por unidade instalada | MODELO | 1,00 | MODELO | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.01.07 | Pia de cozinha de aço inoxidável, cuba simples, 1,50 x 0,54 m. | un | Por unidade instalada | MODELO | 1,00 | MODELO | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.01.08 | Aparelho misturador metálico para pia de cozinha tipo mesa. | un | Por unidade instalada | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.01.09 | Bacia sanitária com barras de apoio em 2 paredes, com assento sanitário para PNE | un | Por unidade instalada | MODELO | 2,00 | MODELO | 2,00 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.01.10 | Lavatório de louça com coluna suspensa, barra de apoio de canto e misturador monocomando, para PNE | un | Por unidade instalada | MODELO | 2,00 | MODELO | 2,00 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.01.11 | Espelho de cristal para sanitário, e=5mm | m² | Pela área do espelho | MANUAL | 4,00 | MANUAL | 4,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.01.12 | Bebedouro elétrico com capacidade para 40 litros | un | Por unidade instalada | MODELO | 1,00 | MODELO | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17.02 | Materiais e instalações água fria e esgoto | | | | | | | | | | |
| 17.02.01 | Materiais hidrossanitários | oe | Não se aplica | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | 18. Instalações elétricas | | | | | | | | | | |
| 18.01 | Materiais e mão de obra para instalações elétricas | | | | | | | | | | |
| 18.01.01 | Materiais elétricos. | oe | Não se aplica | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 19. | 19. Revestimentos de pedra | | | | | | | | | | |
| 19.01 | Peitoris - janelas | | | | | | | | | | |
| 19.01.01 | Peitoril de granito natural, assentado com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:1:4 | m | Pelo comprimento do peitoril | MODELO | 20,15 | MODELO | 20,15 | 19,80 | 0,00 | 0,35 | 0,35 |
| 19.02 | Soleiras - portas | | | | | | | | | | |
| 19.02.01 | Soleira em granito natural, assentada com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:1:4 | m | Pelo comprimento da soleira | MODELO | 32,95 | MODELO | 32,91 | 32,30 | 0,04 | 0,61 | 0,65 |
| 19.03 | Pingadeiras de granito - Platibanda | | | | | | | | | | |
| 19.03.01 | Soleira em granito natural, assentada com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:1:4 | m | Pelo comprimento da soleira | MODELO | 106,75 | MODELO | 109,28 | 109,15 | -2,53 | 0,13 | -2,40 |
| 20. | 20. Serviços complementares externos | | | | | | | | | | |
| 20.01 | Muro | | | | | | | | | | |
| 20.01.01 | Muros divisórios com blocos de concreto 14x19x39, e=14cm, h=1,80, sobre sapata corrida com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:0,5:8 | m | Por metro | MODELO | 92,44 | MODELO | 93,52 | 108,81 | -1,08 | -15,29 | -16,37 |
| 20.02 | Corrimão e trilhos | | | | | | | | | | |
| 20.02.01 | Corrimão tubular de ferro galvanizado | m | Metro linear | PARCIAL MODELO E MANUAL | 33,94 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 35,90 | 31,80 | -1,96 | 4,10 | 2,14 |

Continuação

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|---|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 20.03 | Paisagismo | | | | | | | | | | |
| 20.03.01 | Plantio de grama | m ² | não especificado | PARCIAL MODELO E MANUAL | 188,85 | PARCIAL MODELO E MANUAL | 149,94 | 187,91 | 38,91 | -37,97 | 0,94 |
| 20.04 | Limpeza | | | | | | | | | | |
| 20.04.01 | Limpeza de vidros | m ² | Pela área dos vidros | MODELO | 33,45 | MODELO | 32,81 | 29,10 | 0,64 | 3,71 | 4,35 |
| 20.04.02 | Limpeza de superfície revestida com material cerâmico, utilizando solução 1:6 de ácido muriático e solução neutralizadora 1:4 de amônia, ambas diluídas em água | m ² | Pela área da superfície cerâmica | MODELO | 246,62 | MODELO | 210,02 | 210,58 | 36,60 | -0,56 | 36,04 |
| 20.04.03 | Limpeza geral da edificação - final da obra | m ² | Área construída | MANUAL | 171,66 | MODELO | 171,66 | 171,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 | 21. Complementação da obra | | | | | | | | | | |
| 21.01 | Ar condicionado | | | | | | | | | | |
| 21.01.01 | Ventilador | un | Não se aplica | MODELO | 4,00 | MODELO | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 0,00 | 4,00 |
| 21.01.02 | Condicionador de ar de janela | un | Por unidade instalada | MODELO | 4,00 | MODELO | 4,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21.02 | Desmontagem canteiro | | | | | | | | | | |
| 21.02.01 | Desmontagem das instalações provisórias. | mês | Não se aplica | MANUAL | 0,25 | MANUAL | 0,25 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21.03 | Transportes, carga e descarga manual de materiais | | | | | | | | | | |
| 21.03.01 | Transporte horizontal de tijolo comum | milheiro | Por milheiro transportado | MANUAL | 5,00 | MANUAL | 4,60 | 4,60 | 0,40 | 0,00 | 0,40 |
| 21.03.02 | Transporte horizontal de materiais a granel com carrinho ou gerica | m ³ | Por volume de material transportado | MANUAL | 161,05 | MANUAL | 87,10 | 36,50 | 73,95 | 50,60 | 124,55 |

Conclusão

| CÓDIGO | Discriminação Orçamentária | Unidade de medida | Critérios de medição da composição | Forma de extração ARCHICAD Etapa 2 | Quantidade de ArchiCAD Etapa 2 | Forma de extração VICO Etapa 3 | Quantidade de VICO Etapa 3 | Quantidade de manual | Diferença ArchiCAD - VICO | Diferença VICO - Manual | Diferença ArchiCAD - Manual |
|--------------|--|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 21.03.03 | Transporte horizontal de azulejos ou ladrilhos - 2 cxs ou 2 sacos de cimento | un | Por unidade transportada | MANUAL | 99,00 | MANUAL | 147,00 | 132,00 | -48,00 | 15,00 | -33,00 |
| 21.04 | Pergolado | | | | | | | | | | |
| 21.04.01 | Pergolado de madeira | verba | Não se aplica | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21.05 | Ligações definitivas e certidão. | | | | | | | | | | |
| 21.05.01 | Ligação de água à rede pública | un | Por unidade de ligação realizada | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21.05.02 | Ligação de telefone e energia. | verba | Não se aplica | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21.06 | Alçapão | | | | | | | | | | |
| 21.06.01 | Alçapão em madeira | verba | Não se aplica | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21.07 | Placa inóx fachada | | | | | | | | | | |
| 21.07.01 | Placa e letreiro CRAS na fachada | verba | Não se aplica | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21.08 | Recebimento da obra | | | | | | | | | | |
| 21.08.01 | Habite-se. | verba | Não se aplica | MANUAL | 1,00 | MANUAL | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

APÊNDICE E – Cálculo de Estimativas para Instalações

18. Instalações hidrossanitárias

1844. Materiais e mão de obra para instalações hidrossanitárias

184401. Materiais para instalação hidrossanitárias. Unidade: OE
Como não existem os projetos, considerar 2,86% do custo até aqui.

Quando existirem os projetos, será orçado baseado no comprimento da tubulação, às vezes a quantidade de tês, curvas, juntas, luvas já vem integrada as composições de acordo com a metragem de tubos, quantidade de rasgos e enchimento da parede.

184402. Mão de obra para instalação de água fria. Unidade: pt

184403. Mão de obra para instalação esgoto primário. Un.: pt

184404. Mão de obra para instalação esgoto secundário. Un.: pt

Critério de medição para mão de obra:

A mão de obra necessária para execução das instalações elétricas e hidrossanitárias em uma obra, pode ser medida por ponto, definindo-se como ponto: “A aplicação de um conjunto de materiais que concorrem para definir um local de consumo de água, ou energia ou esgoto”. Uma das maneiras a definir os pontos é a seguinte:

| Discriminação | Água fria | Água quente | Esgoto primário | Esgoto secundário |
|---|-----------|-------------|-----------------|-------------------|
| <i>Aquecedor a gás ou elétrico</i> | 0 | | - | - |
| <i>Bacia sanitária c/ válvula de fluxo</i> | 0 | | 0 | - |
| <i>Bacia sanitária c/ caixa de descarga</i> | 4 | | 4 | - |
| <i>Banheira esmaltada ou de louça</i> | 0 | | - | 0 |
| <i>Bebedouro elétrico</i> | 1 | | - | 1 |
| <i>Bidê de louça</i> | 0 | | - | 0 |
| <i>Chuveiro simples</i> | 0 | | - | 0 |
| <i>Chuveiro elétrico</i> | 0 | | - | 0 |
| <i>Lavatório de louça</i> | 4 | | - | 4 |
| <i>Mictório de louça</i> | 0 | | 0 | - |
| <i>Pia de cozinha</i> | 1 | | - | 1 |
| <i>Tanques</i> | 1 | | - | 1 |
| <i>Torneiras de jardim, etc..</i> | 1 | | - | - |
| <i>4 m coluna água fria com galvanizado</i> | 0 | | - | - |
| <i>8 m coluna água fria com PVC</i> | 1 | | - | - |
| <i>2 m coluna água quente</i> | - | | - | - |
| <i>2 m coluna esgoto sanit. e pluvial</i> | - | | 2 | - |

| | | | | |
|--------------------------|---|--|---|---|
| <i>Bomba de recalque</i> | 1 | | - | - |
|--------------------------|---|--|---|---|

Custo dos respectivos pontos:

| | |
|------------------------------|------------------------|
| Ponto de instalação elétrica | 1/12 do salário mínimo |
| Ponto de água fria | 1/8 do salário mínimo |
| Ponto de água quente | 1/6 do salário mínimo |
| Ponto de esgoto primário | 1/5 do salário mínimo |
| Ponto do esgoto secundário | 1/10 do salário mínimo |

Obs: A colocação de aparelhos e respectivos metais será computado em separado.

19. Instalações elétricas

1917. Materiais e mão de obra para instalações elétricas

191701. Materiais elétricos. Unidade: OE

Como não existem os projetos, considerar 2,80% do custo até aqui.

191702. Mão de obra instalações elétricas. Unidade: pt

Mão de obra para instalações elétricas e telefones:

| | |
|---|----------|
| Chave hotel c/ lâmpada | 2 pontos |
| Caixa para luz com respectivo comando | 1 ponto |
| Tomada monofásica | 1 pontos |
| Tomada trifásica | 2 pontos |
| Disjuntor monofásico | 2 pontos |
| Disjuntor trifásico (no CRAS é bifásico) | 3 pontos |
| Campainha com respectivo comando | 1 ponto |
| Montagem e instalação de luminárias c/ lâmpadas fluorescentes para cada duas lâmpadas ou fração | 1 ponto |
| Montagem e instalação de lâmpadas incandescentes com plafon | 1 ponto |
| Equipamento de minuteira | 5 pontos |
| Colunas montantes cada três metros | 1 ponto |
| Espera de telefone e antenas | 1 ponto |
| Coluna para telefone e antenas cada 3 metros | 1 ponto |

Entrada geral de energia:

A entrada geral de energia que compreende as instalações a partir da rede geral até o quadro de medidores inclusive, pode ser assim considerado:

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Entrada monofásica | 8 pontos |
| Entrada trifásica com 1 medidor | 12 pontos |
| Acréscimo para cada medidor a mais | 4 pontos |

APÊNDICE F – Vídeos das Etapas 2 e 3

Neste DVD estão gravados todos os vídeos elaborados pela autora e disponibilizados para os alunos nas etapas 2 e 3 desta pesquisa.