

Alexandre David Felisberto

**CONTRIBUIÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO
DE REFERÊNCIA DE OBRA PÚBLICA OBSERVANDO A
NOVA ÁRVORE DE FATORES DO SINAPI
COM BIM 5D - LOD 300**

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

Orientadora: Prof.^a Fernanda Fernandes Marchiori, Dr.^a

Florianópolis
2017

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

Felisberto, Alexandre David

Contribuições para elaboração de orçamento de referência de obra pública observando a nova árvore de fatores do SINAPI com BIM 5D - LOD 300 / Alexandre David Felisberto; orientadora, Fernanda Fernandes Marchiori, 2017.

231 p.

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

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Engenharia de Custos. 3. BIM 5D. 4. SINAPI. I. Marchiori, Fernanda Fernandes. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Alexandre David Felisberto

**CONTRIBUIÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO
DE REFERÊNCIA DE OBRA PÚBLICA OBSERVANDO A
NOVA ÁRVORE DE FATORES DO SINAPI
COM BIM 5D - LOD 300**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

Florianópolis, 30 de novembro de 2017.

Prof. Glicério Trichês, Dr.
Coordenador do Curso

Prof.^a Fernanda Fernandes Marchiori, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Sergio Scheer, Dr.
Universidade Federal do Paraná

Prof. Antônio Edésio Jungles, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Perito Criminal Federal Regis Signor, Dr.
Polícia Federal

Dedico este trabalho a minha
amada esposa Daniela e à pequena
Lívia.

AGRADECIMENTOS

Um especial agradecimento à minha orientadora, Professora Fernanda Fernandes Marchiori, pela confiança, parceria e brilhante direcionamento da pesquisa.

Ao Prof. Luis Alberto Gómez, pela orientação inicial desta pesquisa, sempre direto e objetivo.

Ao Arq. Adrian Possamai Della, sócio do Escritório de Projetos Quadro Arquitetura, pelos ensinamentos na utilização das Ferramentas BIM.

Aos professores Antônio Edésio Jungles, Luis Alberto Gómez, Luiz Roberto Prudêncio Junior, e Philippe Jean Paul Gleize, pelas disciplinas ministradas e conhecimentos repassados.

Aos Pesquisadores do Grupo de Gestão da Construção (GESTCON) pela receptiva acolhida.

Ao doutorando, pesquisador em BIM, Jamil José Salim Neto, pela amizade e grandes aventuras.

Às pesquisadoras Camila Isaton e Eloisa Manentti pelas parcerias.

Aos colegas mestrandos, pesquisadores na área do BIM, Talita Fraga e Gabriela Matté, pela intensa troca de informações.

Aos Professores e Colaboradores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFSC), pelos ensinamentos repassados e ajuda nesta trajetória.

Aos Gestores e Técnicos da Gerência Executiva e Negocial de Governo da CEF (GIGOVCR), Valdonir Estivalet Teixeira, Márcia Queiroz Franca de Azevedo, Márcio Luis Yamaguti e Lourival Bitencourt, pela colaboração.

À Gerência Nacional de Padrões e Normas Técnicas da CEF (GEPAD), pela disponibilização dos modelos validados, em especial aos colegas Ronaldo Rodrigues de Carvalho, Valdir José Cobos, Rômulo de Oliveira, e Ana Alice Engel de Oliveira.

Aos Professores e Técnicos do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) por todo o apoio logístico nessa trajetória, e compreensão.

À minha querida Mãe, Janete Marlene Meneghel, que tanto abdicou para me dar melhores oportunidades de educação.

À minha família, em especial minhas amadas Esposa e Filha, Daniela e Lívia.

À UFSC, pela EDUCAÇÃO PÚBLICA, GRATUITA e de QUALIDADE.

Se uma imagem vale mais do que mil palavras,
Um modelo vale mais que mil imagens.
Edward McCracken (Alves et al. 2012)
(CEO Silicon Graphics)

Comece fazendo o que é necessário, depois o que
é possível. E de repente você estará fazendo o
impossível.
São Francisco de Assis 1182-1226

RESUMO

A elaboração do orçamento de referência de uma obra pública deve respeitar as limitações legais e minimizar a possibilidade de subfaturamento ou superfaturamento, garantindo uma obra exequível e não superfaturada. Essa afirmação ganha maior magnitude se a fonte de recurso for o Orçamento Geral da União (OGU), devendo o orçamento de referência atender a uma série de restrições e regramentos previstos na legislação federal, como a limitação dos custos unitários às composições de custo do Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), mantido pela Caixa Econômica Federal (CEF). Entretanto, essa etapa de planejamento do empreendimento pode apresentar deficiências. Desta forma, apresentam-se contribuições para elaboração de orçamento de referência de obra pública observando a nova metodologia de árvore de fatores do SINAPI, utilizando a modelagem da informação da construção em quinta dimensão (BIM 5D) com os elementos do projeto modelados até um nível de desenvolvimento (LOD) de 300. Para demonstração e testes das contribuições propostas, serão comparados os orçamentos obtidos na Pesquisa versus os orçados pela CEF utilizando três projetos reais, cujas disciplinas arquitetônica e estrutural foram modeladas pela Instituição em alto nível de desenvolvimento dos elementos, superior à LOD 300. As ferramentas BIM utilizadas serão o Autodesk Revit e Navisworks, juntamente com a planilha eletrônica Excel. Espera-se assim fornecer aos interessados contribuições para obtenção de detalhados orçamentos de referência com base em projetos básicos de engenharia, de forma consistente e precisa, atendendo a legislação vigente e qualificando o processo de licitação pública, trazendo ganhos à sociedade brasileira.

Palavras-chave: Engenharia de Custos. BIM 5D. SINAPI

ABSTRACT

The elaboration of the reference cost estimate of a public work comply with legal constraints and minimize the possibility of under-invoicing or over-invoicing, guarantee a work feasible and not overpriced. This assertion gains greater magnitude if the resource is the General Budget of the Union (OGU), and the reference budget must meet a series of restrictions and regulations provided for in federal legislation, such as the limitation of unit costs to cost compositions of the National System of Costs and Civil Construction Indices (SINAPI), maintained by Caixa Econômica Federal (CEF). However, this stage of project planning may present deficiencies. In this way, contributions are made for the elaboration of reference cost estimate of public works observing the new methodology of factor tree of the SINAPI, using the building information modelling in fifth dimension (BIM 5D) with the elements of the model modeled until a level of development (LOD) of 300. For demonstration and testing of proposed contributions, it will be compared the budget obtained in the Research versus the budgeted by CEF using three real projects, whose architectural and structural disciplines were modeled by the Institution at a high level of development of the elements, bigger then LOD 300. The BIM tools used will be Autodesk Revit and Navisworks along with the Excel spreadsheet. It is hoped to provide stakeholders contributions to obtain detailed reference budgets based on basic engineering projects, consistently and accurately, complying with current legislation and qualifying the public bidding process, bringing gains to the Brazilian Society.

Keywords: Engineering Costs. BIM 5D. SINAPI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Recursos executados via PAC, Quadriênio 2015-2018, até junho de 2017.....	33
Figura 2 - Imagens de Obras públicas executadas via contrato de repasse na região Sul de Santa Catarina.....	35
Figura 3 - Fluxograma - Revisão bibliográfica	41
Figura 4 - Inauguração do Complexo Datacenter do Banco do Brasil e CEF	48
Figura 5 – Modelo de Orçamento Sintético, segundo entendimento do TCU.....	51
Figura 6 - Estrutura sintética de discriminação orçamentária	52
Figura 7 – Exemplo de composição de custo unitário.....	53
Figura 8 - Composição 90729, SINAPI. Base: Desonerado Fevereiro/2017	56
Figura 9 - Composição 2003869, novo SICRO. Base: Onerado Julho/2017.....	56
Figura 10 – Detalhe da Composição de encargos sociais - Santa Catarina	57
Figura 11 - Composição de Encargos Complementares – Mão de Obra – Servente.....	58
Figura 12 - Árvore de fatores do serviço de contrapiso, composição 87620.....	64
Figura 13 - Desdobramento da rede de composições para o serviço de contrapiso sobre laje.....	64
Figura 14 - Composição representativa do serviço de alvenaria	65
Figura 15 - Edificação Habitacional Unifamiliar com vários tipos de paredes.....	66
Figura 16 - Vistas criadas em ambiente CAD.....	70
Figura 17 - Exemplo de classificação LOD para o elemento Coluna Estrutural de Aço.....	79
Figura 18 - Utilização da codificação OmniClass no Revit. Exemplo para porta.....	82
Figura 19 - Exemplo de proposta de classificação	84
Figura 20 – Os três conceitos da tecnologia da buildingSMART	85
Figura 21 - Teste de exportação e reimportação	87
Figura 22 - Modelo estrutural com fôrmas instanciadas em pavimento tipo	89
Figura 23 - Vista com lista de quantidade associada.....	94
Figura 24 - Demonstração dos Subitens das Famílias.....	95

Figura 25 - Cadastramento das composições na biblioteca de materiais do Revit.....	96
Figura 26 - Criação dos elementos construtivos no Revit.....	96
Figura 27 - Plug-in SINAPI.....	98
Figura 28 - Fluxograma – Método Proposto.....	101
Figura 29 - Modelos utilizados na simulação e validação.....	104
Figura 30 - Fluxograma – Simulação.....	111
Figura 31 - Configuração do parâmetro Nota-chave (Key-note).....	114
Figura 32 - Configuração da Biblioteca de Materiais.....	116
Figura 33 – Estrutura de materiais de um elemento parede.....	117
Figura 34 – Parametrização da família do Revit.....	118
Figura 35 - Exemplo de parâmetros de instância criados para a EAP e Cód. SINAPI.....	119
Figura 36 – Tabela de quantitativos com parâmetros de elementos e de materiais.....	121
Figura 37 - Árvore de fatores da composição 87417 - Aplicação de gesso em paredes.....	123
Figura 38 - Template para configuração de catálogos no Navisworks	124
Figura 39 – Catálogo SINAPI conforme sua árvore de fatores. Opção 1.....	125
Figura 40 - Catálogo SINAPI conforme sua árvore de fatores. Opção 2.....	126
Figura 41 - Estrutura básica de um orçamento analítico para obras de edificações.....	127
Figura 42 - Template do Navisworks para configuração de catálogos. Ex. Orçamento Analítico.....	128
Figura 43 – Orçamento Analítico estruturado em dois níveis de macro itens.....	129
Figura 44 - Criação da EAP diretamente no Navisworks.....	129
Figura 45 – Guarita para simular a quantificação de alvenaria.....	130
Figura 46 - Árvore de fatores da composição 87520 - Alvenaria de vedação.....	131
Figura 47 - Passos para quantificação do serviço de alvenaria > 6m ² com vão.....	131
Figura 48 - Catálogo SINAPI - Busca do serviço de alvenaria.....	132
Figura 49 - Chave de pesquisa utilizando ferramenta Find Itens do Navisworks.....	133
Figura 50 – Elementos de paredes vinculadas à composição 87520...	133
Figura 51 - Linha de programação da chave de pesquisa para Alvenaria.....	134

Figura 52 – Verificação individual do elemento Parede utilizando a ferramenta Propriedades do Navisworks (Shift + F7).....	135
Figura 53 – Mapeamento de parâmetros	136
Figura 54 – Relatório exportado do Navisworks com os serviços quantificados por elementos e Serviços SINAPI.....	137
Figura 55 - Relatório exportado do Navisworks com os serviços quantificados apenas por Serviços SINAPI.....	138
Figura 56 – Parte de um orçamento de referência para o serviço de alvenaria de vedação	139
Figura 57 - Fluxograma - Demonstração e testes.....	141
Figura 58 - Projetos de CRAS executados no país.....	144
Figura 59 - Projetos de Creche Tipo C executados no país.....	144
Figura 60 - Detalhe de corte do prédio, terceiro andar.....	146
Figura 61 - Camada de material com o código SINAPI no campo Nota-Chave	146
Figura 62 - Serviços de fôrmas e vigas cintamento modeladas separadamente	147
Figura 63 - Relatório do orçamento extraído do Navisworks (Creche)	151
Figura 64 - Projeto 9672 - R4-2B-49C Prédio	152
Figura 65 - Navegador Selection Tree e Sets criados.....	153
Figura 66 - Elementos de parede representando a alvenaria	154
Figura 67- Parede modelada com área > 6m ² e área real inferior	154
Figura 68 - Parede sem vão erroneamente modelada com vão	155
Figura 69 - Parede com vão erroneamente modelada sem vão	155
Figura 70 - Elemento único de parede.....	156
Figura 71 - Resumo visual de alvenaria, CEF (1) x Pesquisa (2).....	156
Figura 72 - Seleção manual do revestimento interno	158
Figura 73 - Modelagem CEF x Quantificação adotada na Pesquisa. Destaque contrapiso 3cm área molhada	159
Figura 74 - Modelagem representativa da impermeabilização.....	161
Figura 75 - Fórmula criada para quantificar as fôrmas dos pilares	162
Figura 76 - Projeto 10619: Centro de Referência de Assistência Social (CRAS).....	164
Figura 77 - Navegador Selection Tree e Sets criados (CRAS).....	165
Figura 78 - Pesquisa com comando Find Itens, para forros de 5 a 10m ²	166
Figura 79 - Parede do revestimento modelada com critério de área superior ao real.....	168
Figura 80 - Projeto 10639 Creche FNDE Tipo C.....	170

Figura 81 - Navegador Selection Tree e Sets criados, exceto paredes	171
Figura 82 - Navegador Sheet Browser e Sets para pesquisa de paredes no arquivo remodelado	172
Figura 83 - Aplicação de parâmetro indicativo de presença de vãos em várias paredes simultaneamente.....	173
Figura 84 - Paredes em edição, editadas e remodelagem final da Creche	173
Figura 85 - Revestimento interno cerâmico e pintura.....	177
Figura 86 - Revestimento externo de pintura, Sem Vãos.....	177
Figura 87 - Detalhe de especificação e planta baixa presentes no projeto convencional do FNDE.....	179
Figura 88 - Quantificação da cumeeira utilizando arquivo PDF no Navisworks	180
Figura 89 - Porta PM1 Não modela, prevista no projeto 2D, e orçada por levantamento virtual.....	181
Figura 90 - Vigas de concreto modeladas: (I) todo o projeto; (II) Apenas baldrame.....	183
Figura 91 - Alvenaria utilizada para orçar o serviço de chapim de concreto.....	184
Figura 92 - Árvore de Fatores para concretagem de pilares.....	188
Figura 93 - Classificação de alguns elementos nos LOD 300 a 400...	189

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Marco legal licitações públicas	43
Tabela 2 - Faixa admissível do BDI - Acórdão 2622/2013 TCU Plenário	60
Tabela 3 - Aplicações possíveis com a tecnologia BIM.....	77
Tabela 4 - Propriedades de custo para um objeto qualquer – Padrão OmniClass	82
Tabela 5 - Programas comerciais	88
Tabela 6 - Estudos publicados sobre a Modelagem 5D, com calibração do modelo.....	93
Tabela 7 - Estudos publicados sobre a Modelagem 5D, apenas abordagem teórica	93
Tabela 8 - Resumo de Alvenaria, CEF x Pesquisa.....	156
Tabela 9 - Resumo revestimento externo, CEF x Pesquisa	157
Tabela 10 - Resumo de serviços, CEF x Pesquisa.....	158
Tabela 11 - Resumo orçado, CEF x Pesquisa.....	163
Tabela 12 - Comparativo de serviços discrepantes, CEF x Pesquisa ..	168
Tabela 13 - Resumo orçado, CEF x Pesquisa.....	169
Tabela 14 - Resumo de alvenaria principal da edificação, CEF x Pesquisa.....	174
Tabela 15 - Resumo de alvenaria complementar da edificação, CEF x Pesquisa.....	175
Tabela 16 - Serviços de revestimento orçados, CEF x Pesquisa	176
Tabela 17 - Critérios e fórmulas utilizados para quantificar serviços de fôrmas.....	182
Tabela 18 - Critério e fórmulas utilizadas para quantificar as armaduras das vigas	182
Tabela 19 - Resumo orçado, CEF x Pesquisa.....	185
Tabela 20 - Sugestão de parâmetros para aplicação do método	193

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACE - American Association of Cost Engineering
ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC - Empresas de Arquitetura, Engenharia, Construção
AECO - Empresas de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AGC - American General Contractors
AIA - American Institute of Architects
API - Application Programming Interface
BDI - Benefícios e Despesas Indiretas
BDTD - Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BEM - Building Elements Modelling (Modelagem dos Elementos da Construção)
BIM - Building Information Modelling (Modelagem da Informação da Construção) ou Building Information Model (Modelo da Informação da Construção) ou Building Information Management (Gestão da Informação da Construção)
CAD - Computer Aided Design
CAP - Cimento Asfáltico de Petróleo
CD - Custos Diretos
CEF - Caixa Econômica Federal
CI - Custos Indiretos
CNAE - Classificação Nacional de Atividade Econômica
CPRB - Contribuição previdenciária sobre a receita bruta
CSI - Construction Specifications Institute
CSC - Construction Specifications Canada
DASP - Departamento Administrativo do Serviço Público
DBB - Design-Bid-Build
DBMS - Data Base Management System
EAP - Estrutura Analítica de Projeto
EPIC - Electronic Product Information Cooperation
FDTE - Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia, ligada à USP
GEPAD - Gerência Nacional de Padrões e Normas Técnicas de Engenharia, ligada à CEF
GIGOVCR - Gerência Negocial e Executiva de Governo de Criciúma/SC, ligada à CEF
GLP - Gás Liquefeito de Petróleo
GSA - General Service Administration

IAI - Industry Alliance for Interoperability
IAI - International Alliance for Interoperability
IBEC - Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos
IBICT - Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IFC - Industry Foundation Class
IFC - International Finance Corporation
IFD - International Framework for Dictionaries
IDM/MVD - Information Delivery Manual / Model View Definition
LOD - Level of Development
LDO - Lei de Diretrizes Orçamentárias
MDIC - Ministério da Indústria e Comércio Exterior
NIBS - National Institute of Building Sciences
OGU - Orçamento Geral da União
PAC - Programa de Aceleração do Crescimento
PCP - Planejamento e controle da produção
PPP - Public Private Partnerships ou Parceria Público Privada
RDC - Regime Diferenciado de Contratações
RSMeans - RSMeans Building Construction Cost Data
RUP - Razão Unitária de Produção
SEAP - Secretaria de Estado da Administração e do Patrimônio
SICRO - Sistema de Custos Referenciais de Obras
SGBD - Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da
Construção Civil
SRP - Sistema de Registro de Preços
STF - Supremo Tribunal Federal
TCPO - Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos
TCU - Tribunal de Contas da União
TPS - Terminal de Passageiros
USP – Universidade de São Paulo
VBA - Visual Basic for Application
WBS - Work breakdown structure

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
1.1 MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA	29
1.2 PROBLEMA DA PESQUISA E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	32
1.3 OBJETIVOS	37
1.3.1 Objetivo Geral	37
1.3.2 Objetivos Específicos	37
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	38
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	39
2 REFERENCIAL TEÓRICO	41
2.1 MARCO LEGAL NA FORMA DE CONTRATAÇÃO PELO PODER PÚBLICO.....	42
2.1.1 Lei 8666/1993 (Lei de Licitações)	43
2.1.2 Lei 10520/2002 (Lei do Pregão)	44
2.1.3 Lei 12462/2012 (Regime Diferenciado de Contratações)	45
2.1.4 Sistema de Registro de Preços.....	46
2.1.5 Lei 8987/1995 (Lei das Concessões).....	46
2.1.6 Lei 11079/2004 (Parcerias Público-Privadas)	46
2.1.7 Estruturação de Concessões e PPP.....	48
2.1.8 Aplicabilidade de orçamento de referência de obra pública aos instrumentos legais	48
2.2 ENGENHARIA DE CUSTOS	49
2.2.1 Engenharia de Avaliações, Econômica e de Custos	49
2.2.2 Orçamento e Processo Orçamentário	50
2.2.3 Tipos de Orçamentos.....	50
2.2.4 Discriminação Orçamentária.....	51
2.2.5 Estimativa de Quantitativos de Serviço.....	52
2.2.6 Composições de Custos Unitários.....	53
2.2.7 Banco de Dados para Composições	54
2.2.8 Insumos Básicos da Construção Civil - Materiais, Equipamentos e Mão de Obra.....	56
2.2.9 Preço Horário da Mão de Obra - Regime de Tributação Onerado e Desonerado.....	56
2.2.10 Custos Diretos e Indiretos	58
2.2.11 Benefícios e Despesas Indiretas (BDI).....	59
2.3 ENGENHARIA DE CUSTOS APLICADA A OBRAS PÚBLICAS	59
2.3.1 BDI em Obras Públicas	59

2.3.2	Projetos Básico e Executivo: Lei de Licitações (Lei 8666/1993) x Regime Diferenciado de Contratações (Lei 12462/2011).....	61
2.3.3	Administração Local, Mobilização, Desmobilização e Canteiro de Obras.....	62
2.3.4	SINAPI.....	63
2.3.5	Orçamento de Referência.....	66
2.3.5.1	Critérios para Geração de Orçamento de Referência via Ferramenta BIM.....	68
2.4	BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM).....	69
2.4.1	Introdução.....	69
2.4.2	Definição e Conceitos.....	72
2.4.3	Dimensões BIM - Do 3D ao nD.....	74
2.4.4	Níveis de Desenvolvimento (LOD).....	78
2.4.5	Objetos Paramétricos e Biblioteca Digital.....	80
2.4.6	Sistemas de Classificação da Informação.....	81
2.4.7	Interoperabilidade.....	84
2.4.8	Ferramentas BIM.....	87
2.4.9	Especificidades na Modelagem 5D.....	88
2.4.10	Modelagem 4D x 5D.....	90
2.4.11	Estado da Arte na Modelagem 5D Indexado a Custos Unitários de Referência.....	90
2.4.12	Lacunas a Serem Pesquisadas.....	99
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	101
3.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	101
3.2	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	102
3.3	PROGRAMAS ADOTADOS NA PESQUISA.....	102
3.4	PROJETOS UTILIZADOS NA PESQUISA: FASES DE SIMULAÇÃO E DEMONSTRAÇÃO E TESTES.....	103
3.5	NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM (MÁXIMO LOD 300).....	104
3.6	DEFINIÇÃO DOS SERVIÇOS A INCLUIR NO ORÇAMENTO.....	105
3.7	CRIAÇÃO DA EAP E INCLUSÃO DAS COMPOSIÇÕES SINAPI AO MODELO.....	106
3.8	VINCULAÇÃO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DAS COMPOSIÇÕES SINAPI AOS ELEMENTOS MODELADOS.....	107
3.8.1	Acesso à Base de Dados do SINAPI.....	107
3.8.2	Relacionamento do Banco de Dados do SINAPI com o Modelo.....	107
3.8.3	Opção Adotada para a Pesquisa.....	109
3.9	GERAÇÃO DO ORÇAMENTO DE REFERÊNCIA.....	109
3.10	DIRETRIZES.....	109

4 SIMULAÇÃO UTILIZANDO AS FERRAMENTAS BIM.....	111
4.1 CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE REVIT QUE INTERFEREM NO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO	112
4.1.1 Famílias	112
4.1.2 Parâmetros.....	112
4.2 SIMULAÇÃO COM A FERRAMENTA REVIT	113
4.2.1 Inclusão do Código SINAPI ao Modelo.....	114
4.2.2 Tentativa para Inserção do Custo Unitário SINAPI no Modelo no Revit.....	120
4.2.3 Tentativa para Geração do Orçamento de Referência	120
4.3 SIMULAÇÃO COM A FERRAMENTA NAVISWORKS E ESTRUTURAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES PROPOSTAS.....	121
4.3.1 Critérios Gerais	121
4.3.2 Características das Árvores de Fatores do SINAPI.....	122
4.3.3 Estruturando o Catálogo SINAPI para Utilização no Navisworks.....	123
4.3.4 Estruturando o Catálogo da EAP do Orçamento de Referência.	126
4.3.5 Realizando a Quantificação com Base na Árvore de Fatores do SINAPI.....	130
4.3.6 Formas de Pesquisa de Elementos.....	134
4.3.7 Configurações Complementares.....	135
4.3.8 Atualização do Modelo e Quantitativos	136
4.3.9 Exportando as Quantidades	137
4.3.10 Associação do Custo Unitário do SINAPI e Geração do Orçamento de Referência.....	138
5 DEMONSTRAÇÃO E TESTES DAS CONTRIBUIÇÕES PROPOSTAS.....	141
5.1 CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS UTILIZADOS NA VALIDAÇÃO.....	142
5.2 CARACTERÍSTICAS DA MODELAGEM REALIZADA PELA CEF	145
5.2.1 Projeto 9672 - R4-2B-49C – Prédio	145
5.2.2 Projeto 10619 – CRAS.....	147
5.2.3 Projeto 10639 - Creche FNDE Tipo C	147
5.3 CRITÉRIOS ADOTADOS PARA ELABORAÇÃO DOS ORÇAMENTOS - DEMONSTRAÇÃO E TESTES	148
5.4 GERAÇÃO DO ORÇAMENTO DE REFERÊNCIA.....	151
5.5 PRÉDIO	152
5.5.1 Árvore de Seleção dos Elementos e Criação dos Sets.....	152
5.5.2 Quantificação de Paredes de Alvenaria.....	153

5.5.3	Quantificação de Paredes de Revestimento Externo e Interno....	157
5.5.4	Quantificação de Pisos, Forros e Revestimento de Teto.....	158
5.5.5	Quantificação de Contrapiso e Impermeabilização.....	160
5.5.6	Quantificação de Infra e Superestrutura.....	161
5.5.7	Quantificação de Vergas e Contravergas	162
5.5.8	Quantificação de Serviços Diversos.....	162
5.5.9	Análise dos Resultados	162
5.6	CRAS	163
5.6.1	Árvore de Seleção dos Elementos e Criação dos Sets.....	164
5.6.2	Quantificação dos Serviços.....	166
5.6.3	Serviços com Resultados Discrepantes	167
5.6.4	Análise dos Resultados	168
5.7	CRECHE FNDE TIPO C.....	169
5.7.1	Árvore de Seleção dos Elementos e Criação dos Sets.....	170
5.7.2	Ajustes na Modelagem.....	171
5.7.3	Quantificação de Paredes, Painéis e Vergas.....	173
5.7.4	Quantificação dos Revestimentos Externos, Internos e Rodapé.....	175
5.7.5	Quantificação da Pintura.....	178
5.7.6	Quantificação de Pavimentação	178
5.7.7	Quantificação de Coberturas	180
5.7.8	Quantificação de Esquadrias	181
5.7.9	Quantificação de Estruturas	182
5.7.10	Quantificação de Impermeabilização e Chapim (Pingadeira).....	183
5.7.11	Quantificação dos Demais Serviços.....	184
5.7.12	Análise dos Resultados	184
6	DIRETRIZES PARA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO.....	187
6.1	ORÇAMENTO DE REFERÊNCIA E ÁRVORE DE FATORES DO SINAPI.....	187
6.2	<i>LEVEL OF DEVELOPMENT</i> (LOD) E PROJETO BÁSICO DE ENGENHARIA	188
6.3	ESFORÇO DE MODELAGEM X QUANTIFICAÇÃO 2D.....	190
6.4	TÉCNICAS DE MODELAGEM.....	190
6.5	PARÂMETROS DE TEXTO	191
6.6	DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	193
7	CONCLUSÕES.....	195
7.1	ATENDIMENTO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS.....	195
7.2	RESULTADOS OBTIDOS COM OS PROCEDIMENTOS DE SIMULAÇÃO, DEMONSTRAÇÃO E TESTES	196
7.3	COM RELAÇÃO ÀS DIRETRIZES E LIMITAÇÕES	197
7.4	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	197

REFERÊNCIAS	199
APÊNDICE A - ORÇAMENTO CRAS: CEF X PESQUISA	219

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA

Excetuados os regimes de concessões públicas, a contratação de qualquer obra pública é precedida da elaboração de um orçamento-base ou orçamento de referência que servirá de paradigma para a administração pública fixar os critérios de aceitabilidade de preço no edital, sendo este orçamento a principal referência para a análise das propostas das empresas participantes na fase externa do certame licitatório. Segundo o Tribunal de Contas da União:

Excetuados os regimes de concessões públicas, a contratação de qualquer obra pública é precedida da elaboração de um orçamento-base ou orçamento de referência que servirá de paradigma para a administração pública fixar os critérios de aceitabilidade de preço no edital, sendo este orçamento a principal referência para a análise das propostas das empresas participantes na fase externa do certame licitatório. Segundo o Tribunal de Contas da União:

Um orçamento de referência mal elaborado, com omissões de serviços ou com preços aviltantes, pode resultar em uma licitação deserta, devido à falta de interesse das empresas prestadoras de serviço. Ainda que a obra seja licitada e contratada com erros nos quantitativos, poderão ser necessários aditamentos contratuais durante a execução do objeto, de forma a realizar os ajustes necessários para o adimplemento do contrato. No caso de custos subestimados, em outro viés, as empresas licitantes poderão não suportar os encargos contratuais sem a revisão dos valores acordados, gerando obras inacabadas ou empresas em difícil situação econômico-financeira. Por outro lado, podem existir superestimativas de custos, seja nos quantitativos de serviços ou nos respectivos valores unitários, originando o surgimento de sobrepreço ou de superfaturamento no contrato, em suas mais variadas formas (TCU, 2014).

Além disso, de acordo com a Lei de Responsabilidade Fiscal (Brasil, 2000 art. 15) será considerada não autorizada, irregular e lesiva ao patrimônio público a geração de despesa sem a estimativa do impacto orçamentário-financeiro no exercício em que deva entrar em vigor e nos dois subsequentes, sendo esta estimativa condição prévia para empenho e

licitação de serviços, fornecimento de bens ou execução de obras. Ou seja, para realização de uma obra pública o gestor público precisa previamente empenhar os valores estimados para pagamento futuro da despesa, e um orçamento de referência adequado permite a obtenção desses valores com elevado grau de confiança. Em verdade, todo o planejamento fiscal dos entes públicos, seja nas esferas federal, estadual e municipal, e nos poderes executivo, legislativo e judiciário, deverão estar de acordo com a lei orçamentária anual e ter compatibilidade com o plano plurianual e com a lei de diretrizes orçamentárias, conforme preceitua o art. 165 da Constituição Federal (Brasil, 1988), sendo temerária a previsão de valores vultuosos nesses instrumentos legais, que normalmente são as obras públicas, sem um grau de certeza adequado. Outrossim, nenhuma obra poderá ser iniciada caso o produto esperado não estiver contemplado nas metas estabelecidas no Plano Plurianual, conforme Art. 7º, §2º, IV, da Lei de Licitações (Brasil, 1993).

Todavia, é insuficiente simplesmente estimar um custo total para uma obra pública, mesmo com razoável grau de aproximação do valor provável da mesma, se esse processo de orçamentação não seguir diversas formalidades exigidas em lei. Tal afirmação ganha maior importância, se os recursos de custeio da obra forem provenientes do Orçamento Geral da União, o que sujeita o Gestor Público ao controle externo do TCU e controle interno da Controladoria Geral da União (CGU), além de possíveis persecuções cível e/ou penal por parte do Ministério Público Federal e da Polícia Federal. Nesse caso, uma série de regramentos deverão ser observados, como a necessidade de limitação dos custos diretos às composições do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), mantido pela Caixa Econômica Federal (CEF), e do Sistema de Custos Rodoviários (SICRO2), mantido pelo DNIT, no caso de obras de infraestrutura de transporte, conforme Decreto Federal 7983 (Brasil, 2013a); a limitação do percentual global de BDI e seus componentes individualmente ao Acórdão 2622 (TCU, 2013a); e a observância da Súmula 258 a qual define que:

As composições de custos unitários e o detalhamento de encargos sociais e do BDI integram o orçamento que compõe o projeto básico da obra ou serviço de engenharia, devem constar dos anexos do edital de licitação e das propostas das licitantes e não podem ser indicados mediante uso da expressão ‘verba’ ou de unidades genéricas (TCU, 2010c).

No caso das empresas estatais, a recente publicação da Lei 13303 (Brasil, 2016b), que dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e do Município, passou a exigir também o uso do SINAPI e SICRO em suas licitações.

Os exemplos anteriores são apenas alguns dos diversos normativos legais que orientam a fase de engenharia de custos de obras públicas e, segundo José Tadeu da Silva, presidente do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, toda a atividade de contratação de obras e serviços de engenharia

[...] é complexa. As pessoas que não trabalham na área não compreendem a quantidade de detalhes que um projeto básico, um projeto executivo, um memorial descritivo e um orçamento devem ter para que uma obra de engenharia seja feita com segurança, economicidade e técnica, ou seja, com a qualidade necessária que deve apresentar uma boa obra de engenharia (IBEC, 2013).

Entretanto, mesmo com todo o regramento que norteia a atividade de engenharia de custos nesse segmento, diversos são os problemas decorrentes de orçamentos de referência mal elaborados, seja pela subestimativa de atividades e custos, ocasionando valores inexequíveis, como em sentido inverso, orçamentos superfaturados, ou até mesmo com valor global compatível com o mercado, porém não demonstrando a origem de quantitativos ou custos, ou não cumprindo todas as formalidades exigidas em lei, podendo ocasionar questionamentos de órgãos de controle, e em casos mais graves, frustrar o caráter competitivo de licitações. Segundo Paulo Roberto Vilela Dias, presidente do Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos:

O IBEC vem há muitos anos acusando que a Engenharia de Custos é utilizada de maneira incorreta pelos agentes públicos, o que arrasa cada dia mais a engenharia nacional e desestimula os engenheiros e outros profissionais que atuam na área (IBEC, 2013).

Por fim, há de se ponderar as diferentes características de orçamentação entre uma obra pública e uma obra privada. No segundo caso, além de inexistirem limitações legais para definição de custos, é possível previamente ajustar entre as partes o planejamento da obra, os métodos construtivos a serem empregados, plano de ataque, etc. No caso de obras públicas, é necessário estimar o custo de reprodução de um bem, considerando um método construtivo para realizá-lo, o que não necessariamente será o seguido pelo construtor, em que pese a sua obrigação teórica de segui-lo. A construção de uma laje maciça é um exemplo. O orçamentista pode optar na fase de projeto por um sistema de escoramento em madeira, em detrimento a um metálico, e utilizar a composição pertinente na elaboração do orçamento de referência. Os participantes do certame precisam elaborar suas propostas utilizando o escoramento em madeira. A Empresa vencedora deveria construir a obra utilizando o escoramento de madeira, ainda que tenha excelente know-how em escoramento metálico e tenha feito grandes investimentos na aquisição deste produto, o que lhe permitiria até mesmo ofertar uma proposta menor. E caso deseje construir com outra tipologia de escoramento, precisará realizar reprogramação contratual, com aditivos de acréscimo e supressão, podendo suscitar futuros questionamentos de órgãos de controle. Já para o usuário da edificação o método construtivo seria irrelevante, pois o que importa é o produto final acabado e de acordo com as especificações de projeto.

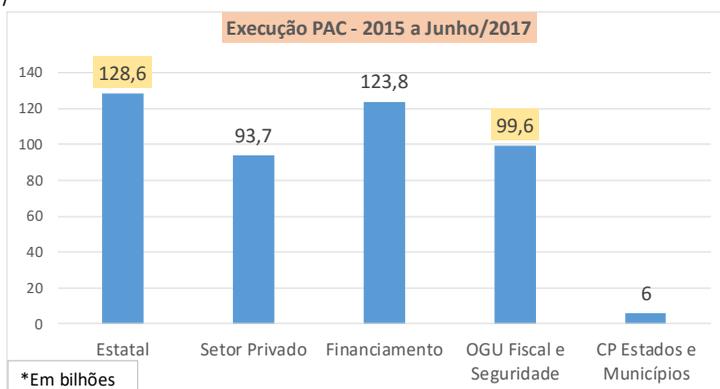
Dentro deste cenário o orçamento de referência deve ser elaborado, com previsão dos serviços e respectivas especificações do projeto, seus quantitativos e seus custos diretos acrescidos de BDI limitado às restrições legais. Deve ainda obedecer diversos princípios constitucionais e legais, como legalidade, impessoalidade, isonomia, moralidade, publicidade, e vinculação ao instrumento convocatório. Tudo isso para garantir um empreendimento exequível, porém não superfaturado, a um preço socialmente justo, que segundo Dias (2011) é aquele que atende a população brasileira, ao cidadão e principalmente aos trabalhadores na construção, garantindo uma obra de padrão de qualidade adequada e remuneração justa aos profissionais de acordo com nossa legislação.

1.2 PROBLEMA DA PESQUISA E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Segundo o Ministério do Planejamento (MPDG, 2017), até 30 de junho de 2017 o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) executou 452,9 bilhões de reais, ou 65,6%, do orçamento previsto para o quadriênio 2015-2018, conforme Figura 1. Deste total: 99,6 bilhões são

recursos provenientes do OGU Fiscal e da Seguridade¹, em que o uso do SINAPI é obrigatório no caso de obras públicas; 123,8 Bilhões são provenientes de Financiamentos ao Setor Público e Privado, em que o SINAPI é balizador quando a fonte de recurso é o FGTS; e 128,6 bilhões são recursos das estatais, em que a partir de 2016 o SINAPI se tornou obrigatório como limitador dos custos unitários dos orçamentos de referência licitados por essas empresas (Brasil, 2016b art. 31 § 2º). A contrapartida de 6 bilhões de reais dos Estados e Municípios segue a mesma regra no investimento em que é alocada.

Figura 1 - Recursos executados via PAC, Quadriênio 2015-2018, até junho de 2017



Fonte: MPDG, 2017 (Com adaptações)

Outra fonte de recursos federais relevantes para obras públicas são as emendas parlamentares dos senadores e deputados federais. Segundo o Congresso Nacional (2016 p. 5), para o então Projeto de Lei Orçamentária Anual de 2017, materializado na Lei Orçamentária Anual de 2017 (Brasil, 2017a), cada parlamentar pôde destinar R\$ 15.319.538,00 do Orçamento Geral da União para obras e outras ações

¹ Segundo a Constituição Federal, art. 165, parágrafo 5º, (Brasil, 1988), a lei orçamentária anual compreenderá: I - o orçamento fiscal referente aos Poderes da União, seus fundos, órgãos e entidades da administração direta e indireta, inclusive fundações instituídas e mantidas pelo Poder Público; II - o orçamento de investimento das empresas em que a União, direta ou indiretamente, detenha a maioria do capital social com direito a voto; III - o orçamento da seguridade social, abrangendo todas as entidades e órgãos a ela vinculados, da administração direta ou indireta, bem como os fundos e fundações instituídos e mantidos pelo Poder Público.

previstas no Plano Plurianual de 2016-2019 (Brasil, 2016a). Os recursos são transferidos diretamente aos Municípios e Estados mediante a celebração de convênios e contratos de repasse, com valores mínimos de R\$ 100 mil, ou de R\$ 250 mil no caso de obras e serviços de engenharia, conforme Decreto 6170 (Brasil, 2007 art. 2º, inciso I). Os instrumentos são semelhantes, porém nos contratos de repasse as instituições financeiras oficiais federais atuam como mandatárias da União para execução e fiscalização dos contratos, sendo a CEF a principal operadora desta modalidade segundo a Confederação Nacional dos Municípios (CNM, 2017 p. 2) e Tribunal de Contas da União (TCU, 2016a p. 12). Considerando o número de congressistas, o valor representa mais de 9 bilhões de reais por ano, sendo parte expressiva deste valor destinada às obras públicas. Além das emendas, os próprios ministérios também firmam convênios e contratos de repasse com Estados e Municípios utilizando os recursos de suas Pastas. Somando-se os recursos provenientes do OGU PAC e Não PAC (emendas parlamentares e orçamentos dos ministérios), tem-se dezenas de bilhões de reais destinados às obras públicas. Com o advento da Portaria 424 (Brasil, 2016c), a execução de obras e serviços de engenharia deve ocorrer obrigatoriamente por contrato de repasse, conforme artigo 54, com exceções previstas no artigo 9º, aumentando o controle e necessidade de observância dos regramentos federais pertinentes, notadamente o uso do SINAPI e formalidades quanto à elaboração do orçamento de referência.

Segundo o Ministério do Planejamento (MPDG, 2017), no quadriênio 2015-2018 apenas no Eixo Infraestrutura Social e Urbana foram concluídos via OGU PAC e Não PAC 3.518 creches (R\$ 3,7 bilhões), 3.819 quadras esportivas (R\$ 1,5 bilhão), 19.328 Unidades Básicas de Saúde (R\$ 3,6 Bilhões), e 604 Unidades de Pronto Atendimento (R\$ 1,2 Bilhão), totalizando 10 bilhões de reais executados de 22 bilhões já contratados. A Figura 2 ilustra algumas obras públicas executadas via contrato de repasse em municípios do sul de Santa Catarina.

Figura 2 - Imagens de Obras públicas executadas via contrato de repasse na região Sul de Santa Catarina



Fonte: Autor

Mesmo com grandes investimentos sob sua responsabilidade, é notória a dificuldade que a administração pública tem de realizar as obras dentro dos padrões desejados de qualidade, custos e prazos, segundo Santos (2015 p. 1). O Autor identificou nos resultados de sua pesquisa e na literatura revisada que inconsistências no orçamento de referência estiveram entre as causas relevantes dessas dificuldades. Para o TCU (2014 p. 6) este documento é a peça de fechamento do projeto, traduzindo-o em termos econômicos e financeiros, servindo como guia para o particular elaborar sua proposta de preço na fase do certame, e como ferramenta de controle da Administração no acompanhamento das obras.

Em paralelo, o Governo Federal instituiu recentemente o *Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling*, por meio de Decreto não numerado de 05 de junho de 2017 (Brasil, 2017c)², cuja primeira reunião ocorreu em 11 de outubro de 2017³, a qual aprovou

² Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Dsn/Dsn14473.htm

³ Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/noticias/2798-comite-define-diretrizes-para-novo-modelo-de-gestao-na-construcao-civil>

o regimento interno do colegiado e a formação dos grupos de trabalho. O Comitê visa a formulação da *Estratégia Nacional de Disseminação BIM*, e tem como proposta lançar em 2018 uma plataforma de acesso público e gratuito, via internet, com recursos de download e upload de objetos virtuais e *templates*, e um sistema de gerenciamento e validação de bibliotecas BIM⁴. Os pilares dessa iniciativa remontam o lançamento do Plano Brasil Maior em 2011 (MDIC, 2014), o qual previa o desenvolvimento de uma biblioteca digital BIM pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) em parceria com o Ministério da Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), e ainda a implantação do sistema de classificação da informação da construção (Atualização da NBR 15965)⁵. O próprio Tribunal de Contas da União (2014 p. 42) já se manifestou sobre as vantagens da utilização da tecnologia BIM no processo de orçamentação, melhorando a precisão da quantificação, reduzindo a variabilidade do orçamento e aumentando sua velocidade de elaboração.

Ainda em paralelo, a CEF está revisando o banco de dados do SINAPI (CEF, 2017b p. 9). Este trabalho está sendo desenvolvido pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia (FDTE), ligada à Universidade de São Paulo (USP), sob coordenação do Prof. Ubiraci Espinelli de Souza (FDTE, 2013). A nova metodologia de utilização do SINAPI prevê o uso de árvore de fatores⁶, o que gera um aumento expressivo no número de composições.

Considerando como problema de pesquisa a ser enfrentado as dificuldades que a Administração Pública enfrenta no processo de elaboração dos orçamentos de referência, e as deficiências que o produto resultante apresenta, e considerando ainda o retorno social gerado à população brasileira pela realização de obras públicas, os valores expressivos de recursos públicos envolvidos, a obrigatoriedade de

⁴ Esta pesquisa adota o termo BIM no gênero masculino quando se referir ao Modelo de Informação da Construção (Ex. o BIM), e no gênero feminino quando se referir a Modelagem da Informação da Construção (Ex. a BIM), ou ainda, acrescenta substantivo o qual se deseja referir (Ex. a tecnologia BIM; as ferramentas BIM etc.)

⁵ A Comissão de Estudos Especiais BIM (CEE 134) na ABNT foi instituída em 25/06/2009, por solicitação do MDIC, e vem promovendo as atualizações sobre o tema, como NBR ISO 12006 e NBR 15965 (MELLO, 2015)

⁶ A CEF fornece cadernos de composições com diagrama em formato de árvore de fatores para cada grupo de composições similares (CEF, 2017b p. 22), facilitando a escolha mais adequada a cada serviço.

utilização do SINAPI como limitador de custo, a revisão em curso deste Sistema pela CEF em parceria com a FDTE/USP, e a disseminação da tecnologia BIM incentivada pelo Governo Federal, justifica-se a pesquisa realizada, cujo objetivo geral está descrito a seguir.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Apresentar contribuições para elaboração de orçamento de referência de obra pública observando a nova metodologia de árvore de fatores do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) utilizando a modelagem da informação da construção em quinta dimensão (BIM 5D) com os elementos do projeto modelados até um nível de desenvolvimento (LOD) de 300⁷.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos são propostos:

- a) Descrever brevemente o marco legal para contratação de obras públicas; os regramentos envolvidos na engenharia de custos de obras públicas; e os conceitos, ferramentas e possibilidades de uso da tecnologia BIM no desenvolvimento de projetos, notadamente em sua quinta dimensão (BIM 5D);
- b) Desenvolver procedimento para inclusão do código de referência, descrição e unidade SINAPI ao orçamento utilizando uma ferramenta BIM de análise e planejamento, inclusive para serviços sem elementos modelados, com possibilidade de atualização e extração dos dados;
- c) Desenvolver procedimento para associar o custo unitário do SINAPI ao relatório extraído da Ferramenta BIM, obtendo o orçamento de referência final devidamente formatado, com a numeração EAP, código SINAPI,

⁷ A explicação e diferenciação acerca dos vários níveis de desenvolvimento (LOD) consta no Capítulo 2.4.4. Adotou-se o LOD 300 como limite máximo de modelagem, pois segundo Solihin e Eastman (2015 p. 71), um LOD 300 ou LOD 350 é geralmente suficiente para realização de um projeto básico.

- descrição, unidade, quantidade, custo unitário direto sem BDI e com BDI, e totais dos subitens e macro itens⁸.
- d) Simular as contribuições propostas em uma edificação de pequeno porte, com o nível de desenvolvimento (LOD) dos elementos de piso, paredes e aberturas da disciplina arquitetônica modelados até 300;
 - e) Demonstrar e testar as contribuições propostas comparando o orçamento obtido na Pesquisa com o orçado pela CEF utilizando três projetos reais, cujas disciplinas arquitetônica e estrutural foram modeladas pela Instituição em alto nível de desenvolvimento dos elementos, superior à LOD 300;
 - f) Apresentar diretrizes e recomendações básicas para utilização das contribuições propostas.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa não considera a variável tempo nem a dimensão das equipes de trabalho na obtenção do custo de reprodução das obras em estudo. É preciso diferenciar o orçamento de referência que comporá o certame do planejamento executivo realizado por cada empresa durante a construção de um empreendimento visando a racionalização de mão de obra, de materiais e de equipamentos, em que são comuns o uso de técnicas como *Rede PERT/CPM*, *Linha de Balanço*, *Gráficos de Gantt*, *Valor Agregado ou Curva S*, *Histogramas*, entre outras, bem como o uso de programas consagrados como MS-Project e Primavera. No caso da elaboração do orçamento de referência, este conterà os limites de custos estimados para a realização da obra, por meio de quantitativos de serviços e seus custos unitários, normalmente tendo como base o valor obtido em composições de tabelas oficiais, como SINAPI e SICRO, acrescidos da remuneração do empreendedor e despesas indiretas (BDI). Naturalmente, é perfeitamente possível utilizar os coeficientes das composições SINAPI para obter as quantidades globais de homem-hora necessários para cada serviço e realizar o completo planejamento da obra e dimensões das equipes de trabalho, inclusive integradas à um modelo paramétrico BIM

⁸ Considera-se nesta pesquisa subitem como todo e qualquer serviço que seja quantificado e precificado, como execução de alvenaria, de chapisco, de massa única, etc.; e como macro item, o agrupador de um conjunto de subitens, ou mesmo outros macro itens, como Alvenaria de Vedação, a qual está inserida em Paredes e Painéis.

4D, em que a quarta dimensão seria justamente o tempo de obra necessário. Todavia, como dito, tal estudo não será objeto de análise neste trabalho.

Os três modelos BIM fornecidos pela CEF possuíam modeladas as disciplinas de arquitetura e estrutura. As disciplinas de instalações não estavam modeladas. Quanto aos orçamentos dos três projetos disponíveis no site da CEF, os serviços vinculados às disciplinas de arquitetura e estrutura representavam mais de 80% do valor global de cada um. Considerando que este percentual permite alcançar os objetivos deste trabalho, não foram orçados e comparados os serviços de instalações para demonstração das contribuições propostas, presentes no capítulo 5.

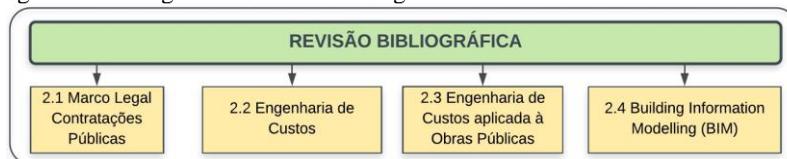
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta pesquisa é dividida em sete capítulos. O Capítulo 1 apresenta introdução ao estudo, seus objetivos e delimitação da pesquisa. O Capítulo 2 apresenta revisão bibliográfica sobre o marco legal para contratação de obras públicas, engenharia de custos e seus regramentos específicos para obras públicas, e descrição da tecnologia BIM, com ênfase na parte final para a sua quinta dimensão (BIM 5D). O Capítulo 3 apresenta o método para realização da pesquisa. O Capítulo 4 simula o uso das contribuições propostas em uma edificação de pequeno porte com as Ferramentas BIM Revit e Navisworks. O uso da primeira não atendeu o objetivo proposto, mas delineou seu caminho, o qual foi atendido com o uso da segunda ferramenta. O Capítulo 5 demonstra e testa as contribuições propostas em três projetos reais modelados pela CEF. O Capítulo 6 apresenta diretrizes básicas para implantação das contribuições propostas. E finalmente o Capítulo 7 apresenta as conclusões da pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Um aspecto fundamental em qualquer pesquisa é identificar o estado da arte em que determinado assunto se encontra na literatura, recorrendo-se a publicações de outros autores que possam contribuir no desenvolvimento da pesquisa, e até mesmo evitar a duplicidade do estudo. Delimitou-se, então, macro assuntos influenciadores do tema pesquisado, divididos em: marco legal nas contratações públicas; engenharia de custos, de forma geral e aplicada às obras públicas; e *Building Information Modelling* (BIM), com ênfase à quinta dimensão (5D). Para pesquisa desses assuntos utilizou-se diversas fontes, como: legislação federal, normas técnicas da ABNT, livros e publicações técnicas nacionais e internacionais, teses e dissertações nacionais e internacionais, e artigos científicos publicados em eventos e periódicos nacionais e internacionais. No caso de publicações acadêmicas, as principais fontes foram: Portal de Periódicos da CAPES; Banco de Teses da CAPES; Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD); ProQuest; SciELO; Scopus; ScienceDirect; Repositório de Universidades Públicas; Sítio infohab.org.br e Google acadêmico. O fluxograma com os macro assuntos revisados é mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma - Revisão bibliográfica



Fonte: Autor

Os estudos iniciaram pelo marco legal na forma de contratação pelo Poder Público, que abrange a Lei 8666/1993 (Lei de Licitações), Lei 10520/2002 (Lei do Pregão), Lei 12462/2012 (Regime Diferenciado de Contratações), Sistema de Registro de Preços (Decreto 7892/2013 que regulamenta o art. 15 da Lei 8666/93), Lei 8987/1995 (Lei das Concessões), e Lei 11079/2004 (Parcerias Público-Privada). Essa revisão foi necessária para identificar quais regramentos exigem a elaboração de orçamentos de referência com custos unitários limitados ao SINAPI, basicamente concentrados na Lei de Licitações e RDC.

O segundo assunto pesquisado foi a engenharia de custos. Seu estudo foi necessário para compreender os conceitos teóricos

relacionados, como tipos de orçamento, composições de custos, banco de dados para composições, os insumos básicos da construção civil (Mão de obra, materiais e equipamentos), regime de tributação vigente (Onerado ou desonerado), a forma de estruturar os itens e subitens em um orçamento (inclusive com legislação vigente sobre o assunto, ainda que pouco utilizada), o processo de levantamento de quantitativos físicos, a diferença dos custos diretos, custos indiretos, e os benefícios e despesas indiretas (BDI).

O terceiro assunto estudado foi apenas uma segmentação da própria engenharia de custos, com foco específico nos regramentos para obras públicas custeadas com recursos da União. Verificou-se os regramentos e restrições sobre orçamento de referência, a necessidade de detalhamento das composições, encargos sociais e BDI, conforme Súmula 258 (TCU, 2010c) e Acórdão 2622 (TCU, 2013a), BDI diferenciado para insumos significativos, conforme Súmula 253 (TCU, 2010a), não inserção dos tributos IRPJ e CSLL no BDI, conforme Súmula 254 (TCU, 2010b), a obrigatoriedade do SINAPI, conforme Decreto 7983 (Brasil, 2013a), aspectos orçamentários sobre mobilização, desmobilização, instalação do canteiro e administração local, Curva ABC e SINAPI. Entre outros aspectos, verificou-se: as características do banco de dados do SINAPI, e sua nova metodologia de uso decorrente do trabalho de revisão em curso pela FDTE/USP, denominada árvore de fatores; o uso da Curva ABC para identificar serviços significativos de uma obra, e que por consequência devem ter maior atenção do orçamentista; e a existência de serviços necessários em um orçamento de referência, mas que não comporão o modelo BIM, como administração local, devendo ser acrescidos de forma manual ao orçamento.

O quarto assunto pesquisado foi a *Modelagem da Informação da Construção*, ou BIM, abrangendo as diversas dimensões possíveis (3D ao nD), os níveis de desenvolvimento dos elementos do modelo (LOD 100 a 500), sistemas de classificação, interoperabilidade, ferramentas BIM, e especificidades da modelagem em quinta dimensão (BIM 5D). A revisão deste assunto foi fundamental para compreender as potencialidades, limitações e utilizações do BIM no país e mundo, e principalmente, o estado da arte na modelagem 5D indexado a custos unitários.

2.1 MARCO LEGAL NA FORMA DE CONTRATAÇÃO PELO PODER PÚBLICO

A Tabela 1 sintetiza os principais instrumentos legais a serem observados em conjunto com as disposições da Constituição Federal pelo

poder público na contratação de serviços e obras públicas, nas suas três esferas e poderes, em suas administrações direta e indireta, os quais serão abordados adiante.

Tabela 1 - Marco legal licitações públicas

Ano	Legislação	Assunto
1993	Lei 8666	Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências
1995	Lei 8987	Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal
2002	Lei 10520	Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão , para aquisição de bens e serviços comuns
2004	Lei 11079	Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública
2011	Lei 12462	Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC)
2013	Decreto 7892	Regulamenta o Sistema de Registro de Preços previsto no art. 15 da Lei nº 8.666
2016	Lei 13303	Dispõe sobre o estatuto jurídico de empresas estatais

Fonte: Autor

2.1.1 Lei 8666/1993 (Lei de Licitações)

A Constituição Federal estabeleceu em seu artigo 37, inciso XXI, que:

Ressalvados os casos especificados na legislação, as obras, serviços, compras e alienações serão contratados mediante processo de licitação pública que assegure igualdade de condições a todos os concorrentes, com cláusulas que estabeleçam obrigações de pagamento, mantidas as condições efetivas da proposta, nos termos da lei, o qual somente permitirá as exigências de qualificação técnica e econômica indispensáveis à garantia do cumprimento das obrigações (Brasil, 1988).

Em 1993 esse artigo da Constituição foi regulamentado pela Lei 8666 (Brasil, 1993), instituindo normas para licitações e contratos da Administração Pública, entre outras providências. Em seu artigo 173 a Constituição Federal determinou que lei posterior:

Estabelecerá o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias que explorem atividade econômica de produção ou comercialização de bens ou de

prestação de serviços, dispondo sobre: [...] III - licitação e contratação de obras, serviços, compras e alienações, observados os princípios da administração pública (Brasil, 1988).

Somente em 2016 o estatuto jurídico para as empresas públicas foi regulamentado pela criação da Lei 13303 (Brasil, 2016b), a qual passou inclusive a exigir o uso do SINAPI nas contratações por estas empresas. Até então, a Lei 8666 era aplicável a todos os poderes, esferas, e suas administrações direta e indireta, inclusive suas fundações, autarquias, empresas públicas, sociedades de economia mista e suas subsidiárias, em que pese o TCU ter flexibilizado o uso irrestrito dos dispositivos da Lei 8666, no caso das estatais para contratação de serviços referentes à sua atividade-fim⁹ (ALTOUNIAN, 2011). Existem outras exceções à obrigatoriedade irrestrita da Lei 8666, como no caso das entidades do Sistema “S”¹⁰, bastando observar seus regulamentos próprios de contratação, os quais devem estar em consonância com os princípios estabelecidos no art. 37 da Constituição Federal (TCU, 1997).

No tocante à engenharia de custos, a Lei 8666 exige para a realização da licitação no mínimo a existência de projeto básico aprovado pela autoridade competente. Tal documento deverá conter, obrigatoriamente, orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados, e que expressem a composição de todos os seus custos unitários (Brasil, 1993 art. 6º e 7º).

2.1.2 Lei 10520/2002 (Lei do Pregão)

Em 2002, as medidas provisórias 2026 e 2182 foram convertidas na Lei 10520, conhecida como Lei do Pregão, criando uma nova modalidade de licitação, que possibilita maior celeridade no procedimento de contratação para bens e serviços comuns (ALTOUNIAN, 2011), entendidos como *“aqueles cujos padrões de desempenho e qualidade possam ser objetivamente definidos pelo edital,*

⁹ A PETROBRAS possui matéria própria nesse sentido, pois a aquisição de bens e serviços serão precedidos de procedimento licitatório simplificado, conforme art. 67 da Lei 9478 (Brasil, 1997), a ser definido em decreto do Presidente da República, o qual foi regulamentado com a edição do Decreto 2745 (Brasil, 1998).

¹⁰ Composto pelo SENAR; SENAC; SESC; SESCOOP; SENAI; SESI; SEST; SENAT; SEBRAE

por meio de especificações usuais de mercado”, consoante art. 1º da referida lei. Esta modalidade pode ser realizada de forma presencial, em que os licitantes se encontram fisicamente presentes no momento dos lances, ou eletronicamente, por meio de sistemas via internet. Ambas as formas foram regulamentadas respectivamente pelos Decretos Federais 3555 (Brasil, 2000b) e 5450 (Brasil, 2005), sendo aplicável subsidiariamente as normas da Lei 8666/1993. Também nesta modalidade é necessário a elaboração de um orçamento de referência, como aponta o art. 3º, inciso III, da Lei do Pregão.

2.1.3 Lei 12462/2012 (Regime Diferenciado de Contratações)

Em 2012, foi instituído o Regime Diferenciado de Contratações (RDC) por meio da Lei 12462 (Brasil, 2011c), regulamentado pelo Decreto 7581 (Brasil, 2011a). Previsto inicialmente para as obras da Copa do Mundo de futebol de 2014 e dos Jogos Olímpicos e Paraolímpicos de 2016, foi ampliado para as obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), de estabelecimentos penais e sócio educativos, segurança pública, mobilidade urbana, entre outros. Mesmo neste regime, permanece a necessidade de elaboração de *“orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados”*, conforme art. 2º, inciso VI, exceto na contratação integrada, ou *Turn Key* como é conhecida no meio empresarial (BAETA, 2012 p. 27), na qual o valor global estimado poderá ser *“[...] calculado com base nos valores praticados pelo mercado, nos valores pagos pela administração pública em serviços e obras similares ou na avaliação do custo global da obra, aferida mediante orçamento sintético ou metodologia expedita ou paramétrica”*, conforme art. 9º, § 2º. Em qualquer caso, consoante art. 8º § 3º, com exceções, como já ocorre para as demais formas de contratação,

O custo global de obras e serviços de engenharia deverá ser obtido a partir de custos unitários de insumos ou serviços menores ou iguais à mediana de seus correspondentes ao Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), no caso de construção civil em geral, ou na tabela do Sistema de Custos de Obras Rodoviárias (SICRO), no caso de obras e serviços rodoviários (Brasil, 2011c).

2.1.4 Sistema de Registro de Preços

Em 2013 o Decreto 7892 (Brasil, 2013b) regulamentou o art. 15 da Lei 8666 (Brasil, 1993), regrando o Sistema de Registro de Preços (SRP) no âmbito da administração pública federal direta e indireta, em que pese já fosse utilizada essa forma de contratação anteriormente. O SRP é um procedimento que viabiliza diversas aquisições, esporadicamente ou sucessivas, sem a necessidade de realizar um novo processo licitatório para cada aquisição. As modalidades podem ser pregão ou concorrência, tipo menor preço, ou técnica e preço, no caso de concorrência. Assim como o Pregão, podem ser adquiridos serviços, o que demandaria um orçamento prévio, mas nunca “obra pública”, na definição legal do termo.

2.1.5 Lei 8987/1995 (Lei das Concessões)

A Lei 8987 (Brasil, 1995) dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal. Conforme seu artigo segundo, serviços públicos podem ser delegados pelo poder concedente (União, Estados, Municípios e Distrito Federal), por concessão mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado. Essa concessão poderá ainda ser precedida de obra pública, qual seja: a construção, total ou parcial, conservação, reforma, ampliação ou melhoramento de quaisquer obras de interesse público.

2.1.6 Lei 11079/2004 (Parcerias Público-Privadas)

A Lei 11079 (Brasil, 2004) institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública, também em qualquer esfera e poder. O valor mínimo do contrato deve ser de vinte milhões, com prazo mínimo de 5 anos. Segundo seu artigo segundo, Parceria Público-Privada (PPP) é o contrato administrativo de concessão, na modalidade patrocinada ou administrativa, com as definições dadas nos parágrafos 1º e 2º, reproduzidos a seguir:

Concessão patrocinada é a concessão de serviços públicos ou de obras públicas de que trata a Lei no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, quando

envolver, adicionalmente à tarifa cobrada dos usuários contraprestação pecuniária do parceiro público ao parceiro privado. Concessão administrativa é o contrato de prestação de serviços de que a Administração Pública seja a usuária direta ou indireta, ainda que envolva execução de obra ou fornecimento e instalação de bens (Brasil, 2004).

A grande maioria das PPPs ocorre nas esferas subnacionais, com destaque para os governos estaduais e do Distrito Federal. Uma das primeiras PPP contratadas pela União sob vigência da Lei 11079 foi a construção e operação do Complexo Datacenter¹¹ da CEF e Banco do Brasil, em Brasília, inaugurado em 2013 (IFC, 2015 p. 153), com investimentos que superarão um bilhão de reais durante o prazo de concessão. Vide Figura 4. Porém, as PPP não poderão ter por objeto único a execução de obra pública ou o fornecimento de bens, os quais, isoladamente considerados, devem ser contratados a partir do regime da Lei 8.666/93, que rege a contratação convencional. (GUIMARÃES, 2016)

¹¹ A PPP do Complexo Datacenter tem como objeto a prestação de serviços de gerenciamento, manutenção e operação da infraestrutura predial, pelo prazo de 15 (quinze) anos, além da construção do complexo de prédios, fornecimento e instalação de equipamentos de infraestrutura e link externo. A modalidade de prestação de serviços adotada é chamada *colocation*, em que a contratada se obriga a alocar equipamentos de Tecnologia da Informação e de Telecomunicações (CPU, discos, robôs, entre outros) de propriedade do contratante em imóvel por ela mantido constantemente em condições seguras e adequadas para o perfeito funcionamento (TCU, 2016b).

Figura 4 - Inauguração do Complexo Datacenter do Banco do Brasil e CEF



Fonte: Wilson Dias/ABr (EBC, 2013)

2.1.7 Estruturação de Concessões e PPP

A principal diferença das duas legislações está na contraprestação pecuniária do parceiro público ao parceiro privado, no caso das PPP, enquanto na Concessão comum os custos de operação e manutenção e eventuais investimentos são remunerados e amortizados mediante a exploração do próprio serviço concedido. Embora ambos os regulamentos permitam a execução de obras públicas, o que se licita, em regra, não é o orçamento da obra. Dessa forma, o critério de julgamento das propostas ocorre pelo menor pagamento da tarifa pelo usuário, ou o maior valor de outorga a ser pago ao poder concedente pela concessão, a combinação de ambos, entre outras opções. Por conseguinte, o foco da estruturação desses projetos é baseado em complexas análises de engenharia econômica, tendo a engenharia de custos papel secundário, ao menos para o poder público concedente.

2.1.8 Aplicabilidade de orçamento de referência de obra pública aos instrumentos legais

Depreende-se da leitura anterior que o orçamento de referência de obras públicas seguindo a estruturação analítica de projetos (EAP) clássica, com base em quantitativos de serviços e custos unitários provenientes de composições de custos, é aplicável às contratações sob o regime da Lei de Licitações (Lei 8666/93), Regime Diferenciado de Contratações (Lei 12462/2011) e excepcionalmente, no caso de serviços comuns de engenharia, da Lei do Pregão (Lei 10520/2002).

2.2 ENGENHARIA DE CUSTOS

2.2.1 Engenharia de Avaliações, Econômica e de Custos

É comum entre leigos, e até mesmo entre profissionais da área, confundir conceitos de Engenharia de Avaliações, Engenharia Econômica e Engenharia de Custos. A NBR 14653-1/2001 os define como um conjunto de conhecimentos técnico-científicos especializados, aplicados à avaliação de bens; à análise e avaliação técnico-econômica de empreendimentos; e à avaliação de custos de bens e serviços; respectivamente.

A engenharia de avaliações se preocupa em estudar o valor de mercado de um bem, considerado como a quantia mais provável pela qual se negociaria voluntariamente e conscientemente esse bem, numa data de referência, dentro das condições do mercado vigente (ABNT, NBR 14653-1/2001). Este valor pode ser maior ou menor que seu custo de reprodução, sendo em regra irrelevante para o financiamento de uma obra pública, considerando as garantias diferenciadas para este tipo de operação, como Fundos de Participação dos Municípios.

A engenharia econômica é composta de vários níveis de conhecimento, como a matemática financeira, métodos de análises de investimentos, como Valor Presente Líquido, do Valor Futuro Líquido, do Valor Anual Líquido, do Benefício-custo, da Taxa Interna de Retorno, período de retorno (*Payback*), entre outros. Contempla níveis específicos que podem alterar as conclusões básicas como o Risco e a influência do Imposto de Renda (HIRSCHFELD, 2010 e OLIVO, 2013). No setor público, é muito empregada em concessões de serviços públicos e parcerias público-privadas para avaliar a viabilidade do empreendimento e garantia de uma Taxa Interna de Retorno (TIR) desejada frente à uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

A engenharia de custos estuda o custo de reprodução de um bem em determinado local e época, empregando metodologia técnico-científica adequada. Dias (2011 p. 15) a define como o ramo da engenharia que estuda os métodos de projeção, apropriação e controle dos recursos monetários necessários à realização dos serviços que constituem uma obra ou projeto, de acordo com um plano de execução previamente estabelecido. A CEF (2017b p. 3), principal agente repassador e financiador de recursos de obras públicas foco do presente estudo, a define como a especialidade que estabelece métodos e técnicas para o estudo de custos de uma obra ou empreendimento, a formação do preço

destas intervenções e o controle destes custos durante sua execução. Para a *American Association of Cost Engineering* (CEF, 2017b p. 4) é a área da engenharia em que o julgamento e a experiência são utilizados na aplicação de técnicas e princípios científicos para a estimativa, controle do custo e lucratividade.

2.2.2 Orçamento e Processo Orçamentário

O processo orçamentário tem por objetivo principal definir o custo de cada atividade do projeto global e o preço a ser praticado (Avila e Jungles, 2013 p. 31). Já o orçamento estabelece custos e preços para os produtos e serviços a serem cumpridos pelas partes ao longo do período do empreendimento (Avila e Jungles, 2013 p. 70). A técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valoração de uma grande série de itens (MATTOS, 2014 p. 22). Em geral um orçamento é determinado somando-se os custos diretos (mão de obra dos operários diretamente envolvidos nos serviços, materiais e equipamentos) com os custos indiretos (equipes de supervisão e apoio, despesas gerais do canteiro de obras, taxas, etc.), e acrescidos das demais despesas indiretas, impostos e o lucro do construtor (MATTOS, 2014 p. 22 e CERON, 2011 p. 32).

2.2.3 Tipos de Orçamentos

Segundo Marchiori (2009 p. 45), não existe uma definição consensual quanto aos tipos de orçamentos, podendo ser divididos pela fase do projeto, tipo de relatório gerado, nível de detalhamento, entre outros. Os autores seguintes os classificam da seguinte forma:

- a) Cardoso (2014 p. 169) os divide em Método Expedito, Estimativa Preliminar, Custo Unitário, Áreas Equivalentes da NBR 12721 e Estimativa Paramétrica.
- b) Mattos (2014 p. 34) os divide em Estimativa de Custo, Orçamento Preliminar e Analítico ou Detalhado.
- c) Tisaka (2011 p. 69) os classifica em Estimativa de Custo, Orçamento Preliminar, Orçamento Estimativo, Orçamento Analítico ou Detalhado e Orçamento Sintético ou Resumido.
- d) Baeta (2012, p. 41) adota os termos Estimativa de Custos, Orçamento Preliminar e Orçamento Detalhado.

Para o TCU (2014 p. 20), o orçamento sintético contém a relação de todos os serviços com as respectivas unidades de medida, quantidades e preços unitários, conforme Figura 5, e o orçamento analítico, também chamado de orçamento detalhado pelo Órgão, acrescenta as composições de custos unitários a cada serviço da planilha sintética TCU (2014 p. 22). A terminologia orçamento detalhado também é utilizada na Lei de Licitações, (Brasil, 1993 art. 6º) e Lei do RDC (Brasil, 2011c art. 2º).

Desta forma, esta pesquisa adotará a classificação utilizada pelo TCU. Assim, o orçamento de referência a ser obtido na pesquisa será um orçamento analítico, também chamado de orçamento detalhado, com base em composições de custos unitários provenientes do SINAPI.

Figura 5 – Modelo de Orçamento Sintético, segundo entendimento do TCU

Item	Discriminação	Unid.	Quantidade	Custo (R\$)	
				Unitário	Total
2	Estrutura				
2.1	Concreto	m³	100,00	197,61	19.761,00
2.2	Forma chapa compensada e=12mm, 3 reaproveitamentos	m²	1.000,00	36,10	36.100,00
2.3	Armadura em aço - CA50	Kg	10.000,00	3,49	34.900,00
2.4	Transporte e lançamento de concreto em estrutura	m³	100,00	19,28	1.928,00
2.5	Laje pré-fabricada	m²	300,00	49,02	14.706,00
Total subitem					107.395,00

Fonte: TCU (2013b p. 26)

2.2.4 Discriminação Orçamentária

A discriminação orçamentária, devidamente especificada, é a relação de materiais, equipamentos e serviços de construção, demolição ou conservação de edificações e respectivas unidades de medição, estabelecida para disciplinar a elaboração de orçamentos. É o plano de contas a partir do qual o orçamento da obra é elaborado (TCU, 2014 p. 35). No âmbito da administração pública federal, a forma de discriminar os itens num orçamento foi regulamentada pelo Decreto 92100 (Brasil, 1985), o qual instituiu o Manual de Práticas DASP¹² e estabeleceu detalhado regramento quanto à forma de discriminar, especificar e até mesmo numerar os orçamentos de edificações públicas. Posteriormente,

¹² Departamento Administrativo do Serviço Público (DASP). Foi criado em 1936 o Conselho Federal do Serviço Público Civil, que, em 1938, foi substituído pelo DASP (Bresser-Pereira, 1996).

nova regulamentação ocorreu pela Portaria 2296/1997 (SEAP, 1997) do extinto Ministério da Administração Federal e Reforma do Estado, que instituiu o Manual de Obras Públicas-Edificações - Práticas da SEAP¹³ (MATOS, 2016 p. 34), contendo os módulos Projeto, Construção e Manutenção, com a estrutura sintética do orçamento exemplificada na Figura 6, cuja exigência legal quanto à forma de estruturação de serviços não é seguida sequer pelo SINAPI (MELLO, 2015).

Figura 6 - Estrutura sintética de discriminação orçamentária

01.00.000	SERVIÇOS TÉCNICO - PROFISSIONAIS	06.03.000	Deteção e Alarme de Incêndio
		06.04.000	Sonorização
01.01.000	Topografia	06.05.000	Relógios Sincronizados
01.02.000	Geotecnia	06.06.000	Antenas Coletivas de TV e FM e TV a Cabo
01.03.000	Estudos e Projetos	06.07.000	Circuito Fechado de Televisão
01.04.000	Orçamentos	06.08.000	Sistema de Supervisão, Comando e Controle
01.05.000	Pericias e Vistorias	06.09.000	Sistema de Cabeamento Estruturado
01.06.000	Planejamento e Controle	06.10.000	Serviços Diversos
01.07.000	Maquetes e Fotos		
		07.00.000	INSTALAÇÕES MECÂNICAS E DE UTILIDADES
02.00.000	SERVIÇOS PRELIMINARES		
02.01.000	Canteiro de Obras	07.01.000	Elevadores
02.02.000	Demolição	07.02.000	Ar Condicionado Central
02.03.000	Locação de Obras	07.03.000	Escadas Rolantes
02.04.000	Terraplenagem	07.04.000	Ventilação Mecânica
02.05.000	Rebaixamento de Lençol Freático	07.05.000	Compactadores de Resíduos Sólidos

Fonte: Manual de Obras Públicas - Edificações (SEAP, 1997)

2.2.5 Estimativa de Quantitativos de Serviço

Estimar os quantitativos de serviços nos projetos é uma das principais etapas do prognóstico de custos de uma obra (MARCHIORI, 2009 p. 86), e que intelectualmente mais exigem do orçamentista porque demanda leitura de projeto, cálculos de áreas e volumes, consulta à tabelas de engenharia, ou tabulação de números (MATOS, 2014). É realizado a partir da leitura e análise de projetos, fazendo-se o cálculo das quantidades dos diversos tipos de serviços na forma estabelecida pelos respectivos critérios de medição e pagamento (TCU, 2014 p. 38). Cabe salientar que esta pode ser uma importante fonte de erros na orçamentação, pois nem sempre os orçamentos mostram de forma explícita qual foi o critério adotado para cada serviço orçado. Tomando-se como exemplo os serviços de alvenaria e revestimento, deveria estar claro no orçamento se a área adotada foi: líquida (descontando-se todos os vãos); equivalente (Utilizada pela TCPO, em que somente descontam-

¹³ Secretaria de Estado da Administração e do Patrimônio, cujas atribuições foram absorvidas pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão

se os vãos superiores a 2 m²); ou bruta (em que os vãos não são descontados). Na quantificação de armação, por exemplo, o orçamentista pode extrair os quantitativos diretamente do quadro de aço do projeto estrutural, sem se dar conta que já pode ter havido um acréscimo de perdas pelas próprias configurações do programa de cálculo, e ainda assim, acrescer novamente uma perda no indicativo de consumo de material. Para evitar tal erro de quantificação, Marchiori (2009) desaconselha a inserção de perdas no levantamento de quantitativos, afirmando que as mesmas devem ser consideradas somente no indicador de consumo do insumo (mão de obra, materiais ou equipamentos).

Desta forma, a integração entre o processo de quantificação via BIM com o SINAPI fica simples e precisa, pois, as ferramentas BIM apropriam os quantitativos de forma exata ao modelo, e o SINAPI atualmente também considera nos critérios das árvores de fatores os serviços como efetivamente realizados. No exemplo de alvenaria e revestimentos, o software BIM apropria a área líquida, e o SINAPI também considera a área líquida.

2.2.6 Composições de Custos Unitários

Para Mattos (2014 p. 62), custo unitário é o custo correspondente a uma unidade de um serviço qualquer, como 1m³ de escavação manual, 1m² de alvenaria de tijolo cerâmico, 1m de meio-fio assentado, etc. Já a composição de custos unitários é uma tabela que apresenta todos os insumos diretamente envolvidos na execução de uma única unidade do serviço. A Figura 7 apresenta um exemplo de composição de custo unitário para o serviço de revestimento cerâmico.

Figura 7 – Exemplo de composição de custo unitário

Código	Descrição da Composição					Unidade
87266	Revestimento Cerâmico para Paredes Internas com Placas Tipo Grês ou Semi-Grês de					M2
Tipo item	CÓDIGO	Descrição Item	Unid.	Coefficiente	Unit.	Custo Total
Insumo	536	Revestimento cerâmico para paredes, esmaltado, liso, brilhante, pei = 0, de *20 x 20* cm, de 1a. Qualidade	M2	1,06	17,18	18,21
Insumo	1381	Argamassa ou Cimento Colante em Pó para Fixação de Peças Cerâmicas	KG	4,86	0,28	1,36
Composição	88256	Azulejista ou Ladrilhista com Encargos Complementares	H	0,8	13,42	10,74
Composição	88316	Servente com encargos complementares	H	0,42	10,58	4,44
Insumo	34357	Rejunte colorido	KG	0,42	2,4	1,01
Total						35,76

Fonte: TCU (2014 p. 71), com adaptações

Para Marchiori (2009 p. 42), a composição de custos descreve os gastos relativos a um determinado serviço de obra, composta por insumos subdivididos em materiais, mão-de obra e equipamentos. Esses insumos contemplam especificações, unidades e coeficientes de consumo necessários à execução de uma unidade do serviço. Os coeficientes da mão de obra utilizados nas composições são também chamados de Razão Unitária de Produção (RUP)¹⁴. Assim, na elaboração de uma composição, quanto maior a produtividade do operário, maior será sua produção medida num período qualquer, e por sua vez, menor será a RUP utilizada. Diferente do consumo de materiais, o qual pode ser matematicamente levantado utilizando dimensões exatas em pranchas, a definição da RUP dependerá de uma série de fatores, como experiência, grau de conhecimento e comprometimento, supervisão, motivação, etc., devendo ser continuamente aferida no campo. De acordo com Marchiori (2009 p. 88), os estudos de produtividade no Brasil vieram a se intensificar na década de 90, em que grupos de gestão/gerenciamento de obras das Universidades Brasileiras vieram a se consolidar. Nesta década os principais simpósios sobre gestão na construção foram criados e os trabalhos acadêmicos ganharam maior visibilidade, dentro e fora da academia, expandindo-se para a aplicação prática dos conceitos relacionados ao prognóstico e controle da produtividade nas empresas construtoras.

2.2.7 Banco de Dados para Composições

A origem das primeiras tabelas de composições publicadas no país é diversa. A título ilustrativo, já em 1961 Ptácek (1967) apresentou a primeira edição do livro “*O custo de construção*”, com 959 composições, das mais variadas, de uso em edificações. Hoje existem diversas fontes no mercado brasileiro para se identificar o consumo de materiais e produtividade de equipes, e também os custos históricos desses insumos, como a Tabela de Composições de Preços para Orçamento (TCPO), mantida pela Editora PINI, o Sistema Nacional de Custos e Índices da

¹⁴ Segundo Marchiori (2009 p. 90), o termo RUP foi estabelecido por Souza (1996) e é o indicador que representa a produtividade. Para Souza, a RUP é a razão da quantidade de recursos consumidos na execução de uma unidade de serviço, mensurando o esforço humano em Homens-hora (Hh) - termo vindo do inglês “Men hour” (Mh) - com as quantidades de serviço realizado: $RUP = Hh/Quantidade\ de\ serviço$.

Construção Civil (SINAPI)¹⁵, mantido pela Caixa Econômica Federal (CEF), o Sistema de Custos Rodoviários (SICRO)¹⁶, mantido pelo DNIT, o Sistema de Orçamento de Obras (ORSE), mantido pela Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe (CEHOP), entre dezenas de outras opções. Internacionalmente pode-se citar o *RSMMeans Building Construction Cost Data*¹⁷.

SINAPI e SICRO são atualmente referências oficiais para obras públicas no país, de uso obrigatório quando envolverem recursos dos Orçamentos da União, sendo o primeiro aplicado principalmente para obras de edificações, saneamento e pavimentação urbana, e o segundo a obras rodoviárias, ou àquelas que contemplam serviços de pavimentação e terraplenagem em larga escala (BAETA, 2012 p. 297 e MATOS, 2016 p. 31). A Figura 8 mostra um exemplo de composição do SINAPI, e a Figura 9, do novo SICRO, que a partir de janeiro de 2017 substituiu o SICRO2.

¹⁵ O Banco Nacional de Habitação (BNH) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) criaram o SINAPI em 1969. Em 1986 a CEF sucedeu o BNH no papel de produção habitacional, incluindo a gestão do SINAPI, quando o Sistema passou a ser corporativo e utilizado como referência de custos e índices para obras habitacionais no Brasil. Em 1994 o Sistema foi ampliado para incorporar também referências de obras de saneamento e infraestrutura urbana. Em 2003 a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) definiu o SINAPI como balizador de custos para serviços contratados com recursos do Orçamento Geral da União (OGU) e em 2013 o Decreto Federal 7983 manteve e detalhou seu uso como limitador de custos de obras executadas com recursos dos orçamentos da União (CEF, 2017b).

¹⁶ O Decreto 7983 (Brasil, 2013a) tornou os custos de obras de infraestrutura de transporte limitado aos custos do SICRO.

¹⁷ *RSMMeans* é um dos principais bancos de dados de custos de construção da América do Norte. Vinculado ao Grupo Gordian, inclui taxas de produtividade, composição da equipe de trabalho, preço dos insumos, dados das despesas gerais e de lucro do contratante.

Figura 8 - Composição 90729, SINAPI. Base: Desonerado Fevereiro/2017

DESCRIÇÃO	UNIDADE	ORIG.	CORFICIENTE	PREÇO UNIT.	CUSTO TOTAL
CAIXA REFERENCIAL					
90729 JUNTA ARGAMASSADA ENTRE TUBO DN 350 MM E O POÇO DE VISITA/ CAIXA DE CONCRETO UN					
TO OU ALVENARIA EM REDES DE ESGOTO. AP_06/2015					
88246 ASSENTADOR DE TUBOS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	1,0741000	22,51	24,17
88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	1,0741000	13,94	14,97
88629 ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA MÉDIA), PREPARO MANUAL. AP_08/2014 M3	CR		0,0107000	419,87	4,49
MATERIAL	:	8,72		19,997876	1
MÃO DE OBRA	:	34,91		80,9992124	1
TOTAL COMPOSIÇÃO	:	43,63		100,9990000	1
ORIGEM DE PREÇO: CR					

Fonte: CEF (2017c)

Figura 9 - Composição 2003869, novo SICRO. Base: Onerado Julho/2017

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Santa Catarina		Produção da equipe		9,96000 m
Custo Unitário de Referência		Julho/2017				Valores em reais (R\$)
2003869 Assentamento de tubo D = 50 cm PA-1 comercial - junta rígida						
A. EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Inprodutiva	Operativo	Inprodutivo	
E9686 Caminhão carroceria com guindasto com capacidade de 30 t.m - 136 kW	1,00000	1,00	0,00	122,2308	40,0697	122,2308
				Custo horário total de equipamentos		122,2308
B. MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
P9821 Pedreiro	1,00000	h		22,8158		22,8158
P9824 Servente	3,00000	h		16,9881		49,7043
				Custo horário total de mão de obra		72,6001
				Custo horário total de execução		194,7509
				Custo unitário de execução		19,5533
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C. MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M2187 Tubo de concreto armado PA 1 - D = 0,50 m	1,00000	m		95,2500		95,2500
				Custo unitário total de material		95,2500
D. ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
1109689 Argamassa de cimento e areia 1:3 - areia comercial	0,00225	m³		326,9900		0,7357
				Custo total de atividades auxiliares		0,7357
E. TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Subtotal		Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		-
F. MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade		DMT		Custo Unitário
				LN	RP	P
M2187 Tubo de concreto armado PA 1 - D = 0,50 m - Guindasto 30 Lm	0,30000	t/m	5914584	5914599	5914614	
				Custo unitário total de transporte		
				Custo unitário direto total		115,54

Fonte: SICRO (DNIT, 2017)

2.2.8 Insumos Básicos da Construção Civil - Materiais, Equipamentos e Mão de Obra

Os insumos básicos da construção civil são divididos em três categorias: mão-de-obra, materiais e equipamentos (COÊLHO, 2011 p. 22 e MARCHIORI, 2009 p. 41). Logo, os serviços descritos no orçamento terão seus custos unitários originados de composições que utilizam parcial ou integralmente insumos dessas três categorias.

2.2.9 Preço Horário da Mão de Obra - Regime de Tributação Onerado e Desonerado

Em 19 de julho de 2013 foi publicada a Lei 12844 (Brasil, 2013c) que modificou os artigos 7º, 8º e 9º e o Anexo I da Lei 12546 (Brasil, 2011b) e o artigo 14 da Lei 11744 (Brasil, 2008), substituindo a contribuição patronal de 20% (INSS) sobre o total da folha de pagamento para 2% de contribuição previdenciária sobre a receita bruta da empresa,

tendo este percentual sido elevado para 4,5% com a Lei 13161 (Brasil, 2015), porém agora de forma facultada às empresas (CEF, 2017b p. 91). O enquadramento neste regime é conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) da empresa. Os grupos 412 (Construção de edifícios) e 433 (Obras de acabamento) da CNAE 2.0, entre outros, permitem a adoção do regime desonerado de tributação, ficando a cargo da empresa o mais conveniente. Ou seja, duas empresas de enquadramento CNAE e ramos idênticos de atuação podem ter custos de mão de obra com diferença significativa. Enquanto uma pagará menos encargos na mão de obra, diminuindo seus custos diretos, porém elevando seus tributos, o que eleva seu BDI, na outra ocorrerá exatamente o inverso.

Deste modo a CEF, assim como diversas outras instituições, passou a publicar suas tabelas de custos replicadas nos dois regimes de tributação, com e sem desoneração. Como no regime com desoneração não há incidência do INSS, o custo horário de mão de obra presente nas composições é menor, e por consequência, o custo unitário direto dos serviços obtidos da tabela desonerada sempre será menor que a tabela onerada, devendo o orçamentista adotar a mais adequada para o projeto. Na Figura 10 é possível ver os encargos sociais do SINAPI em Santa Catarina, com destaque para o campo nulo de INSS no regime desonerado.

Figura 10 – Detalhe da Composição de encargos sociais - Santa Catarina

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE A MÃO DE OBRA					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	COM DESONERAÇÃO		SEM DESONERAÇÃO	
		HORISTA %	MENSALISTA %	HORISTA %	MENSALISTA %
GRUPO A					
A1	INSS	0,00%	0,00%	20,00%	20,00%
A2	SESI	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%
A3	SENAI	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
A4	INCRA	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%
A5	SEBRAE	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%
A6	Salário Educação	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%
A7	Seguro Contra Acidentes de Trabalho	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
A8	FGTS	8,00%	8,00%	8,00%	8,00%
A9	SECONCI	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
A	Total	17,80%	17,80%	37,80%	37,80%

Fonte: CEF (2017d)

Os encargos complementares (Grupo E) não constam nessa composição, porém são considerados em todas as composições unitárias do SINAPI, fazendo parte do custo direto da obra. Para tanto foram criadas composições específicas para cada insumo de mão de obra, adicionando-se esses custos e chegando-se ao valor total da hora de cada

profissional. A Figura 11 mostra um exemplo dessa composição para o servente.

Figura 11 - Composição de Encargos Complementares – Mão de Obra – Servente

COMPOSIÇÃO 88316 – SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES (Data Base 11/2016 – SP) - H					
Código	Descrição Básica	Unidade	Coefficiente	Custo Unitário	Total
88236	FERRAMENTAS (ENCARGOS COMPLEMENTARES - HORISTA	H	1,0000	0,55	0,55
88237	EPI (ENCARGOS COMPLEMENTARES) - HORISTA	H	1,0000	1,03	1,03
6111	SERVENTE	H	1,0000	13,88	13,88
37370	ALIMENTAÇÃO - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) "COLETADO CAIXA"	H	1,0000	1,88	1,88
37371	TRANSPORTE - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) "COLETADO CAIXA"	H	1,0000	0,55	0,55
37372	EXAMES – HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) "COLETADO CAIXA"	H	1,0000	0,34	0,34
37373	SEGURO – HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES) "COLETADO CAIXA"	H	1,0000	0,07	0,07
95378	CURSO DE CAPACITAÇÃO (SERVENTE) - HORISTA	H	1,0000	0,23	0,23
TOTAL					18,55

Fonte: CEF (2017b p. 133)

2.2.10 Custos Diretos e Indiretos

O Custo Direto (CD) de uma obra é o somatório de todos os custos de materiais, mão de obra e equipamentos aplicados diretamente nos serviços que serão incorporados definitivamente à obra (TISAKA, 2011 p. 70 e FONSECA, 2013 p. 20). Para Mattos (2014 p. 29), os custos diretos são aqueles associados diretamente aos serviços de campo. São os serviços que fazem parte das composições unitárias, que podem ser diretamente apropriados a cada tipo de serviço ou produto, sem necessidade de rateio (BAETA, 2012 p. 62). Em sentido contrário, os Custos Indiretos (CI) não estão associados aos serviços de campo, mas são necessários à sua realização. Também nem sempre são proporcionais às variações quantitativas dos custos diretos. Por exemplo o custo mensal do vigia e do mestre de obras independe da quantidade de serviço produzido no mês.

Esta classificação e enquadramento dos custos em diretos e indiretos é um tema de discordância entre os autores ligados à construção civil (MARCHIORI, 2009 p. 43), sendo irrelevante para Mattos (2014 p. 204), desde que previstos no orçamento. Tisaka (2011 p. 74) lembra que por simplificação operacional ambos os custos são comumente tratados pelo mercado em geral como custos diretos e Mattos (2014, p. 194) que

os custos indiretos não devem ser confundidos como despesas indiretas, como se verá a seguir.

2.2.11 Benefícios e Despesas Indiretas (BDI)

O preço de uma obra é formado por três componentes: Custos, despesas indiretas e benefícios PINI (2003 TCPO). A Taxa de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) representa a diferença entre o preço final da obra e seu custo (SILVA, 2005 p. 6 e HUBAIDE, 2012 p. 15), expressa em porcentagem, genericamente da seguinte forma:

$$BDI(\%) = \frac{\text{Preço} - \text{Custo}}{\text{Custo}} * 100. \quad \text{Eq. 1}$$

Também chamado de Lucro e Despesas Indiretas (LDI) pelo DNIT (2003 p. 5), seu acrônimo é um termo anglo-saxônico, o qual significa *Budget Difference Income*, ou receita adicional além do orçamento, em tradução literal (Cardoso, 2014 p. 389 e HUBAIDE, 2012 p. 15). Apesar de matematicamente simples de calcular, após a definição do lucro almejado, a dificuldade na sua definição reside em estimar todas as despesas indiretas presentes em cada obra que comporão seu percentual.

2.3 ENGENHARIA DE CUSTOS APLICADA A OBRAS PÚBLICAS

2.3.1 BDI em Obras Públicas

Especificamente em obras públicas que utilizam recursos da União devem ser observados os limites definidos pelo TCU no Acórdão 2622 (TCU, 2013a) Plenário, conforme Tabela 2, os quais são utilizados pelas Unidades Técnicas daquele Egrégio Tribunal em suas auditorias, sendo admitidos percentuais superiores, se devidamente justificados, o que não é prática recorrente entre os orçamentistas, pelo elevado risco de serem responsabilizados por superfaturamento. Também é orientada a utilização de faixa diferenciada nas aquisições de equipamentos ou insumos especiais e significativos, conforme Súmula 253 (TCU, 2010a), como elevadores, aquisição de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) e elementos pré-moldados.

Tabela 2 - Faixa admissível do BDI - Acórdão 2622/2013 TCU Plenário

VALORES DO BDI POR TIPO DE OBRA			
TIPOS DE OBRA	1º Quartil	Medio	3º Quartil
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS	20,34%	22,12%	25,00%
CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS E FERROVIAS	19,60%	20,97%	24,23%
CONSTRUÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA DE ESGOTO E CONSTRUÇÕES CORRELATAS	20,76%	24,18%	26,44%
CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES E REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	24,00%	25,84%	27,86%
OBRAS PORTUÁRIAS, MARÍTIMAS E FLUVIAIS	22,80%	27,48%	30,95%
BDI PARA ITENS DE MERO FORNECIMENTO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	1º QUARTIL	MÉDIO	3º QUARTIL
	11,10%	14,02%	16,80%

Fonte: TCU (2013a)

O referido acórdão, fruto de estudo estatístico desenvolvido pelo TCU, não considerou a desoneração prevista na Lei 12844 (Brasil, 2013c) e Lei 13161 (Brasil, 2015). Neste caso, caso se opte pela desoneração, o orçamentista deverá incluir a alíquota da contribuição previdenciária sobre a receita bruta (CPRB) da empresa, atualmente em 4,5%, no item referente à Impostos da composição do BDI proposto pelo TCU (CEF, 2017h p. 34), a seguir demonstrado, o que leva a um acréscimo ligeiramente maior.

$$BDI = \frac{(1+AC+S+R+G)*(1+DF)*(1+L)}{(1-I)} + 1 \quad \text{Eq. 2}$$

- AC - Administração central: Despesas da sede, rateada entre todas as obras;
- S, R, G - Seguro, risco e garantia: Despesas como apólices, seguros, riscos de engenharia
- DF - Despesas financeiras: Despesas com capital de giro, atraso de pagamentos
- L - Lucro ou Benefício: Lucro esperado, ou obtido (podendo ocorrer prejuízo)
- I – Impostos: Tributos com Cofins, PIS, ISS, CPRB

Por fim, independente do regime adotado, não é cabível previsão do IRPJ e da CSLL no BDI, conforme atual entendimento do Tribunal de Contas da União, disposto na Súmula 254 (TCU, 2010b), tampouco nos custos diretos ou indiretos (MATTOS, 2014 e BAETA, 2012), por serem tributos de natureza direta e pessoalística, que oneram pessoalmente o

contratado. Em termos práticos, do lucro bruto previsto para a obra, deve ser reservada parcela para pagamento desses impostos, resultando no lucro líquido.

2.3.2 Projetos Básico e Executivo: Lei de Licitações (Lei 8666/1993) x Regime Diferenciado de Contratações (Lei 12462/2011)

O principal instrumento legal que rege a contratação de obras públicas desde 1993 em qualquer Esfera (União, Estados e Municípios) e Poder (Executivo, Legislativo e Judiciário) é a Lei de Licitações (Brasil, 1993), a qual define em seu art. 6º o Projeto Básico como o

Conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter [...], entre outros, orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados.

Para qualquer licitação sob a égide da Lei 8.666 a existência de projeto básico acompanhado de estudos preliminares e orçamento detalhado é obrigatória para licitar, podendo o projeto executivo, que é mero detalhamento do básico, ser elaborado posteriormente à contratação das obras, conforme art. 7º da mesma lei.

Para as licitações realizadas no Regime Diferenciado de Contratações (Brasil, 2011c) permanece a exigência de projeto básico e orçamento detalhado, exceto se utilizado regime de contratação integrada (Art. 8º, § 5º), sendo suficientes nesse caso apenas anteprojetos e orçamento sintético ou metodologia expedita ou paramétrica para realização do certame (Art. 9º, § 2º), devendo-se em qualquer caso usar o SINAPI e SICRO prioritariamente (Art. 8º, § 3º). Quanto ao projeto executivo, é obrigatório, podendo ser feito concomitante às obras, conforme Decreto 7581 (Brasil, 2011a art. 66).

O conceito de projeto básico evoluiu ao longo da vigência da Lei 8.666/1993. Na regulamentação anterior, Decreto-Lei 2.300 (Brasil,

1986), era prática comum licitar obras de edificações apenas com o projeto de arquitetura (BAETA, 2012 p. 50), não sendo atualmente tolerada tal possibilidade. Embora não exista expressa definição legal, em 2006 o Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas (IBRAOP, 2006) definiu por meio da Orientação Técnica 1/2006 os elementos mínimos a compor um projeto básico de engenharia, de acordo com o tipo de obra. Para edificações tem-se: Levantamento Topográfico; Sondagem; Projeto Arquitetônico; Projeto de Terraplenagem; Projeto de Fundações; Projeto Estrutural; Projeto de Instalações Hidráulicas; Projeto de Instalações Elétricas; Projeto de Instalações Telefônicas; Projeto de Instalações de Prevenção de Incêndio; Projeto de Instalações Especiais (lógicas, CFTV, alarme, detecção de fumaça); Projeto de Instalações de Ar Condicionado; Projeto de Instalação de transporte vertical; Projeto de Paisagismo. Segundo o TCU (2014 p. 11), sua jurisprudência interpreta o projeto básico como um projeto completo de engenharia, composto por todas as disciplinas necessárias para a elaboração de um orçamento detalhado da obra. O dimensionamento definitivo de todos os componentes, estruturas e instalações também é feito nesta etapa. O Egrégio Tribunal também ratificou o entendimento do IBRAOP (TCU, 2014 p. 15) sobre projeto básico.

2.3.3 Administração Local, Mobilização, Desmobilização e Canteiro de Obras

Os gastos com administração local, mobilização, desmobilização e implantação de canteiros de obras devem obrigatoriamente compor o orçamento de referência de obra pública, na forma de custos diretos¹⁸, pelo fato de serem quantificadas e discriminadas por simples contabilização de seus componentes (BAETA, 2012), aplicando-lhe ainda o BDI, como qualquer outro serviço. Em que pese alguns autores ainda defenderem que a administração local seja tratada como despesa indireta e deva integrar o BDI, juntamente com a administração central, a maioria concorda ser custo direto, inclusive revendo posições antigas, como Dias (2004 p. 143 e 2011 p. 29), já estando pacificado entre os órgãos de controle que tais serviços devem compor o orçamento de referência, como consta nos Acórdãos do Tribunal de Contas da União 325 (TCU, 2007, item 9.1.2) e 2622 (TCU, 2013a item 9.3.2.1) a seguir transcrito:

¹⁸ Terminologia abrangente para o conjunto de custos diretos mais indiretos, conforme já explicado, no tópico 2.2.10.

Discriminar os custos de administração local, canteiro de obras e mobilização e desmobilização na planilha orçamentária de custos diretos, por serem passíveis de identificação, mensuração e discriminação, bem como sujeitos a controle, medição e pagamento individualizado por parte da Administração Pública, em atendimento ao princípio constitucional da transparência dos gastos públicos, à jurisprudência do TCU e com fundamento no art. 30, § 6º, e no art. 40, inciso XIII, da Lei n. 8.666/1993 e no art. 17 do Decreto n. 7983/2013;

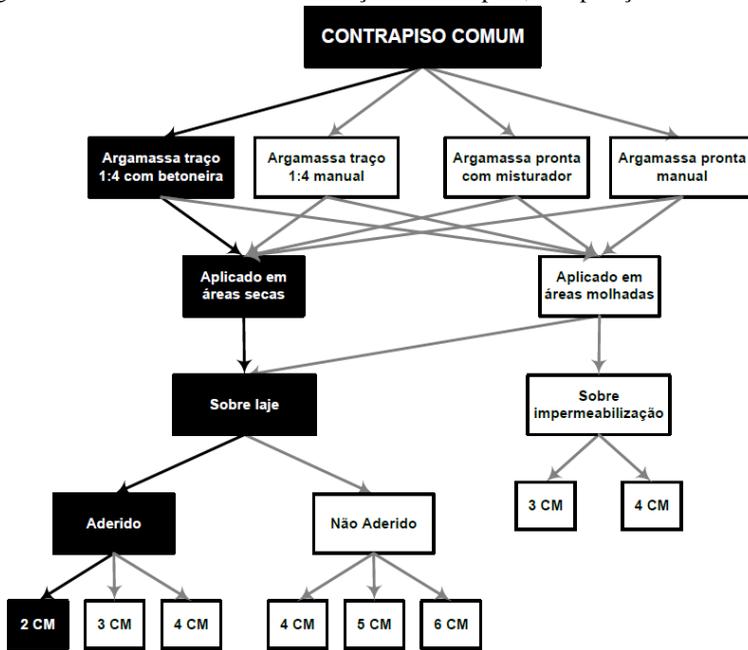
2.3.4 SINAPI

A revisão do SINAPI (CEF, 2017b p. 9), que vem sendo realizada pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia (FDTE, 2013), ligada à Universidade de São Paulo (USP), gerou um aumento significativo no número de composições de custos unitários, devido ao uso da “*árvore de fatores*”. Segundo a CEF (2017b p. 22), esta metodologia prevê para cada grupo de composições a identificação de fatores que impactam na produtividade (M.O. e Equipamentos) e consumo (Materiais), diferenciando as composições dentro do seu grupo, e facilitando sua escolha.

Cabe registrar que Marchiori (2009 p.145)¹⁹ já havia proposto metodologia semelhante para criação de redes de composições de custos para edificações. A Figura 12 mostra um exemplo da árvore de fatores da composição 87620 - *Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, espessura 2cm. AF_06/2014*, presente na atual tabela do SINAPI, e na Figura 13, um exemplo da rede de composições proposto por Marchiori (2009 p. 168) para o serviço de contrapiso sobre laje.

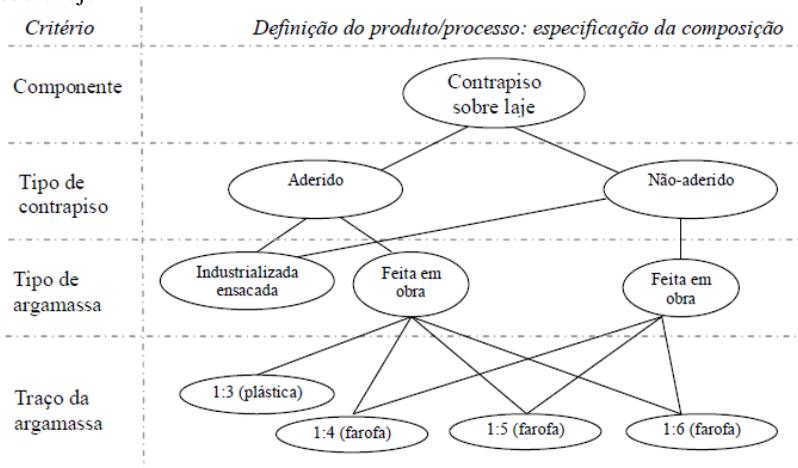
¹⁹ Este estudo resultou em um convênio entre a Caixa e a USP para o desenvolvimento do projeto “*Aprimoramento técnico das composições de custo do SINAPI/CEF*”. A assinatura do convênio se deu em dezembro de 2006, e o projeto começou a ser desenvolvido efetivamente em fevereiro de 2007, sendo finalizado em maio de 2008.

Figura 12 - Árvore de fatores do serviço de contrapiso, composição 87620



Fonte: CEF (2017f, p. 8)

Figura 13 - Desdobramento da rede de composições para o serviço de contrapiso sobre laje



Fonte: Marchiori (2009 p. 168)

Embora a nova metodologia resulte em composições com custos mais próximos do real, a complexidade do processo de orçamentação aumenta, pois, mais especificidades devem ser consideradas e mais itens precisam ser orçados e licitados. Solução alternativa apresentada pela própria CEF é a inclusão de composições representativas no SINAPI, as quais são elaboradas a partir da ponderação de outras composições, com base na participação de cada uma num projeto paradigma.

Na Figura 14 é mostrada a composição representativa 89168 - *Serviço de alvenaria de vedação de blocos vazados de cerâmica de 9x19x19cm (espessura 9cm), para edificação habitacional unifamiliar (casa) e edificação pública padrão. AF_11/2014*, obtida pela ponderação de quatro outras composições típicas para este serviço, conforme o peso de cada uma num projeto referência, mostrado na Figura 15. Percebe-se que nas composições representativas o somatório dos coeficientes sempre será um.

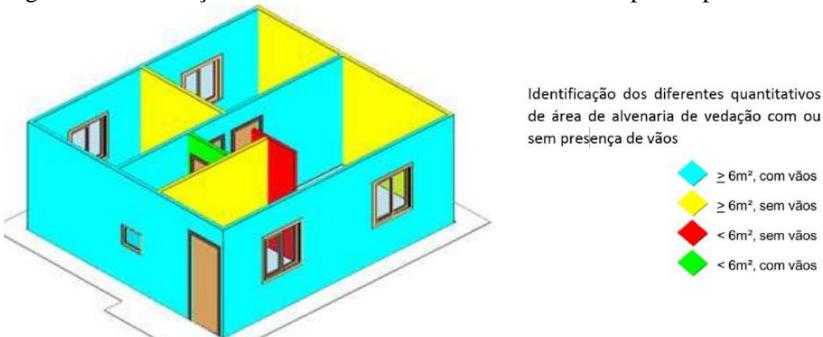
Figura 14 - Composição representativa do serviço de alvenaria

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.PARE.ALVE.043/01	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CERÂMICA DE 9X19X19CM (ESPESURA 9CM), PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL UNIFAMILIAR (CASA) E EDIFICAÇÃO PÚBLICA PADRÃO. AF_11/2014	M ²
89168		
Vigência: 11/2014		Última atualização: 12/2014

Item	Código	Descrição	Unidade	Coefficiente
C	87495	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M ² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M ²	0,2334
C	87503	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M ² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M ²	0,2028
C	87511	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M ² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M ²	0,2470
C	87519	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M ² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M ²	0,3168

Fonte: CEF (2017b, p. 33)

Figura 15 - Edificação Habitacional Unifamiliar com vários tipos de paredes



Fonte: CEF (2017b, p. 33)

2.3.5 Orçamento de Referência

Segundo o Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos (IBEC, 2013) orçamento de referência é um orçamento detalhado, elaborado para fundamentar a contratação de uma obra pública. Como orçamento detalhado, define que é um conjunto de documentos elaborados para estimar o preço global de uma obra ou serviço de engenharia, com base no Projeto Básico, e deve ser composto, no mínimo, pelos seguintes itens:

- a) Planilha orçamentária;
- b) Detalhamento do custo de insumos (materiais, mão de obra e equipamentos);
- c) Composições de custos unitários;
- d) Composição do percentual das taxas de Encargos Sociais, com demonstrativo detalhado das taxas utilizadas, inclusive dos custos com alimentação, transporte, equipamentos de proteção individual e coletiva, bem como de outros encargos sociais complementares e dos demais gastos com higiene e segurança dos trabalhadores;
- e) Memória de cálculo do levantamento de quantidades;
- f) Composição do BDI, com demonstrativo das variáveis de cálculo utilizadas;
- g) Curva ABC de serviços da planilha orçamentária;
- h) Curva ABC de insumos da planilha orçamentária;
- i) Cálculo da produção horária das equipes mecânicas, no caso dos serviços de terraplanagem, pavimentação e outros serviços executados com o uso de equipamentos;

- j) Memória das premissas utilizadas, justificativas e cálculos estimativos dos coeficientes técnicos adotados nas composições de custos unitários;
- k) Memória contendo as distâncias médias de transporte dos diversos materiais utilizados na obra;
- l) Demonstrativo detalhado dos custos com mobilização/desmobilização, administração local da obra, instalação e manutenção do canteiro de obras, baseados em histogramas de mão de obra e de equipamentos;
- m) Estudos sobre as alíquotas efetivas de tributos aplicáveis ao empreendimento, considerando eventuais isenções ou outros tipos de renúncias fiscais;
- n) Cotações de preços de insumos a serem utilizados na obra, realizadas junto aos fornecedores, e das pesquisas realizadas em sistemas referenciais de custos ou publicações especializadas contendo a descrição do tratamento estatístico dos dados, se houver.

Atualmente, o principal regramento legal que define critérios para elaboração de orçamentos de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, é o Decreto Federal 7983. Em seus artigos 3º e 4º, estabelece:

Art. 3º O custo global de referência de obras e serviços de engenharia, exceto os serviços e obras de infraestrutura de transporte, será obtido a partir das composições dos custos unitários previstas no projeto que integra o edital de licitação, menores ou iguais à mediana de seus correspondentes nos custos unitários de referência do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI, excetuados os itens caracterizados como montagem industrial ou que não possam ser considerados como de construção civil. Parágrafo único. O SINAPI deverá ser mantido pela Caixa Econômica Federal - CEF, segundo definições técnicas de engenharia da CEF e de pesquisa de preço realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Art. 4º O custo global de referência dos serviços e obras de infraestrutura de transportes será obtido a partir das composições dos custos unitários

previstas no projeto que integra o edital de licitação, menores ou iguais aos seus correspondentes nos custos unitários de referência do Sistema de Custos Referenciais de Obras - SICRO, cuja manutenção e divulgação caberá ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, excetuados os itens caracterizados como montagem industrial ou que não possam ser considerados como de infraestrutura de transportes (Brasil, 2013a).

Até então, os critérios se alteravam ano a ano nas Leis de Diretrizes Orçamentárias (LDO), em que pese a exigência do SINAPI estar praticamente consolidada desde a LDO 2003 até a LDO 2013. Com exceção de serviços e obras de infraestrutura de transportes, que têm seus custos diretos limitados aos seus correspondentes no SICRO, as demais obras de edificações, infraestrutura e saneamento deverão ter seus custos diretos limitados à mediana do SINAPI. Sobre esses custos deve-se acrescentar o percentual de BDI conforme metodologia TCU, obtendo-se assim o valor global limite do orçamento referência do certame.

Na inexistência de referências nas tabelas citadas, outras referências podem ser adotadas, como tabelas elaboradas por órgãos ou entidades da administração pública federal, publicações técnicas especializadas, pesquisa de mercado, bem como composições de custos. Naturalmente, tais procedimentos devem ser demonstrados pelo orçamentista, instruindo o processo legal para futuras auditorias de órgãos de controle externo e interno. De forma geral é necessário apresentar orçamento analítico indicando data-base, códigos SINAPI ou SICRO utilizados, menção de tabelas de outros órgãos ou publicações, composição de custos para serviços sem referências oficiais, cotações de insumos, e percentual de BDI utilizado acompanhado de sua composição aberta, além do cronograma físico financeiro e eventuais memórias de cálculo de quantidades. Vale destacar novamente a Súmula 258 (TCU, 2010c), a qual define que as composições de custos unitários e o detalhamento dos encargos sociais e do BDI integram o orçamento e projeto básico de engenharia, fazendo parte do edital de licitação e das propostas das licitantes.

2.3.5.1 Critérios para Geração de Orçamento de Referência via Ferramenta BIM

Com base na revisão bibliográfica realizada, o autor indica os seguintes critérios²⁰ a serem observados para geração de orçamento de referência de obras públicas mediante o uso de Ferramenta BIM, na forma proposta pela Pesquisa:

- i. Quanto aos custos diretos: a necessidade de os custos unitários serem limitados ao SINAPI; a necessidade de se seguir à nova metodologia de árvore de fatores do SINAPI, podendo, entretanto, se utilizar também composições representativas quando existentes no SINAPI;
- ii. Quanto ao BDI: aplicação de um BDI limitado aos regramentos do TCU e às alterações do regime de tributação sobre a contribuição previdenciária; necessidade de se orçar itens inexistentes na modelagem, como administração local, canteiro de obras, mobilização e desmobilização, quando necessários ao projeto;
- iii. Quanto ao nível de detalhamento do orçamento: a possibilidade de o orçamento ser gerado a partir de modelo com nível de desenvolvimento suficiente apenas para um projeto básico de engenharia, conforme define a Lei de Licitações e RDC, e não necessariamente um projeto executivo;
- iv. Quanto aos relatórios gerados: a possibilidade de extração de memórias de cálculo de quantidades para cada item orçado;

A seguir são explicitados os conceitos ligados à Modelagem da Informação da Construção, ou *Building Information Modelling* (BIM), necessários para demonstrar as contribuições propostas.

2.4 BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

2.4.1 Introdução

Com tantos desafios a serem superados no segmento de obras públicas brasileiras, a utilização da Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modelling* (BIM) na elaboração dos

²⁰ O Capítulo 3 detalhará a estruturação das contribuições propostas observando esses critérios.

projetos e especialmente, orçamentos de referência, pode aumentar significativamente sua qualidade e confiabilidade, resultando em obras públicas licitadas com documentação técnica consistente, melhorando o ambiente construído deste setor, e gerando benefícios imediatos à população diretamente beneficiada e à sociedade brasileira.

Para Sacks (2012) apud Manzione (2013 p. 35), a BIM é um exercício social, com foco na colaboração e cooperação entre as pessoas, necessitando de profissionais inteligentes para termos edificações inteligentes. Esta nova forma de organização do trabalho exigirá cada vez mais dos profissionais proximidade e conhecimento do processo construtivo.

Ao invés da representação clássica em 2D, como ilustra a Figura 16, ficando a cargo dos usuários da AEC imaginar como será a edificação, um modelo virtual e paramétrico 3D pode ser gerado servindo a múltiplos propósitos, além da própria geração automática e atualizada de vistas 2D - ainda que em grau pleno de implementação BIM sua completa eliminação possa ocorrer (EASTMAN, 2014).

Figura 16 - Vistas criadas em ambiente CAD



Fonte: Render Multimídia (2011)

Mesmo que em estágio inicial de adoção no Brasil (CHECCUCCI e AMORIM, 2011; BARISON, 2015; BERNSTEIN et al. 2014 apud FERRARI, 2016), a Modelagem da Informação da Construção é cada vez mais usada em projetos de construção em todo o mundo, com usuários superando sua curva de aprendizagem inicial e percebendo o poder de

modelar em uma ou mais plataformas BIM, gerando modelos cada vez mais complexos e detalhados, permitindo apoiar os seus diversos processos vinculados, como projeto, fabricação e contratação (SOLIHIN e EASTMAN, 2015 p. 69).

Segundo o *National Institute of Building Sciences* NIBS (2015) apud Barison e Santos (2016 p. 104), em seu grau pleno todos os agentes envolvidos podem acessar ao mesmo tempo as informações sobre o escopo do projeto, cronogramas e orçamentos, as quais são totalmente integradas e confiáveis, permitindo o uso e reuso do modelo BIM, e possibilitando a tomada de decisão.

Embora os termos modelagem e modelo sejam indistintamente usados, referem-se respectivamente ao processo e ao produto (WONG et al., 2009 p. 1). O primeiro é caracterizado pelo projeto do processo de ciclo de vida do empreendimento que permite a gestão da informação (MANZIONE, 2013 p. 36). E o segundo, é o modelo virtual e paramétrico resultante para simular aspectos físicos, funcionais, e inter-relacionados, ajudando na tomada de decisão dos *stakeholders* (HATTAB e HAMZEH, 2015, p. 60).

A adoção da BIM também se alinha aos três principais aspectos de produção do *lean construction*, ou construção enxuta - transformação, fluxo e gestão do valor (KOSKELA, 2000 apud PESTANA et al. 2014 p. 2). O mesmo autor, junto com Sacks et al. (2010), identificou 56 interações entre os princípios da *lean construction* com funcionalidades BIM, como eliminação do desperdício e entregas rápidas (ARAYICI et al. 2011 p. 190), um maior nível de pré-fabricação e industrialização fora dos canteiros de obras, contribuindo com sua limpeza e a qualidade do produto final (YODERS, 2009 p. 1), gerando valor agregado, transparência na comunicação, redução de retrabalhos e eliminação de atrasos no cronograma. A transição do tradicional fluxo empurrado para o fluxo puxado também é facilitada pelo emprego do BIM, maximizando os benefícios anteriormente citados (EASTMAN et al. 2014 p. 246). O BIM também contribui na adoção do *Lean Architecture* pelas Projetistas, que significa aplicar os princípios da construção enxuta na gestão do processo do projeto (ARAYICI et al. 2011), eliminando desperdícios e erros nesta fase, os quais podem gerar grandes desperdícios (HATTAB E HAMZEH, 2015, p. 60).

Sua utilização também pode contribuir na elaboração dos projetos, licitações e fiscalizações de obras públicas (TCU, 2014 p. 42 e MATOS, 2016).

2.4.2 Definição e Conceitos

Succar (2009a p. 357) define Modelagem da Informação da Construção (BIM) como a interação de políticas, processos e tecnologias que formam uma metodologia para gerenciar os projetos e dados digitais de um empreendimento, ao longo de seu ciclo de vida. Seu objetivo principal é criar situações em que os profissionais possam colaborar uns com os outros da melhor forma possível (SACKS, 2012 apud MANZIONE, 2013 p. 36). Já o modelo BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação e seus componentes (STEHLING E RUSCHEL, 2015 p. 1).

Para a *General Service Administration* (GSA, 2007 p. iii), responsável pela construção e operação das edificações civis dos EUA, o modelo BIM é uma representação digital rica agregando as características físicas e funcionais de concepção e construção. Sua finalidade é explicitar de forma clara as informações do projeto, permitindo imediatamente seu entendimento.

Para a *American General Contractors* (AGC, 2011 apud BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2012 p. 3690), a utilização de ferramentas (ou software) BIM permite simular a construção e operação de uma edificação. O modelo resultante, o *Building Information Model*, é uma representação da edificação rica em dados, a partir da qual visões e informações adequadas às necessidades de vários usuários podem ser extraídas e analisadas para gerar novas informações que podem ser utilizadas para tomar decisões e melhorar o processo de entrega da edificação.

A tecnologia BIM é superior ao CAD, pois gerencia gráficos e informações associadas, permitindo geração automática de desenhos, relatórios, análise de projeto, simulação de cronogramas, gerenciamento de *facilities*²¹, entre outras, possibilitando que a equipe de trabalho tome decisões com base em informações mais precisas e confiáveis (LIMA et al. 2014 p. 2142).

Para o *National Institute of Building Sciences* (NIBS, 2015 Cap. 3), o acrônimo BIM tem três significados:

- a) *Building Information Modeling*: refere-se ao processo de negócio da construção, gerando dados para projetar,

²¹ Uma estrutura (como um departamento do hospital ou corpo de bombeiros) que é construída, instalada ou criada para servir uma finalidade específica (NIBS, 2015 Cap. 3 p. 10)

- construir e operar o edifício durante o seu ciclo de vida, com acesso simultâneo das informações através da interoperabilidade entre as plataformas de tecnologia;
- b) *Building Information Model*: é o modelo digital com características físicas e funcionais de uma edificação. Seus dados são confiáveis, partilhados, e servem para tomada de decisão durante o seu ciclo de vida;
 - c) *Building Information Management*: é a gestão e controle do processo de negócio com base nas informações do modelo.

De acordo com o *American Institute of Architects* (AIA, 2013 p. 52) o modelo BIM possui informações digitais gráficas (tridimensionais) e não gráficas, vinculadas a um banco de dados, as quais podem ser usadas ao longo do ciclo de vida da edificação, para as mais diversas finalidades, como gerenciamento de projetos, de fabricação, de manutenção, de instalação, instruções de fabricação, e outros.

Para Kamardeen (2010 p. 284), o modelo BIM é um repositório de objetos de construção inteligentes com atributos que podem entender a interação com os demais objetos, contendo também dados não geométricos, permitindo a tomada de decisão sobre a gestão de *facilities*.

Eastman (2014 p. 55) indica capacidades que as ferramentas BIM precisam ter para uma perfeita modelagem paramétrica, em grau de importância, quais sejam:

- a) Interface do usuário: deve ser intuitiva e fácil de aprender;
- b) Geração de desenhos: o processo de geração deve ser simples. Sua atualização deve ser imediata, sucessiva e fácil de visualizar;
- c) Facilidade de desenvolver objetos paramétricos personalizados: deve ser simples e completa, determinando a extensão do conjunto de regras ou vínculos do sistema, como distância, ângulo, regras de tangenciamento de faces adjacentes e de linhas, condições “*se - então*”, entre outros;
- d) Escalabilidade: deve permanecer iterativo e funcional independentemente do número de objetos 3D paramétricos, condição influenciada pelo tipo de sistema de gerenciamento de dados. Se baseado em disco, é lento para projetos pequenos, mas o tempo de atraso pouco

aumenta à medida que o projeto cresce, caso das ferramentas *Bentley*, *Digital Project* e *Tekla Structures*. Se baseado em memória, é rápido para projetos pequenos, mas o desempenho diminui rapidamente conforme a memória se exaure, caso do *Revit* e *Archicad*;

- e) Interoperabilidade: devem fornecer suporte, no maior grau possível, para importação e exportação de dados do modelo por meio de padrões abertos de intercâmbio de dados, como exemplo padrão IFC;
- f) Extensibilidade: devem permitir a automatização de tarefas, seja por linguagem script, por interface bidirecional no formato Excel, ou por ampla interface de programação de aplicações, ou *Application Programming Interface* (API), esta última mais usada por desenvolvedores de software, e as duas primeiras por usuários finais;
- g) Modelagem de superfícies curvas complexas: devem ter suporte para geração desse tipo de geometria, baseadas em quádricas, splines e B-splines não uniformes;
- h) Ambiente multiusuário: permitir trabalho colaborativo em um único modelo.

2.4.3 Dimensões BIM - Do 3D ao nD

Segundo Lee et al. (2002) apud Biotto, Formoso e Isatto (2012 p. 3690) e Fu et al. (2006 p. 179), um modelo BIM pode representar diversas informações (nD) de uma edificação, incorporando informações multidisciplinares baseadas no projeto e em análises que acessam um modelo multidimensional (nD) por meio de dados padronizados e interoperáveis, sendo uma das pioneiras nesses estudos a Universidade de Salford (TSE et al. 2005 pg. 87). Várias dimensões (D) podem ser adicionadas ao modelo para integrar informações de tempo, custo, construtibilidade, acessibilidade, sustentabilidade, iluminação, acústica e requisitos térmicos, por exemplo.

Calvert (2013), Séllos (2015 p. 6) e Hellum (2015 p. 13) classificam essas dimensões em:

- a) 2D Gráfico: Desenhos tradicionais, em papel ou arquivo CAD, representando graficamente o empreendimento;
- b) 3D Modelagem: Visualização tridimensional e paramétrica do modelo em que cada componente 3D

- possui atributos e parâmetros que os caracterizam como parte de uma construção virtual;
- c) 4D Planejamento: Adiciona-se a dimensão “*tempo*” ao modelo, permitindo a realização do planejamento da obra, realizando simulações visuais, definido as sequências e precedências de cada atividade, identificando quando cada elemento será comprado, armazenado, preparado, instalado e utilizado, detectar interferências, ou *clash detection*. Prevê também a gestão do canteiro de obras, movimentação das equipes e dos equipamentos e outros aspectos que estão cronologicamente relacionados.
 - d) 5D Orçamento: Adiciona-se a dimensão “*custo*” ao modelo, permitindo a identificação e quantificação de serviços, materiais e seus custos associados, total ou parcialmente, conforme evolução do empreendimento;
 - e) 6D Gestão Ambiental e Sustentabilidade: Análises como a energia, iluminação, impacto solar, potencial fotovoltaico, recuperação de água da chuva, simulações computacionais de dinâmica de fluidos, requisitos para certificações “*selos verdes*”, como BREEAM²², LEED²³ (Vandezande et al. 2011), NABERS²⁴, BEPAC²⁵, HQE²⁶ e o CASBEE²⁷, e a análise do desempenho energético como um todo podem ser verificados no modelo BIM possibilitado pela interoperabilidade da geometria do modelo e metadados entre as ferramentas BIM utilizadas;
 - f) 7D Gestão de Instalações²⁸: Gerenciamento de *facilities*, realização de modificações, recuperações ou *retrofit*,

²² *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*, lançado no Reino Unido em 1990, seguido pelo lançamento de várias outras certificações, como listado abaixo (COUTINHO, 2015 p. 22).

²³ *Leadership in Energy and Environmental Design*, nos Estados Unidos.

²⁴ *National Australian Buildings Environmental Rating System*, na Austrália.

²⁵ *Building Environmental Performance Assessment Criteria*, no Canadá.

²⁶ *Haute Qualité Environnementale des Bâtiments*, na França.

²⁷ *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*, no Japão.

²⁸ Coutinho (2015 p. 40) observa que em algumas buscas autores usam a nomenclatura 6D e 7D de forma invertida à apresentada aqui, sendo essa a adotada pela maior relevância em quantidade de artigos relacionados. Kamardeen (2010) e Fu et al. (2006) são exemplos de uso diferente da nomenclatura aqui apresentada.

manutenção, operação, demolição, entre outras informações relacionadas ao ciclo de vida do empreendimento podem ser acrescentadas ao banco de dados do modelo, apoiando a gestão funcional da edificação;

Kamardeen (2010) ainda acrescenta uma oitava dimensão ao modelo:

- g) 8D Segurança e prevenção de acidentes: objetiva determinar os riscos no modelo, promover sugestões de segurança para perfis de risco alto e propor controle de riscos e de segurança do trabalho na obra para os perfis de riscos incontroláveis, verificados através do modelo virtual.

A Tabela 3 mostra um resumo das principais aplicações da BIM classificadas nas atividades de projeto, construção, operação e gestão.

Tabela 3 - Aplicações possíveis com a tecnologia BIM

Projeto	
Visualização	Projetos com visualização em 3D Controle de ciclos de revisões Documentação e detalhamento Escaneamento de edifícios com raio laser Fotogrametria Representação realfísica Realidade virtual Realidade aumentada
Análise	Verificações de requisitos de normas Estimativas de custo Análises estruturais por elementos finitos Simulação de fogo e fumaça Análises de luminotécnica Levantamentos quantitativos Análises de implantação no terreno Estudos de radiação solar Coordenação espacial e análise de interferências Análise estrutural Análises de sustentabilidade Análises energéticas Análises térmicas Estudos do impacto do vento
Construção	
Execução	Construtibilidade Construção virtual Segurança do trabalho Especificações da construção Projeto de sistemas construtivos Tecnologias móveis para uso no canteiro Planejamento e controle da produção (PCP) Licitações e contratações
Pré-fabricação	Estruturas metálicas Estruturas em concreto pré-moldado
Aquisição	Coordenação dos suprimentos Preparação de pacotes de compras
Operação	
Gerenciamento	Rastreamento dos ativos Manutenção dos ativos Monitoramento de ativos por GPS Gerenciamento dos espaços Gerenciamento de reformas
Simulação	Gestão dos sistemas Planejamento para situações de emergência Análises do consumo energético Rastreamento da ocupação
Otimização de processos	
Gestão	<i>Lean construction</i> Gestão da cadeia de suprimentos Gestão do conhecimento Análises de valor Melhoria do processo de comunicação

Fonte: Adaptado de Succar (2009b) e Manzione (2013, p. 41)

2.4.4 Níveis de Desenvolvimento (LOD)

Segundo o BIMForum (2015) apud Solihin e Eastman (2015 p. 71), o *Level of Development* (LOD) ou nível de desenvolvimento foi criado pelo BIMForum em 2011 como uma especificação para indicar o nível de maturidade e desenvolvimento do modelo BIM. Sua apresentação é uma interpretação detalhada do esquema LOD desenvolvido pelo *American Institute of Architects* (AIA), com base nas especificações BIM E202-2009 a BIM G202-2013, definindo e ilustrando características dos elementos do modelo de diferentes sistemas de construção em diferentes níveis de desenvolvimento, organizado de acordo com a norma CSI Unifomat 2010, produzidas conjuntamente entre o *Construction Specifications Institute* e *Construction Specifications Canada* (BIMFORUM, 2015 p. 10 e AIA, 2013 p. 58).

Quanto maior o LOD de um elemento, maior será o nível de informações e de precisão esperado deste elemento. Esta especificação pode servir como referência para projetistas, proprietários e construtores em suas relações contratuais, por exemplo (AIA, 2013 p. 11). Atualmente, divide-se em:

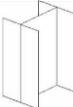
- a) LOD 100 requer principalmente objetos em representação gráfica;
- b) LOD 200 adiciona quantidades aproximadas, forma, localização e orientação com informações não gráficas em anexo;
- c) LOD 300 requer sistemas mais específicos, objetos ou conjunto em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação com informações não gráficas em anexo;
- d) LOD 350 acrescenta requisitos em interfaces com outros sistemas de construção;
- e) LOD 400 contém informação mais detalhada necessária para a fabricação, montagem e instalação;
- f) LOD 500 é uma representação do realizado em campo.

Sua classificação não deve ser confundida com o nível de detalhe do modelo, o qual é essencialmente a quantidade de detalhes gráficos incluídos no elemento. Já o nível de desenvolvimento é o grau em que a geometria e também demais informações do elemento foram modeladas, permitindo que usuários externos retirem informações úteis do mesmo, com um grau de confiabilidade especificado (NIBS, 2015 Cap. 3 p. 14 e

BIMFORUM, 2015 p. 12). Entretanto, Manzione (2013 p. 167) ressalta haver ambiguidade na literatura quanto à distinção entre essas duas características, pois ora subentende nível de detalhe das informações geométricas e ora subentende nível de detalhe das informações não geométricas.

A especificação LOD apresenta a classificação e seus requisitos esperados para diversos elementos da construção civil, como portas, janelas, elementos de fundação, elementos hidráulicos, entre outros. A Figura 17 apresenta um exemplo de classificação LOD para o elemento Coluna estrutural de aço, pertencente ao grupo Superestrutura.

Figura 17 - Exemplo de classificação LOD para o elemento Coluna Estrutural de Aço

LOD	Detalhe	Desenvolvimento
100		Pressupostos para enquadramento estrutural estão incluídos em outros elementos modelados como a inserção do elemento estrutural num elemento arquitetônico, que conterá uma camada para a profundidade de esqueleto estrutural, ou, elementos estruturais esquemáticos que não são distinguíveis por tipo ou material; Profundidade de montagem / espessura ou tamanho do componente e seus locais, ainda de forma flexível;
200		Dimensões aproximadas; Elementos de enquadramento, ou conexão; Grades estruturais definidas
300		Tamanhos específicos dos principais elementos estruturais verticais modelados por grelha estrutural definida com a correta orientação; Informações não gráficas associadas ao modelo como: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Materiais de aço estrutural definido; ▪ Detalhes de conexão; ▪ Acabamentos (pintado, galvanizado, etc.);
350		Elevações reais e localização de ligações dos elementos; Grandes elementos de conexões típicas aplicada a todas conexões de aço estruturais, tais como placas de base, placas, hastes de ancoragem, etc.;; Quaisquer membros de aço diversos com correta orientação; Qualquer estrutura de reforço de aço, tais como chumbadores;
400		Soldas; Ligação dos elementos; Anilhas, arruelas, parafusos, etc.;; Todos os elementos de montagem.

Fonte: LOD Specification, versão 2015 (BIMFORUM, 2015 p. 33)

O LOD 500 não é detalhado na Especificação LOD (BIMFORUM, 2015 p. 13). Também não é abordada a geração manual de detalhes e desenhos 2D fora do modelo virtual, ou outras informações necessárias, mas não geradas via modelo.

Alguns elementos podem não ser desenvolvidos além de um determinado LOD, simplesmente por não ser útil ao projeto. Ferragens de portas e cabines de extintores de incêndio seriam suficientes com um LOD 200 (AIA, 2013 p. 60). Segundo Eastman (2014 p. 51), pode-se argumentar que uma modelagem completa 3D não seria razoável, como a inclusão de pregos e rufos num modelo de construção, e ainda lembra que a necessidade de geração de detalhes 2D de forma manual ainda permanece. Para a geração de modelos na fase de projeto básico, um LOD 300 ou LOD 350 é geralmente suficiente (SOLIHIN e EASTMAN, 2015 p. 71).

2.4.5 Objetos Paramétricos e Biblioteca Digital

Um dos principais conceitos da tecnologia BIM é utilizar componentes da construção civil, como vigas, paredes e portas, já previamente modelados em determinado nível de desenvolvimento (LOD), na forma de objetos paramétricos, com comportamento relacional previsível entre eles e o modelo como um todo, ao invés de desenhá-los como nos tradicionais sistemas CAD. Esse comportamento ocorrerá de acordo com os parâmetros nativos do objeto e fornecidos pelos projetistas. Ayres (2009 p. 44) afirma que há dois tipos básicos de parâmetros: os que armazenam informação sobre a forma dos elementos, como posição, dimensões ou transformações geométricas, e os que armazenam características funcionais dos elementos, como material, especificações, requisitos legais, procedimento de montagem, preço, fabricante, entre outros.

Os objetos paramétricos em BIM têm as seguintes características, de acordo com Eastman et al. (2008) apud Manzione (2013 p. 39):

- a) Consistem em definições geométricas, associadas a regras e dados;
- b) A sua geometria é integrada e não redundante;
- c) As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente a geometria associada quando inseridas no modelo do edifício ou quando modificações são feitas nos objetos associados;
- d) Os objetos podem ser definidos por diferentes níveis de agregação, o que permite definir uma parede, bem como os componentes a ela relacionados;
- e) Os objetos têm a habilidade de ligar ou receber uma ampla variedade ou conjuntos de propriedades e atributos;

- f) O usuário tem a possibilidade de desenvolver os seus próprios objetos paramétricos por meio da criação de bibliotecas de classes de objetos.

Porém essas características são também um dos maiores desafios do BIM, pois pressupõe que o usuário terá esses componentes, na forma de objetos paramétricos, à disposição, em bibliotecas digitais fornecidas por fabricantes, órgãos governamentais, ou fornecedores das ferramentas BIM. Além da prévia existência dos mesmos, é necessário que esses tenham sido modelados com informações classificadas dentro de um padrão pré-definido, permitindo seu pleno uso em diversas análises e fases do projeto, além de permitir a interoperabilidade entre software.

2.4.6 Sistemas de Classificação da Informação

Para que objetos sejam parametrizados com todas as informações adequadas, é fundamental seguirem algum tipo de padronização quanto à classificação de suas informações. Um sistema de classificação para a modelagem dos elementos da construção ou *Building Elements Modelling* (BEM) de destaque mundial é o padrão *OmniClass*. Ele tem sido continuamente desenvolvido, gerenciado e publicado desde 2001 pelo *Construction Specifications Institute* (CSI) e *Construction Specifications Canada* (CSC), objetivando fornecer um meio padronizado de classificação e organização das diversas informações relacionadas à construção civil e objetos BIM em bibliotecas digitais, permitindo o agrupamento, armazenamento e recuperação dessas informações, melhorando o intercâmbio de informações e outras formas de transferência de dados padronizados (NIBS, 2015 Cap. 2.4.4.1.1). O *OmniClass* é baseado em três outros sistemas: *MasterFormat* é a lista principal das terminologias e codificações usados para organizar as especificações e outras informações de projeto; *UniFormat* é um método de organização de informações de construção com base em elementos funcionais ou partes de uma instalação, caracterizados por suas funções, sem levar em conta os materiais e métodos utilizados para alcançá-las; e o EPIC (*Electronic Product Information Cooperation*), com foco nos produtos (AIA, 2013 p. 58; NIBS, 2015 Cap. 2.4.1; SILVA e AMORIM, 2011; MENEZES e LELIS, 2013 p. 2477).

A classificação *OmniClass* varia desde a função da edificação (Tabela 11), como orfanato (11-13 29 11) ou museu (11-14 21 00),

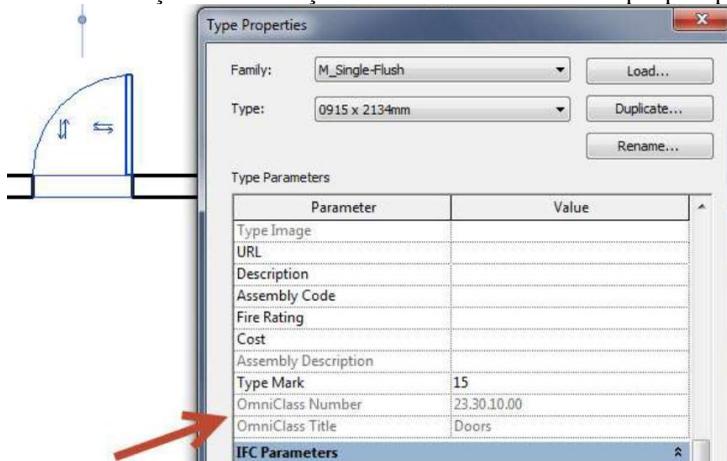
inclusive sub funções, como museu de arte (11-14 21 11) ou de história (11-14 21 14), os tipos de materiais (Tabela 41), granito (41-30 10 11 11) ou quartzo (41-30 10 11 21), até as mais variadas propriedades de um objeto (Tabela 49), como CEP (49-11 11 25), ID de identificação do objeto (49-11 71 19) e do material (49-11 71 17) para software, etc. A Tabela 4 apresenta um exemplo com cinco das onze propriedades de custo da classificação *OmniClass* (NIBS, 2015), e a Figura 18, sua utilização *default* nas propriedades dos elementos do Revit.

Tabela 4 - Propriedades de custo para um objeto qualquer – Padrão OmniClass

Número	Título	Definição
49-41 61 00	Propriedades de Custo	Atributos que descrevem os valores monetários em relação principalmente aos produtos e materiais.
49-41 61 11	Valor	Preço de produtos ou materiais geralmente expressa como um valor de moeda ou o custo de produção de uma unidade
49-41 61 13	Tipo de moeda	Unidade monetária utilizada
49-41 61 15	Preço unitário	Custo de produção de uma única unidade de um produto ou material.
49-41 61 17	Custo atacado	Preço de uma unidade ou grupo de unidades a um valor intermediário entre o fabricante e o consumidor.
...

Fonte: NIBS (2015 Tab. 49 p. 16)

Figura 18 - Utilização da codificação OmniClass no Revit. Exemplo para porta



Fonte: Mello (2015)

No Brasil a ABNT criou a Comissão de Estudo Especial de Modelagem da Informação da Construção (ABNT/CEE-134) para desenvolver um sistema de classificação nacional, tendo como texto base o *OmniClass* (CBIC, 2016 p. 72), o qual segue a norma ISO 12006-

3/2007. Este trabalho resultou na publicação da *NBR ISO 12006-2/2010 Construção de edificação: organização de informação da construção. Parte 2: Estrutura para classificação da informação*, e na *NBR 15965: Sistema de classificação da informação da construção*, dividida em 7 partes. Já foram publicadas as partes: *1/2011: Terminologia e estrutura*; *2/2012: Características dos objetos da construção*; *3/2014: Processos da construção*; e *7/2015: Informação da construção*. Segundo Catelani (2016, p. 58), um dos coordenadores da Comissão, quando totalmente pronta a NBR 15965 oferecerá informações codificadas e padronizadas em português, organizadas em 13 tabelas, que se combinadas, permitirão classificar qualquer item relacionado à indústria da construção.

Como exemplos de sistemas de classificação nacionais, podem-se citar o banco de dados do Sistema Militar de Catalogação do Exército (SISMICAT), SINAPI, Manual Práticas da SEAP, TCPO e SICRO (MELLO, 2015). Pode-se mencionar ainda o Projeto Terminologia e Codificação para a construção (CDCON), realizado no início dos anos 2000, promovido pela ANTAC e grupos de pesquisas das Universidades Federais Fluminense (UFF), de Santa Catarina (UFSC) e do Rio Grande do Sul (UFRGS), no âmbito do Programa de Tecnologia de Habitação (HABITARE), cujo objetivo geral era o desenvolvimento de terminologia e de um sistema de codificação de materiais e serviços, para sua caracterização e exata conceituação e o estabelecimento de um vocabulário controlado, no segmento edificações (TRISTÃO, 2005 p. 25 e JACOSKI, 2003 p. 110). Marchiori (2009) abordou os ganhos para a construção civil se as composições SINAPI fossem codificadas seguindo um padrão pré-estabelecido (WITICOVSKI, 2011 p. 67), o que tende a ser resolvido quando da implantação e obrigatoriedade das NBR ISO 12006 e 15965, e suas partes.

A Figura 19 mostra um exemplo de classificação proposto pela NBR 15965-1/2011 Sistema de Classificação da Informação da Construção Parte 1: Terminologia e Estrutura.

Figura 19 - Exemplo de proposta de classificação

Código	Termo
2C.30.00	Aberturas, passagens e proteções
2C.30.20.00	Janelas
2C.30.20.11	Componentes de janelas
2C.30.20.11.11	Perfis para janelas
2C.30.20.11.14	Caixilhos e peitoris para janelas
2C.30.20.11.17	Venezianas
2C.30.20.14	Janelas por tipo de material

Fonte: ABNT NBR 15965-1 (2011 Tab. 3)

2.4.7 Interoperabilidade

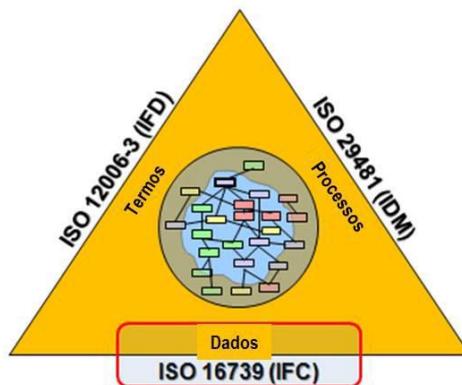
Interoperabilidade é a capacidade de diversos sistemas e organizações para trabalhar em conjunto (interoperar) sendo fundamental para a gestão do ciclo de vida do ambiente construído que desenvolvedores de software e fornecedores objetivem a troca contínua de informações (NIBS, 2015 Cap. 1 e 3 p. 13). No contexto cultural, a interoperabilidade é definida como a habilidade em implementar e gerenciar relações colaborativas entre membros de equipes multidisciplinares que possibilitam o desenvolvimento de projetos de edifícios de forma integrada (MANZIONE, 2013 p. 58). Sendo a troca de informações referentes ao ciclo de vida dos empreendimentos, na forma de dados geométricos ou não, uma das principais características do BIM, é fundamental manter a integridade dos mesmos quando ocorrerem. O propósito é que várias equipes utilizem e atualizem os dados do modelo gerado ao longo da vida do empreendimento. Mesmo numa mesma fase, como a de projeto, diferentes técnicos de várias áreas da engenharia terão que acessar ou alimentar o modelo, utilizando em muitas vezes programas de versões e fabricantes diferentes, com arquivos gerados em formatos proprietários, não compatíveis entre si.

Em seu doutoramento Manzione (2013) fez aprofundado histórico sobre os esforços que têm ocorrido mundialmente para superação de tais problemas, também relatados por Laakso e Nyman (2016 p. 2), que se intensificaram a partir de 1994, com a criação da *Industry Alliance for Interoperability* (IAI)²⁹ a partir de um consórcio de 12 companhias norte-americanas lideradas pela Autodesk. Atualmente renomeada para

²⁹ Em 1997 foi renomeada para *International Alliance for Interoperability* (IAI), e em 2005 para *buildingSMART* (MANZIONE, 2013 p. 43)

buildingSMART, seu principal objetivo é promover o *Industry Foundation Class* (IFC) como um padrão aberto para o trabalho em BIM, denominado open BIM. A Figura 20 ilustra os conceitos anteriores (NIBS, 2015 Cap. 2.5.4.3), fundamentais para o desenvolvimento de padrões para interoperabilidade entre software da construção civil, independente de qual seja o fabricante, principal objetivo da organização *buildingSMART* (AYRES, 2009 p. 65):

Figura 20 – Os três conceitos da tecnologia da buildingSMART



Fonte: NIBS (2015) apud Manzione (2013 p.43)

- i. *Industry Foundation Classes* (IFC), ISO 16739: modelo de armazenamento digital de dados que define como trocar ou compartilhar informações de uma edificação;
- ii. *International Framework for Dictionaries* (IFD), ISO 12006-3 (2007): dicionário de terminologia de dados que define qual informação do edifício será trocada e compartilhada.
- iii. *Information Delivery Manual / Model View Definition* (IDM/MVD), ISO 29481-1 (2010): manual de informação que trata das definições dos processos de troca, especificando quando e quais informações serão trocadas ou compartilhadas.

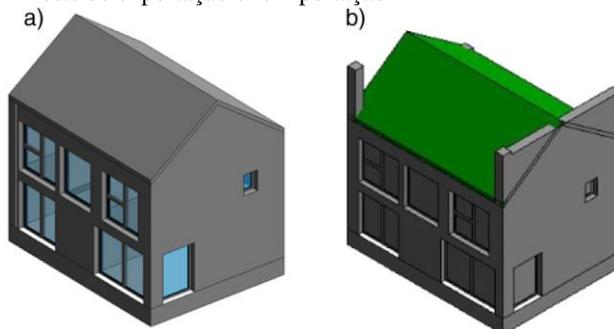
Desta forma, o padrão IFC visa organizar de modo universal as categorias de componentes e processos utilizados pela indústria da construção, caracterizado por ser uma estrutura pública e neutra, ou seja, não pertence a uma empresa de software específica, mas se pretende um protocolo universal de reposição e de intercâmbio de informações

destinadas a essa indústria. Sua coordenação e desenvolvimento está a cargo da *buildingSMART*, registrada sob n. 5024694 na Inglaterra e Galles, com capítulos desenvolvidos em parcerias com diversos países (MENEGOTTO, 2015 p. 5). Desde a sua primeira versão, o protocolo passou por várias faces de especificação listadas a seguir:

- IFC4 RC4 (2012)
- IFC2x4 (2010)
- ifcXML2x3 (2007)
- IFC2x3 (2006) ifcXML2 -> IFC2x2 add1 (RC2)
- IFC2x2 Addendum 1 (2004)
- ifcXML2 -> IFC2x2 (RC1) IFC 2x2 IFC 2x Addendum 1
- ifcXML1 -> IFC2x e IFC2x Addendum 1
- IFC 2x IFC 2.0
- IFC 1.5.1 IFC 1.5

Embora os pilares da interoperabilidade sejam os padrões abertos IFC, IFD, IDM, MVD, com destaque para o primeiro, pois dele derivam as propriedades e relações entre elementos de um edifício (MANZIONE, 2013 p. 167), e mesmo com todos esforços feitos pela *buildingSMART*, como o lançamento do padrão IFC4, muito superior ao IFC2x3 (RYU; LEE; CHOI, 2016 p. 132), muito ainda precisa ser feito para atingimento da interoperabilidade plena. Cemesova et al. (2015 p. 27), num teste simples de exportação de um modelo gerado no Revit para IFC e reimportado novamente para o mesmo programa, verificaram perda de dados, como janelas que perderam transparência e paredes não recortadas com precisão, conforme se observa na Figura 21. Carvalho e Scheer (2011) fizeram testes semelhantes importando e exportando dados estruturais em arquivos IFC entre várias ferramentas BIM e também constataram perdas ou distorções de dados.

Figura 21 - Teste de exportação e reimportação



Fonte: (a) Vista antes da exportação e (b) após a exportação para IFC e reimportação para o Revit. Cemesova et al. (2015)

2.4.8 Ferramentas BIM

Existem diversos desenvolvedores de software com funcionalidades BIM, cada qual com características e capacidades distintas, cuja escolha afetará as práticas de produção, interoperabilidade e as capacidades funcionais de uma organização na elaboração de determinados tipos de projetos (MATOS, 2016 p. 12), não sendo nenhum software ideal para todas as necessidades (EASTMAN et al. 2014). Existem ainda software que permitem importar todo o modelo gerado numa outra plataforma BIM e “*desconstruí-lo*”, possibilitando realizar o planejamento 4D (inclusive integrado a software específicos como Primavera e MS Project), a extração de quantitativos, e a integração a banco de dados de custos (MONTEIRO e MARTINS, 2013 p. 243). A Tabela 5 apresenta alguns exemplos de ferramentas BIM.

Tabela 5 - Programas comerciais

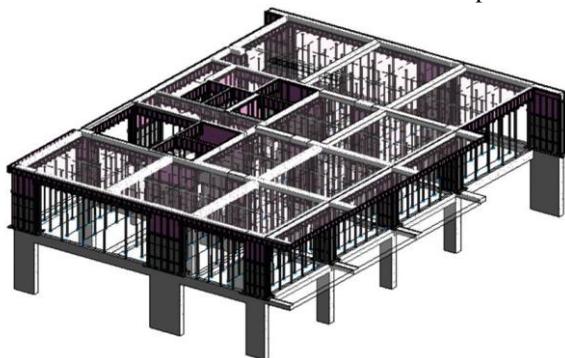
Foco em Modelagem e/ou Dimensionamento		Foco em Planejamento e Custos	
Software	Empresa	Software	Empresa
Revit	Autodesk	Navisworks	Autodesk
ArchiCAD	Graphisoft / Nemetschek Group	Quantity Takeoff (Descontinuado)	Autodesk
Tekla Structures	Trimble	Vico Office	Trimble
Bentley Systems	Bentley	Exactal CostX	Exactal Corporation
Vectorworks Architect	Nemetschek Group	CostOS	Nomitech Ltd
Home Designer Suite	Chief Architect Software	SmartBIM QTO's Cost Check	Plug-in para o Revit
Edificius	ACCA software S.p.A.	Destini Profiler	Bech Technologies
		Solibri Model Checker	Grupo Nemetschek

Fonte: Monteiro e Martins (2013); Eastman (2014); Muller (2015); CBIC (2016 p. 72); Matos (2016)

2.4.9 Especificidades na Modelagem 5D

O objetivo principal de um orçamento é prever o custo de determinada obra tão próximo quanto possível da realidade, evitando assim duas situações prejudiciais para a empresa: orçamentos sub ou super-orçados (GUERRETTA e SANTOS, 2015 p. 2). O uso do BIM pode colaborar significativamente para isso, especialmente para a estimativa de quantidades (MONTEIRO e MARTINS, 2013 p. 239). Para tanto, é importante que a modelagem ocorra dentro de um nível de desenvolvimento (LOD) adequado para o grau de precisão que se espera do orçamento, bem como se observem situações específicas neste processo. A modelagem é o processo de inserção dos diferentes objetos que representam elementos construtivos em um modelo de uma edificação (SAKAMORI, 2015 p. 82). Serviços temporários como escoramentos e fôrmas não serão quantificados se não tiverem objetos inseridos no modelo, como mostra o estudo de Neiva Neto e Ruschel (2015), e Figura 22, e precisarão ser computados pelas vias tradicionais. Tal inserção traz outros ganhos, como o planejamento 4D, o que não é o foco deste estudo.

Figura 22 - Modelo estrutural com fôrmas instanciadas em pavimento tipo



Fonte: Neiva Neto e Ruschel (2015 p. 192).

As armaduras das estruturas, se não tiverem sido modeladas em LOD 400, normalmente dimensionadas e detalhadas com software específicos, como o *Tekla Structures*, e importadas para o modelo, também precisarão ser acrescentadas por vias tradicionais ao orçamento gerado, seja por uma taxa em relação ao volume de concreto, ou com base nos projetos estruturais 2D feitos em software tradicionais, como Eberick (AltoQI), Cypecad (CYPE *Ingenieros*) e TQS (TQS Informática Ltda). A fiação elétrica ou telefônica, dependendo do grau de modelagem pode não estar inserida. Sakamori (2015 p. 132), por exemplo, relacionou sua quantidade ao comprimento dos eletrodutos.

A vinculação dos serviços e suas quantidades a algum banco de dados de custo, organizado dentro de um sistema de classificação compatível com os objetos utilizados no modelo para obtenção de valores monetários, também é fator crítico. E finalmente, alguns itens simplesmente não existirão no modelo, total ou parcialmente, e precisarão ser acrescentados ao orçamento gerado em BIM, porém não são numerosos e são de fácil quantificação (Matos, 2016 p. 43), como administração local, mobilização e desmobilização, ensaios técnicos, aquisição do terreno, empresa gerenciadora etc. Ou seja, o processo não será totalmente automático (MONTEIRO e MARTINS, 2013), sendo pertinente definir o nível de detalhe para extração de quantitativos antes de iniciar a modelagem (SABOL, 2008). A revisão em curso do SINAPI gerou um aumento no número de composições tornando ainda mais complexo relacionar o elemento modelado com seu custo mais adequado.

2.4.10 Modelagem 4D x 5D

Cabe destacar que o objetivo da pesquisa é obter um orçamento de referência que sirva de base para o procedimento licitatório, atendida as exigências e formalidades da legislação pertinente. Em que pese autores como Sakamori (2015, Resumo) defenderem a prévia modelagem 4D à 5D, para permitir simular e analisar o fluxo de caixa do empreendimento, cujo levantamento de custo apresenta maior incerteza nas fases iniciais, o foco desses estudos costuma ser o planejamento executivo realizado pela construtora, em grande parte obras privadas, para maximizar sua produtividade e minimizar o prazo e consumo de recursos materiais, aumentando seu lucro, o que é plenamente defensável, desde que cumpridas as especificações licitadas. Todavia, no caso de obras públicas, especialmente contratações *Design-Bid-Build* (DBB), é necessário previamente estimar um orçamento de referência com quantitativos de acordo com o projeto licitado e custos unitários limitados às referências legais, o que se espera, não serão inexequíveis nem superfaturados. Se esses requisitos não se cumprirem, qualquer planejamento a ser feito futuramente pela vencedora do certame estará prejudicado. Por isso, reforça-se a importância da prévia estimativa de custo pela correta elaboração do orçamento de referência, no caso via modelagem 5D, dentro do grau esperado para projeto básico ou executivo, conforme arbítrio do Gestor Público, ressalvadas as exceções do Regime Diferenciado de Contratações (RDC).

2.4.11 Estado da Arte na Modelagem 5D Indexado a Custos Unitários de Referência

Estimar o consumo de materiais e os custos de produção de uma edificação, em vários níveis de desenvolvimento, desde estudos conceituais a detalhados projetos executivos, agregando uma quinta dimensão (5D) ao modelo, com regeneração automática dos valores pela interligação a bancos de dados de custos, são exemplos dos benefícios da utilização da tecnologia BIM no processo de orçamentação. Com vistas a identificar o estado da arte no processo de modelagem 5D, nacional e internacionalmente, foram identificadas as pesquisas mais recentes com foco na vinculação dos serviços levantados em BIM a algum banco de custos, especialmente o SINAPI, no caso brasileiro.

Witicovski (2011) mapeou o fluxo de informações durante o processo de levantamento de quantitativos ao longo do ciclo de projeto e construção de empreendimentos, em seis estudos de caso de construtoras

diferentes, dois com métodos tradicionais, e quatro com uso de metodologia BIM. Seus objetivos eram comparar os processos de quantificação em 2D e BIM; e analisar a margem de erro dos orçamentos em relação ao estágio de desenvolvimento de projetos e os diferentes estágios de implementação e modelagens do BIM. Para tanto, mapeou as diversas variáveis envolvidas, como: número de profissionais; fluxo de informação e as interações entre esses profissionais e demais setores das empresas; os diversos software utilizados; os procedimentos de modelagem que cada empresa que utilizava BIM realizava (Super modelagem, Meta modelagem, Modelagem e Micro modelagem). Ou seja, a interoperabilidade entre os programas, e o nível de desenvolvimento dos objetos e modelo, fornecendo visão das várias formas de trabalho dessas empresas.

Já Cheung et al. (2012) perceberam que muitos projetistas modelam inicialmente no SketchUp pela sua simplicidade, e depois transferem para um ambiente CAD 2D ou mesmo BIM. Assim, ainda que o software não seja considerado uma ferramenta BIM, estudaram o uso de um plug-in que estima os valores da obra ainda na fase de concepção, no próprio SketchUp, baseado nas formas geométricas do modelo e ligado a dados de custo, com base em códigos ID fornecidos pelo usuário. A ferramenta é chamada de *Low Impact Design Explorer* (LIDX) e está inserida num estudo mais abrangente.³⁰

Monteiro e Martins (2013) abordaram os diversos aspectos de quantificação e precificação envolvidas na modelagem 5D; as vantagens e desvantagens de aumentar o nível LOD dos objetos modelados para a extração de quantidades; a possibilidade de extração de quantidades na maioria das ferramentas BIM; a necessidade de utilização de outros programas para a identificação dos custos; a ocorrência de perdas de dados nessas trocas, inclusive via IFC; e as limitações e vantagens quanto a entrada e saídas de dados das ferramentas BIM. Citam ainda: as limitações quanto à existência de vários sistemas de classificação (P. 241), como *MasterFormat*, *OmniClass*, *Unifomat* and *Unifomat II*, *UniClass* and *CEEC*; ou mesmo sua inexistência como ocorre em Portugal, sendo o *ProNIC* um esforço para implantação no país de sistema de classificação; a necessidade de tê-los seguindo uma classificação vinculada à típicas estruturas analíticas de projeto (EAP), entre outros. Os autores também comparam as características quanto a entrada e saídas de dados de quantificação do Revit e ArchiCAD, as duas ferramentas BIM

³⁰ Mais detalhes podem ser vistos em: <http://www.youtube.com/user/tsbLIB/videos>

amplamente utilizadas em projetos arquitetônicos (p. 242), nos vários grupos de elementos como fundação, escadas, instalações etc. Registram que o Revit possui recursos mais simples que o ArchiCAD, pois a Autodesk tinha na época o Autodesk Quantity Takeoff, programa específico para quantificação, o qual foi descontinuado e incorporado ao Navisworks. Que o Revit exporta os dados apenas em *txt*, e o ArchiCAD, em vários formatos, como *PDF*, *xls* e *DWF*.

Mendes Jr. et al. (2013) propuseram um método de integração do modelo BIM com o planejamento de prazo e custo, resultando em uma simulação BIM 5D do empreendimento. Para tanto, usando o software Revit, criaram dois parâmetros de texto em forma de instância para informar a EAP e o código SINAPI de cada elemento do projeto. Em seguida, exportavam as tabelas de quantidades de cada família do Revit e usando macro no Excel, relacionavam o custo unitário do SINAPI com as tabelas, agrupando-as ainda num documento único.

Wang et al. (2014 p. 126-127) levantaram o número de publicações abordando o planejamento de custos, e verificaram que a maioria da literatura abordava aspectos de planejamento e cronograma de obras, com poucos estudos sobre o controle de custos, e ainda assim de forma conceitual, outros tratando apenas sobre levantamento de quantitativos, com poucos estudos abordando casos reais. No estudo, os autores desenvolveram um sistema BIM 5D de controle de custos, baseado no Nawisworks, e aplicaram num terminal de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), com foco na geração da Curva “S”, e suas variáveis: Valor planejado, Custo real e Valor agregado. As duas próximas tabelas³¹ retratam estudos sobre BIM 5D verificados por Wang et al. (2014). A Tabela 6 os que tiveram o modelo calibrado em casos práticos, e a Tabela 7, os que tiveram apenas abordagens teóricas.

³¹ As referências citadas por Wang et al. (2014) constam no capítulo de Referências Bibliográficas desta Dissertação em tópico específico, pois não foram diretamente citadas neste trabalho, ou integralmente pesquisadas.

Tabela 6 - Estudos publicados sobre a Modelagem 5D, com calibração do modelo

Autor	Descrição do projeto	Finalidade do Modelo 5D
Abdelmohsen <i>et al.</i> (2011)	Tribunal Federal (EUA)	Automatizar o processo de análise prévia de custo
Jongeling <i>et al.</i> (2005)	Edificação de 25 andares (Suécia)	Verificar conceito da Modelagem 5D
Tanyer & Aouad (2005)	Complexo residencial (Manchester, U.K.)	Desenvolver e avaliar banco de dados utilizando IFC
Panushev & Pollalis (2006)	Edificação da Califórnia Academy of Sciences – (São Francisco, EUA)	Melhorar a gestão de informação do projeto utilizando BIM
Kala <i>et al.</i> (2010)	Centro Médico (Oakland)	Comparar o tempo de estimativa de custos entre convencional x BIM 5D

Fonte: Wang *et al.* (2014)

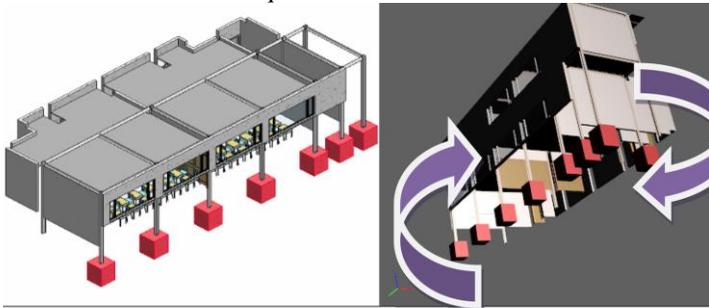
Tabela 7 - Estudos publicados sobre a Modelagem 5D, apenas abordagem teórica

Autor	Finalidade do estudo sobre BIM 5D
Haque e Mishra (2007)	Propuseram um método para desenvolver um modelo 5D. A informação de custos só foi exibida no modelo 4D, portanto, indicando limitações quanto a abordagem de custo.
Shen e Issa (2010)	Realizaram um experimento para comparar o desempenho de ferramentas de estimativas BIM (incluindo aqueles com e sem funções de cálculo) com levantamentos tradicionais via desenhos em 2D e planilhas
Mitchell (2012)	Discutiram o que é um "5D <i>Quantity Surveyors</i> (5D QS)" e como contribuiria nas várias fases de um projeto para estimar o custo com certa confiança.
Cheung <i>et al.</i> (2012)	Propuseram um método e desenvolveram um protótipo para incorporar a estimativa de custos (e possivelmente outras avaliações, como análise energética e geração de resíduos) na fase inicial de concepção de projeto para o software Sketch-up
Kehily <i>et al.</i> (2013)	Propuseram uma metodologia para estimar os custos ao longo do ciclo de vida de um empreendimento, vinculando os dados gerados a um software comercial (CostX).

Fonte: Wang *et al.* (2014)

Nadeem, A. Wong e F. Wong (2015) estudaram a geração de relatórios em formato PDF, com vistas da edificação e lista de quantidades associadas conforme Figura 23, usando os programas Autodesk Revit, 3Ds Max Design e MS Word. A empresa Bech Technologies, desde 2006, oferece comercialmente o software Destine Profiler (DProfiler) que permite estimativas de custos integrando modelos gerados em ferramentas BIM com o banco de dados de custos da RSMMeans, um dos principais dos EUA.

Figura 23 - Vista com lista de quantidade associada

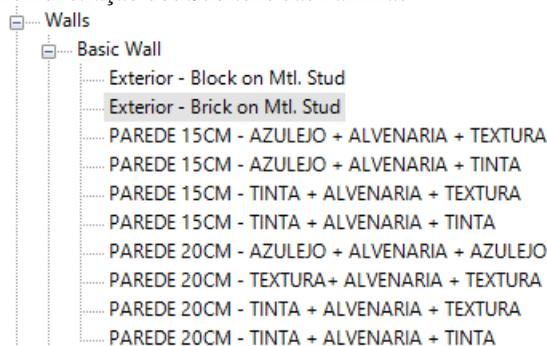
All-in Rate for the Reinforced Concrete Footing (Steel ratio around 120 kg / m³)

Types	Number	Volume (a)	Rate (b)	Total Amount (a) x (b)
1000mm x 1000mm x 1200mm	7 (1.2 m ³ each)	8.4 m ³		
Reinforcement	8.4 m ³ x 120 = 1.008 kg	1.008 Kg		

Fonte: Nadeem, A. Wong e F. Wong (2015 p. 2471)

Sakamori (2015), em sua dissertação, demonstrou os processos de modelagem 5D para extração dos quantitativos do modelo e indexação dessas quantidades aos custos do SINAPI, sendo uma continuação dos estudos de Mendes Jr. et al. (2013) e Santos et al. (2013). Para tanto, três tipologias de edificações foram modeladas, com a criação ou adaptação prévia das famílias do Revit e seus respectivos componentes, nas disciplinas arquitetônica e complementares, ao escopo do projeto e especificações das composições SINAPI paradigmas. Em cada elemento de cada família modelada era inserido o código da composição SINAPI no campo *Keynote*, o qual seria o vínculo com a tabela SINAPI, e também o código da Estrutura Analítica de Projetos (EAP), ordenando a lista a ser gerada posteriormente. A Figura 24 exemplifica várias tipologias modeladas de elementos de parede vinculados à família parede (*Basic Wall*). Ao final, era exportado para cada uma das 22 famílias dos modelos um arquivo em .txt, com EAP, Código SINAPI e Quantitativos, para ser importado e manipulado no Excel, onde ocorreria também a inserção dos custos unitários.

Figura 24 - Demonstração dos Subitens das Famílias



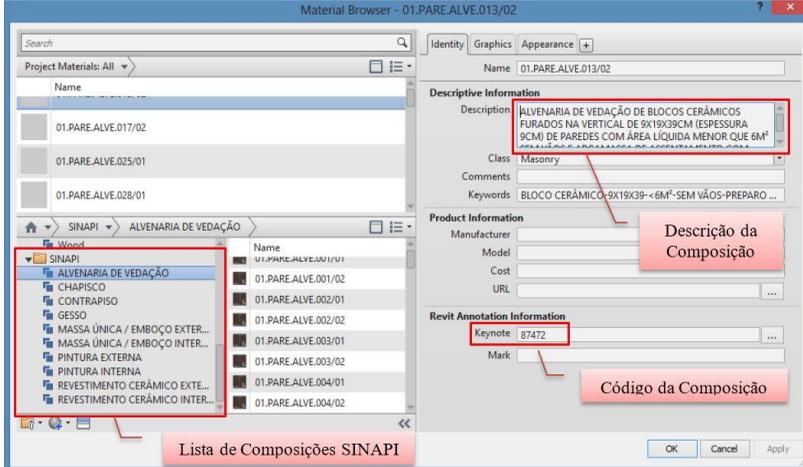
Fonte: SAKAMORI (2015 p. 91)

Entretanto, é necessária a intervenção do orçamentista, pois o Revit extrai as quantidades em unidades pré-definidas, e itens como área de formas da estrutura precisam ser consideradas nas três faces. Outros itens como fiação tiveram que ser inseridos manualmente ao final do orçamento, como produto do número de fios por eletroduto. Os custos do SINAPI foram obtidos no site da CEF, em *pdf*, convertidos para *xls*, e utilizando uma planilha com várias abas e macro, foram integrados e reordenados em aba específica, titulada de *orçamento sintético*, via macro.

Já a CEF, por meio da Gerência Nacional de Padrões e Normas Técnicas de Engenharia (GEPAD), está promovendo estudos para geração de orçamentos de referência com tecnologia BIM integrada aos custos do SINAPI. Carvalho e Pinto (2015) demonstraram parte desse trabalho, modelando alguns projetos de referência da CEF em Revit, definindo um *template* básico com famílias do sistema e componentes já cadastrados, com regras que ligassem às composições SINAPI, retornando quantitativos e custos unitários. Isso gerou dificuldades, tais como o retorno de 53 tipos de parede para uma casa de 38m², conforme a combinação de alvenaria, chapisco, emboço, pintura ou cerâmica, embora cada uma das camadas das paredes já estivesse adequadamente ligada à composição SINAPI. O processo foi revisado com a criação do plug-in SISPLO, que é ligado ao software de orçamentação de mesmo nome, em que o usuário deve pesquisar e associar a composição mais adequada. Há limitações: além do próprio processo de escolha, é necessário usar apenas famílias e tipos do *template*, é restrito à ferramenta Revit, e há os custos de aquisição do software. A Figura 25 mostra o cadastramento das

composições na biblioteca de materiais do Revit, e a Figura 26, a criação dos elementos construtivos para modelagem dos projetos.

Figura 25 - Cadastramento das composições na biblioteca de materiais do Revit



Fonte: Carvalho (2015)

Figura 26 - Criação dos elementos construtivos no Revit



Fonte: Carvalho (2015)

Das, Cheng e Kumar (2015) apresentaram interessante estudo teórico, denominado *Social BIMCloud*, sobre as possibilidades de

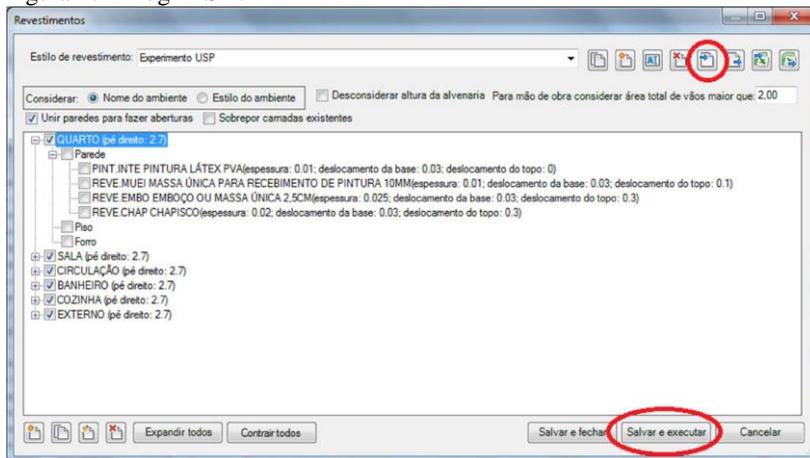
intercâmbio de informações BIM armazenadas na “*nuvem*”, baseada em plataforma web e SQL, cujas possibilidades, dentre outras, permitiriam a utilização de dados para estimativa de custos.

Lu, Won e Cheng (2016) propuseram integrar ao modelo 5D também o fluxo de caixa do empreendimento, considerando as entradas e saídas monetárias, taxas de juros de financiamento, inflação, entre outras variáveis financeiras, permitindo uma melhor tomada de decisão sobre a viabilidade econômica do empreendimento. Para isso, desenvolveram um protótipo, baseado na integração do Autodesk Navisworks 2014 via plug-in com o MS Excel Visual Basic for Application (VBA), em que o Navisworks faz as quantificações e simulações e o Excel faz as análises financeiras.

Ferrari (2016) analisou a viabilidade de inserção do BIM na realização das análises dos projetos de obras públicas acompanhadas pela CEF. Destacou a importância e participação da CEF neste segmento, acompanhando cifras bilionárias em programas como PAC e MCMV, atuando como principal mandatária da União nos contratos de repasse, com uma carteira aproximada do OGU de R\$ 33 Bilhões em 2014, exceto o MCMV e qualquer modalidade de financiamento, sendo potencial difusor das práticas BIM. Com robusto quadro de engenheiros e arquitetos, superior a dois mil, distribuídos nacionalmente em 72 unidades regionais de Governo, espelhadas em outras 72 de Habitação, sua metodologia de trabalho no tocante à análise de custos, principal “gargalo” do processo, ocorre (FERRARI e MELHADO, 2015 p. 8) de forma essencialmente manual, utilizando projetos e planilhas impressas ou eventualmente, em meio eletrônico. Identificados os itens significativos, por Curva ABC ou outras técnicas de análise de custos, os quantitativos são manualmente estimados pela leitura dos projetos apresentados, e os serviços orçados comparados às especificações das composições SINAPI, entre outras bases de custo. No estudo, Ferrari concluiu ser necessário que os projetistas entreguem a documentação em formato digital modelado em BIM para automatização de parte do processo de análise. Para tanto, modelou com Revit alguns projetos típicos, como Posto de Saúde e Creche, e a priori, correlacionou seus objetos às composições SINAPI recentemente aferidas. Mas encontrou dificuldades, como nas paredes, devido às variações de camada de chapisco, emboço, pintura, que possuem composições específicas no SINAPI, e o software as relaciona de forma conjunta numa parede, obrigando-a a modelar várias tipologias. Ainda assim, não foi suficiente, pois todas as camadas têm a mesma altura, o que não ocorre na realidade.

Contornou modelando cada serviço como paredes justapostas, e com a altura desejada de cada camada. Finalmente, analisou a utilização de dois plug-ins desenvolvidos por empresa consultora, *Plug-in Revestimento* e *Plug-in SINAPI*, em que o primeiro faz a inserção das camadas de revestimento de forma justaposta para permitir a quantificação, e o segundo, mais abrangente, foi desenvolvido para auxiliar na especificação de materiais e componentes para cada elemento modelado, relacionando-os com as composições SINAPI. Conforme Ferrari (2016), demonstrado na Figura 27, “[...] em cada ambiente é possível selecionar materiais para as paredes, pisos e forros. A filtragem das possibilidades ocorre de acordo com as características do objeto modelado, permitindo a exportação dos dados para finalização do processo de orçamentação”. Foram feitas pesquisas de opinião com os técnicos da CEF e com participantes de um *Workshop*, que modelaram uma pequena casa utilizando os plug-ins criados e relataram as dificuldades. Por fim, os autores registram que o *plug-in* se encontra em testes internos na instituição, e qualquer iniciativa da CEF ocorreria em formato livre, como IFC.

Figura 27 - Plug-in SINAPI



Fonte: Ferrari (2016)

Matos (2016) estudou o potencial de aplicação do BIM na fiscalização de obras públicas, realizando um estudo de caso sobre o projeto padrão do Terminal de Passageiros (TPS) M0, contratado pelo Banco do Brasil dentro do Programa de Aviação Regional e elaborado em tecnologia BIM (Revit e Navisworks). Identificou inconsistências no

modelo, como paredes com camadas modeladas em desacordo com as regras de prioridade nas interseções, e com espessuras diferentes das consideradas nas composições orçadas. Verificou que as especificações, memorial descritivo e orçamento foram feitos no MS Word e Excel, de forma manual e sem vínculos com o modelo, e que continham inconsistências. Sugeriu que o processo seja automatizado, com referência cruzada e bi-direcional entre os documentos, o que pode ser obtido com os plug-ins *e-SPECS* (InterSpec, Inc) para uso com o Word e *BIMLink* para uso com o Excel (Ideate Software). Identificou grandes vantagens no uso do BIM na quantificação dos serviços, o que pode ser facilitado pelo plug-in *Roombook* (Autodesk), especialmente no comando *Buildingbook* que calcula os quantitativos das peças de construção para cada nível da edificação. Por fim não viu grandes benefícios do uso do BIM na identificação de sobrepreço e superfaturamento³² decorrentes de preço unitário acima dos referenciais SINAPI e SICRO.

Fenato (2017) propôs um método para realização de modelagem BIM usando o software Revit com vistas a obtenção do orçamento operacional, com foco na extração de quantitativos. Para tanto, fez testes iniciais observando o comportamento da ferramenta BIM quanto à extração de quantidades. Em seguida, fez três estudos empíricos. Como exemplo, o estudo 1 foi referente aos serviços de alvenaria, emboço e enchimento hidráulico. No tocante ao serviço de alvenaria, este foi desagregado em oito operações: Demarcação dos eixos; chapisco rolado entre estrutura e alvenaria; marcação da alvenaria; elevação da alvenaria; fabricação de vergas; instalação de vergas; execução de pilaretes; e fixação de alvenaria. Tais operações foram modeladas para se obter seus quantitativos. Concluiu que a elaboração de orçamento operacional por meio de modelagem com objetos 3D no Revit é trabalhosa. Porém, igualmente é trabalhosa a obtenção do orçamento operacional de forma clássica, via planilhas. E ainda, que o processo pode ocorrer por modelagem simplificada, usando parâmetros, e diminuindo o esforço de modelagem.

2.4.12 Lacunas a Serem Pesquisadas

³² Sobrepreço ocorre quando o preço da obra/serviço/insumo é injustificadamente superior ao preço dado pelo paradigma. [...] O superfaturamento ocorre quando se faturam serviços de uma obra com sobrepreço ou quando se faturam serviços que não foram executados (cujos quantitativos medidos são superiores aos efetivamente executados). (BRASIL, 2011b apud Matos 2016, p. 41).

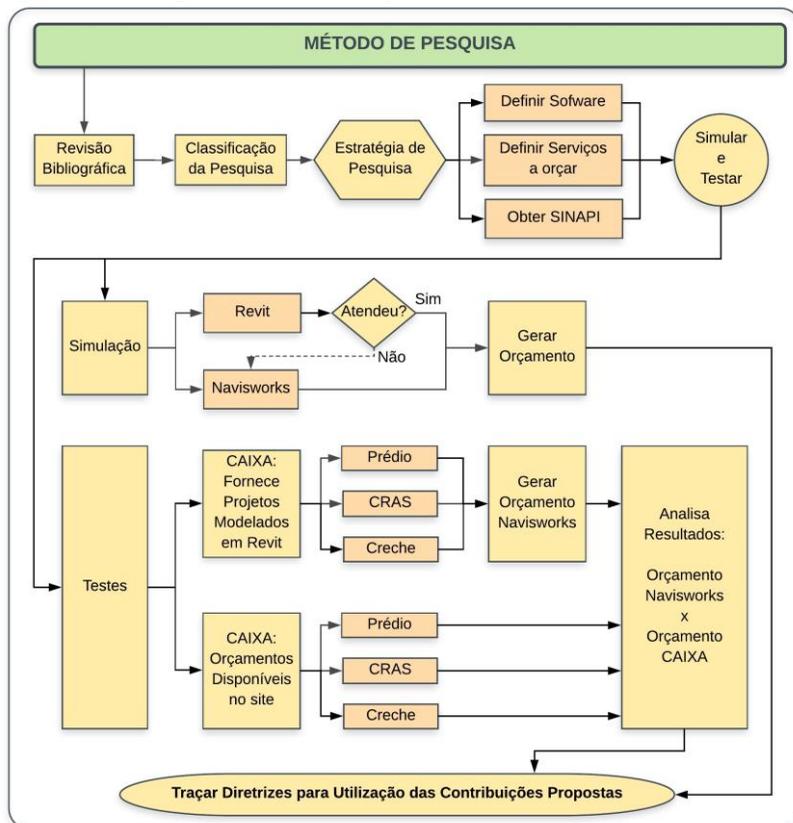
Verificou-se a existência de estudos sobre BIM 5D relacionados à integração com o SINAPI. Porém, alguns foram feitos antes da atual metodologia de árvore de fatores do SINAPI, como Sakamori (2015), Mendes Jr. et al. (2013) e Santos et al. (2013). Já outros consideraram árvore de fatores, mas com abordagem diferente da proposta neste estudo, realizando a maior parte do processo diretamente na ferramenta de modelagem. E ainda, relataram dificuldades, como Carvalho e Pinto (2015) e Ferrari (2016).

Desta forma, a pesquisa visa preencher esta lacuna de conhecimento. Para tanto, abordará a integração do BIM 5D com o SINAPI já prevendo o uso de árvore de fatores. Realizará a maior parte do processo em ferramenta BIM de análise (Navisworks) e não de modelagem (Revit). Considerará na geração do orçamento inclusive itens não modelados. E principalmente, buscará obter um orçamento analítico ou detalhado com base num modelo com objetos de baixo LOD, até 300. Essa abordagem não foi verificada nas pesquisas referenciadas.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo descreve as etapas e ações necessárias para a realização da pesquisa, ilustradas no fluxograma da Figura 28.

Figura 28 - Fluxograma – Método Proposto



Fonte: Autor

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Após delimitação do tema, estudo da literatura pertinente, e classificação metodológica da pesquisa, iniciou-se a estruturação das contribuições propostas. Para tanto, foram definidos os software a serem utilizados, definidos os serviços a serem orçados, obtido o SINAPI em formato editável, modelada uma edificação de pequeno porte, chamada

de Guarita, e obtido três projetos modelados com as disciplinas de arquitetura e estrutura pela CEF. Em seguida, foram realizados os procedimentos de simulação, utilizando a Guarita, descritos no capítulo 4, e testes, utilizando os modelos fornecidos pela CEF, descritos no capítulo 5. Finalmente, após análise dos resultados, pode-se traçar diretrizes gerais para utilização das contribuições propostas nesta pesquisa.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa científica pode ser classificada de várias formas (SILVA e MENEZES, 2005 p. 20; RAUEN, 2015 p. 154). Na prática, uma pesquisa se enquadra em múltiplos critérios, acentuando-se um ou outro tipo (PRODANOV e FREITAS, 2013 p. 50). Considerando a possibilidade de múltiplos enquadramentos (GIL, 2010 p. 29), e os enquadramentos propostos por Gil (2010 p. 25), Silva e Menezes (2005 p. 20), Gerhardt e Silveira (2009 p. 31), e Prodanov e Freitas (2013 p. 49), classifica-se esta pesquisa da seguinte forma:

- a) Natureza: Aplicada, pois contribuirá para solucionar dificuldade específica da Administração Pública, referente à elaboração de orçamentos de referência;
- b) Objetivo: Exploratória e descritiva, pois é necessário aprofundar o conhecimento sobre engenharia de custos e BIM, além de descrever aspectos específicos da geração de orçamento de referência em obras públicas utilizando BIM 5D;
- c) Abordagem: Qualitativa, pois não serão usadas técnicas estatísticas na comparação dos resultados obtidos nas validações;
- d) Procedimentos: Bibliográfica e Experimental, devido à revisão da literatura e simulação e validações utilizando as ferramentas BIM.

3.3 PROGRAMAS ADOTADOS NA PESQUISA

Adotou-se o software Autodesk Revit 2018 para modelagem da edificação usada na simulação, conferência e eventual edição dos modelos usados nas demonstrações e testes, e o software Autodesk Navisworks Manage 2018 para a extração de quantitativos e estruturação do orçamento de referência, inclusive inserção dos códigos, descrições e

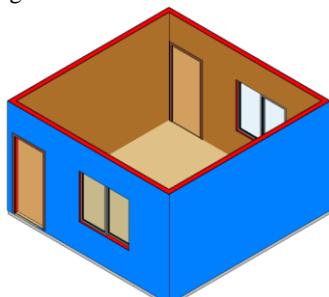
unidades das composições SINAPI. Adotou-se o software Microsoft Excel 2016 para vinculação do custo unitário a cada composição e formatação final do orçamento de referência. No tocante ao levantamento de quantidades, o Navisworks incorporou desde 2014 as funções do software já descontinuado Autodesk Quantity Takeoff (QTO), através do módulo *Quantification*, o qual foi utilizado para a quantificação dos serviços na presente pesquisa.

3.4 PROJETOS UTILIZADOS NA PESQUISA: FASES DE SIMULAÇÃO E DEMONSTRAÇÃO E TESTES

Para simulação das contribuições propostas, descrita no capítulo 4, modelou-se uma edificação de pequeno porte, chamada de Guarita, com planta baixa quadrada de 5 metros entre eixos, e 3 metros de altura, sendo duas paredes com aberturas, e duas sem aberturas.

Para demonstração e testes das contribuições propostas, utilizou-se três projetos fornecidos pela CEF, por meio da Gerência Nacional de Padrões e Normas Técnicas (GEPAD). Estes projetos possuíam as disciplinas de arquitetura e estrutura modeladas em alto nível de desenvolvimento e detalhamento (superior a 300), com os orçamentos analíticos disponíveis no site da CEF. O capítulo 5 apresenta maiores detalhes sobre os mesmos, e a Figura 29 os ilustra.

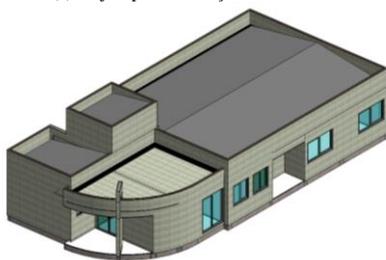
Figura 29 - Modelos utilizados na simulação e validação



(a) Projeto para Simulação: Guarita



(b) Projeto CAIXA R4-2B-49C: Edifício



(c) Projeto CAIXA 10619: CRAS



(d) Projeto CAIXA 10639: Creche FNDE Tipo C

Fonte: Autor

3.5 NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM (MÁXIMO LOD 300)

O Revit possui diversas formas para realização de uma mesma modelagem (por exemplo, um único elemento de parede com várias camadas de materiais, ou vários elementos de paredes justapostas de camada de material único). Porém, a pesquisa apresenta contribuições para obtenção do orçamento de referência de obra pública com base num projeto básico de engenharia obtido de modelo BIM com objetos ou elementos modelados com baixo nível de modelagem. Este projeto básico e orçamento de referência devem obrigatoriamente atender a Lei de Licitações e RDC, e ter os custos diretos limitados ao SINAPI, conforme exigido no Decreto Federal 7983 (Brasil, 2013a). Desta forma, a modelagem dos elementos construtivos pode ser limitada até um nível de desenvolvimento (LOD) dos elementos de 300. Assim, o piso pode ser modelado com três elementos distintos (*piso arquitetônico* para representar o piso cerâmico, contrapiso, etc., *forro* para representar o revestimento interno do teto, como chapisco, massa única, pintura, forro de PVC etc., e o *piso estrutural* para representar a laje, quando houver.

Outros elementos não precisam ser modelados, como rodapés e vergas, e seus quantitativos serem extraídos do Navisworks, mediante uso de fórmulas.

É importante registrar que no Revit as quantidades são levantadas por elementos (por exemplo área de paredes), e materiais inseridos em cada elemento (por exemplo alvenaria, chapisco, etc.) e no Navisworks é possível quantificar por elemento apenas. Porém no caso do levantamento de materiais, o Revit possui limitações, como já identificado por Ferrari (2016), pois no caso de paredes a alvenaria teria altura limitada à viga, juntamente com revestimentos, os quais deveriam ir até o teto e não vão. Desta forma, o uso de três elementos de paredes justapostas é uma solução de modelagem que resolve este problema, além de permitir contornar os pilares com seção maior que a espessura da parede, e trabalhar com estas relações no Navisworks.

Para a simulação, as paredes da Guarita foram modeladas como três paredes justapostas, unidas entre si pelo comando *Join* (ou unir geometria), em que as paredes externa e interna representam os serviços de revestimento externo e interno respectivamente, e a parede do meio representa apenas o serviço de alvenaria.

Para as demonstrações e testes, parte dos elementos e camadas de materiais modelados pela CEF foi desconsiderada. Assim, os serviços eram obtidos de uma quantidade menor de elementos, mediante uso de fórmulas e outras técnicas de orçamentação disponíveis na ferramenta BIM utilizada. Maiores detalhes da modelagem presente nos modelos testados, e o processo de orçamentação empregado, são descritos no capítulo 5.

3.6 DEFINIÇÃO DOS SERVIÇOS A INCLUIR NO ORÇAMENTO

Para simulação das contribuições propostas, descritas no capítulo 4, foi orçado o serviço de alvenaria de vedação da Guarita, pois ele possui uma árvore de fatores extensas, sendo didaticamente adequado para os testes iniciais.

Já para a demonstração e testes, descritos no capítulo 5, todos os serviços de arquitetura e estrutura presentes nos três projetos foram orçados. Alguns desses serviços estão modelados, como o concreto das lajes e vigas, e outros são adicionados em função desses elementos, como uma taxa de kg/m^3 para as armaduras distribuídos em percentuais para cada bitola, e um critério de cálculo para as fôrmas. Por exemplo: *Fôrmas* = *área das lajes* + $((2 \times \textit{altura das vigas} + \textit{espessura da viga}) \times$

comprimento); *Rodapé* = *perímetro do piso*; *Contrapiso* = *área de piso cerâmico* + (*perímetro x profundidade do revestimento da parede*), etc. Todo este processo de orçamentação é realizado no Navisworks.

3.7 CRIAÇÃO DA EAP E INCLUSÃO DAS COMPOSIÇÕES SINAPI AO MODELO

A inclusão das composições, descrições e das unidades do SINAPI ocorre diretamente no software Navisworks, da seguinte forma:

- i. Cria-se um catálogo de composições para os serviços a serem orçados, seguindo a árvore de fatores do SINAPI, utilizando o *template* do próprio programa para este fim. Este catálogo contém o código, a descrição, a unidade do SINAPI, e a definição de qual unidade deve ser considerada entre as várias opções disponíveis fornecidas pelo programa (Coluna *Primary Quantity Units*);
- ii. Cria-se um catálogo de estrutura analítica do projeto (EAP) para uma obra típica de edificação, com até dois níveis de macro itens, utilizando o mesmo tipo de *template* anteriormente citado.

A criação de ambos os catálogos é opcional, pois o orçamentista poderia gerar os macro itens manualmente, à medida que cada grupo de serviços fosse sendo orçado. Da mesma forma, os serviços SINAPI poderiam ser digitados manualmente, ou pesquisados diretamente na tabela SINAPI, copiados e colados no módulo *Quantification*. Porém, a prévia criação do catálogo da EAP como *template* dispensa o orçamentista de ter que refazer o procedimento a cada orçamento, podendo editar ou deletar macro itens não usados. Da mesma forma, a criação do catálogo SINAPI na forma de árvore de fatores facilita o processo de busca de composições, além de já vir com a unidade pré-definida.

Para a efetiva orçamentação, o usuário escolhe as composições que desejar no catálogo do SINAPI, e as copia para o catálogo do orçamento analítico, diretamente no Navisworks. Em seguida, arrasta os elementos do projeto para estas composições, com base nas ferramentas de filtro e pesquisa do Navisworks, a ser configurada de acordo com a árvore de fatores do SINAPI, vinculando neste momento as quantidades do elemento ao serviço SINAPI. Tal configuração pode inclusive ser salva

para utilização em futuros orçamentos. Conforme os elementos são arrastados, as EAPs são criadas automaticamente.

3.8 VINCULAÇÃO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DAS COMPOSIÇÕES SINAPI AOS ELEMENTOS MODELADOS

3.8.1 Acesso à Base de Dados do SINAPI

A opção mais simples de acesso à base de dados do SINAPI é baixar os arquivos em *xls* disponíveis gratuitamente no site da CEF. O usuário escolhe o estado da federação, o mês de referência, e o regime de tributação, onerado ou desonerado, e obtém as tabelas de custos unitários de *Insumos*, e de composições de serviços, neste caso podendo optar pelos relatórios *Sintético* e *Analítico*. Outra opção é realização de convênio pago³³ com a Instituição, obtendo acesso ao Sistema SIPCI, o que permite gerar todas as tabelas nas extensões *pdf*, *txt* e *xls*, entre outras funcionalidades, como geração de orçamento online, cadastro de custos regionais, geração de curva ABC, etc. Entretanto, um acesso irrestrito a base de dados, via algum tipo de Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) ou *Data Base Management System* (DBMS) de forma relacional, como Oracle, MySQL, Microsoft Access, entre outros, ainda não é liberado pela Instituição.

Na presente pesquisa foi utilizado o SINAPI Sintético Desonerado de Santa Catarina, data-base Julho de 2017, obtido no site da CEF. Como o SINAPI não possui BDI, este deve ser acrescido aos valores obtidos para se estimar o preço final do orçamento. Para a simulação, foi considerado BDI de 20%, e para as demonstrações e testes, não foi aplicado BDI para melhor comparação entre os orçamentos da CAIXA e os obtidos na pesquisa.

3.8.2 Relacionamento do Banco de Dados do SINAPI com o Modelo

Definida a base de dados de custos a ser utilizada, é preciso optar pela forma de relacioná-la aos elementos do Revit, o que pode ocorrer dentro ou fora do modelo. Neste ponto é importante destacar as diferenças conceituais entre as opções, suas vantagens e desvantagens. Segundo

³³ Valor anual de R\$ 4.800,00. Preço de Novembro de 2017, disponível no site da CEF.

http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-convenios/TABELA_DE_CUSTOS_SINAPI_SIPCI.pdf

Eastman et al. (2014 p. 218), nenhuma ferramenta BIM tem todas as funcionalidades de uma planilha eletrônica ou software de orçamento, sendo empregado um dos seguintes métodos para estimar os custos das obras:

- i. Exportar as quantidades dos elementos modelados para um software de orçamentação;
- ii. Uso de ferramenta BIM especializada para levantamento de quantitativos que importa dados de várias outras ferramentas BIM;
- iii. Conexão direta entre os componentes do modelo BIM e as composições do orçamento do software de orçamentação via plug-in.

Ou seja, as ferramentas BIM ainda não possuem todas as funcionalidades de programas específicos de orçamentação, os quais facilitam a manipulação dos dados no tocante à geração de orçamentos, planejamento, boletins de medição e controle de obras, geração de Curvas ABC, Curvas “S”, Gráficos de Gantt, composições de custos, entre outros relatórios. Entretanto, a possibilidade de exportação dos quantitativos das ferramentas BIM para os mesmos, em graus variados de automatização, já gera ganhos de produtividade na elaboração do orçamento. Como desvantagens, exigiria refazer todo o trabalho novamente no caso de revisão do projeto. Uma segunda opção é adicionar o modelo em outra ferramenta BIM especializada na análise e manipulação dos dados, inclusive quanto à extração de quantidades, como o Navisworks. A inserção do custo é desejável, pois permite acompanhar a evolução financeira da obra ao longo do tempo e identificar serviços de valores significativos. Como desvantagens pode-se citar o aumento de complexidade no uso do programa, e necessidade de se reimportar a base de custos a cada atualização de valores. Uma terceira opção é conectar-se a software e base de custos de terceiros, criando uma relação cruzada e bidirecional (MATOS, 2016 p. 70) dessas bases com os elementos do Revit, e respectivas quantidades, facilitando a atualização de valores. Esta conexão entre parâmetros do Revit e outros programas é possível utilizando a API (*Application Programming Interface*) do programa, a qual aceita as linguagens de programação Visual Basic.NET, C#, Ruby, e Python, havendo inúmeros aplicativos gratuitos e pagos disponíveis para esse fim, além de serem nativos em programas de orçamentação que se integram ao BIM. Como desvantagens há o aumento de complexidade no uso do programa e necessidade de investimentos adicionais.

Independente da opção escolhida, seja dentro ou fora do modelo, com grau maior ou menor de automatização, o orçamentista terá que escolher o código SINAPI que melhor se adequa ao elemento modelado.

3.8.3 Opção Adotada para a Pesquisa

Optou-se por uma solução intermediária entre a primeira e segunda opção, importando o modelo do Revit para o Navisworks, e realizando todo o processo de orçamentação nele, exceto a integração com o custo unitário, acréscimo de BDI e subtotais. Neste caso, os dados são exportados para o Excel e o custo unitário é simplesmente acrescentado a cada linha do orçamento usando a função *procv*. A fórmula é inserida na coluna custo unitário direto do orçamento, e linha a linha, retorna o custo unitário da tabela SINAPI Desonerado Julho/2017 com base no código SINAPI.

3.9 GERAÇÃO DO ORÇAMENTO DE REFERÊNCIA

A formatação final do orçamento de referência é realizada no software Excel, basicamente acrescentando o custo unitário, como anteriormente citado, o BDI, e os subtotais e totais, além dos dados finais de cabeçalho e rodapé, como nome e local da obra, identificação do responsável técnico, etc.

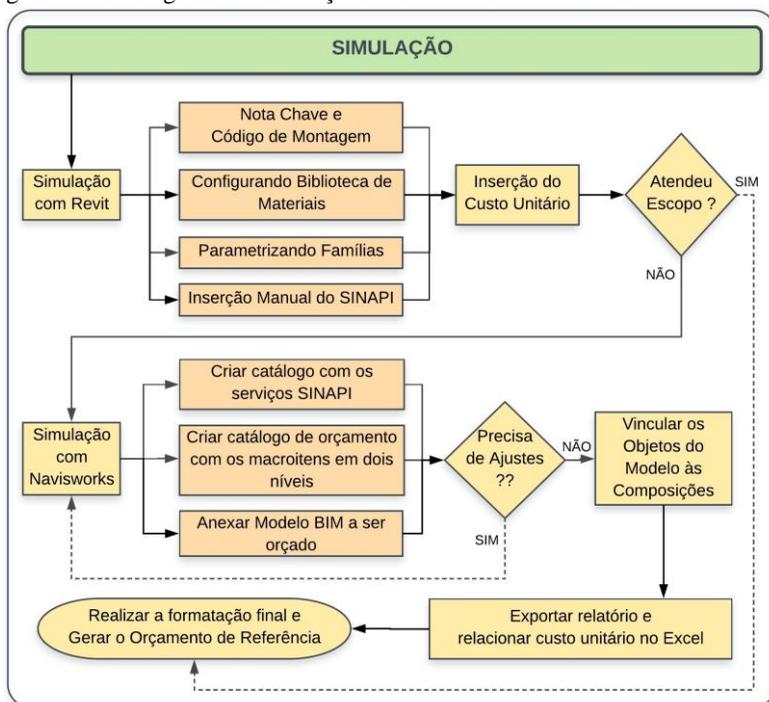
3.10 DIRETRIZES

O capítulo 6 apresenta diretrizes gerais para utilização das contribuições propostas nesta pesquisa, obtidas com base na simulação, demonstração e testes realizados.

4 SIMULAÇÃO UTILIZANDO AS FERRAMENTAS BIM

Este capítulo apresenta no tópico 4.1 as características da ferramenta Revit que interferem no processo de orçamentação, e no tópico 4.2, a simulação utilizando esta ferramenta, que embora não tenha atendido o objetivo proposto, delineou o caminho para o seu desenvolvimento. No tópico seguinte, 4.3, é descrita a simulação utilizando a ferramenta Navisworks e a própria estruturação das contribuições propostas, a qual permite extrair do modelo BIM um orçamento de referência observando a nova metodologia de árvore de fatores do SINAPI para projetos de obras públicas de edificação modelados em nível de desenvolvimento (LOD) até 300. O fluxograma com a simulação realizada é mostrado na Figura 30.

Figura 30 - Fluxograma – Simulação



Fonte: Autor

4.1 CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE REVIT QUE INTERFEREM NO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO

Segundo Matos (2016 p. 89), os objetos construtivos desenvolvidos num modelo BIM utilizando o software Revit podem ser hospedeiros ou componentes. O primeiro representando a base da construção, como paredes, pisos, forros e telhados, e o segundo representando itens manufaturados, como aberturas e mobiliários. Os hospedeiros também podem conter elementos inseridos neles, e terem várias camadas de materiais.

4.1.1 Famílias

O Revit possui três classes de famílias, ou bibliotecas de componentes: Sistema, Carregáveis e Locais (SAKAMORI, 2015 p. 89), definidas como “[...] *um grupo de elementos com um conjunto de propriedades comum, chamado de parâmetros, e uma representação gráfica relacionada*” (MELLO, 2015). Segundo Neiva Neto e Ruschel (2015 p. 188), as Famílias de Sistema são pré-definidas no Revit e não podem ser modificadas ou expandidas, apenas duplicadas e configuradas. Definem os componentes de construção (como paredes, pisos, lajes, forros, telhados, tubulações e eletrodutos), e os componentes de ambiente de projeto (como níveis e eixos). Já as Famílias Carregáveis são criadas em arquivos externos *rfa*, e carregadas no projeto, com amplas possibilidades de modificação e parametrização. Definem os demais componentes de construção, como aberturas, móveis, elementos estruturais como pilares, vigas e fundações, componentes de instalações como tomadas, interruptores, conexões elétricas, hidráulicas, além de elementos de anotação, entre outros. As Famílias Locais, por fim, são utilizadas para criar componentes específicos dentro de cada projeto, e se assemelham às famílias carregáveis.

As famílias são hierarquizadas em: *Categoria*; *Tipo*; e *Instância*. Cada componente do modelo deve estar enquadrado em uma categoria, como paredes, portas, tubulação, anotação, etc. Dentro de uma categoria, haverá vários tipos de família, representando um conjunto de elementos de mesmo nome e parâmetros diferentes. Finalmente, os elementos individualmente são as instâncias, representando os objetos do modelo.

4.1.2 Parâmetros

O Revit possui os seguintes tipos de parâmetros, vinculados aos diversos tipos de famílias em condição default ou posteriormente criados:

- a) Parâmetros de Projeto podem ser adicionados ao projeto, na forma de parâmetros de Tipo ou Instância.
- b) Parâmetros Incorporados são fornecidos com as famílias do Revit, na forma de parâmetros de tipo ou instâncias, e não podem ser alterados pelo usuário.
- c) Parâmetros de Tipo alteram todas as instâncias vinculadas àquela família.
- d) Parâmetros de Instância alteram apenas as instâncias selecionadas pelo usuário referentes à Família, podendo ser uma ou até todas as instâncias.
- e) Parâmetros Compartilhados são criados na forma de tipo ou instância, e armazenadas em um arquivo de texto externo, podendo ser compartilhada entre vários projetos. Os dados de um selo de prancha, como nome da obra, cliente, nome do técnico, etc. são exemplos. Também são uma das formas de adicionar parâmetros a famílias de sistema, como paredes ou lajes, embora com várias restrições de uso em relação aos parâmetros adicionados às famílias carregáveis.
- f) Parâmetros globais podem ser criados para o projeto, sem estar associados a uma categoria específica de família.

Por exemplo, se numa família carregável de pilar circular o diâmetro for criado como parâmetro de tipo, ao se alterá-lo, o diâmetro de todos os pilares daquela família no projeto se altera. Já, se é desejável ter vários pilares com diferentes diâmetros, é interessante esse parâmetro ser criado como instância, podendo ser alterado separadamente. Em contrário, cada família com o parâmetro tipo teria que ser replicada com um novo nome. Ambas as opções são válidas, cada qual com vantagens e desvantagens.

Os parâmetros *keynote* (ou nota-chave) e *assembly code* (ou código de montagem) são parâmetros de tipo, não sendo possível configurá-los como instância. Esta é uma característica importante a ser observada no processo de orçamentação.

4.2 SIMULAÇÃO COM A FERRAMENTA REVIT

4.2.1 Inclusão do Código SINAPI ao Modelo

Foram propostas inicialmente algumas formas para inclusão do código de referência SINAPI ao modelo paramétrico em Revit, as quais são indicadas a seguir, com suas vantagens e limitações: Utilizando o parâmetro Nota-chave ou Código de Montagem; Configurando uma Biblioteca de Materiais; Parametrizando Famílias; Inserção Manual do Código SINAPI e EAP.

- I. Utilizando o parâmetro Nota-chave (Key-note) ou Código de Montagem (Assembly Code)

Configurou-se o parâmetro notas-chaves (ou *key-note*), com algumas composições SINAPI organizadas de acordo com a árvore de fatores de seu grupo, conforme atual metodologia de uso do SINAPI, ficando a critério do usuário adicionar o código da composição no parâmetro *key-note* de cada família utilizada no projeto. Esta lista é criada em um único arquivo de extensão *txt*. A Figura 31 mostra no lado esquerdo a opção visível ao usuário e no lado direito o arquivo *txt* de configuração.

Figura 31 - Configuração do parâmetro Nota-chave (Key-note)

Notas-chave - [E:\Google Drive\24 Revit\1_Notas-chave\KeynoteSINAPI.txt]

KeynoteSINAPI.txt - Bloco de notas

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
11641			CONCRETAGEM DE PILARES, FCK 25 MPA (M3)	11640
11641.A1			COM USO DE BALDE	11641
11641.A2			COM USO DE GRUA	11641
11641.A3			COM USO DE BOMBA	11641
11641.B1			ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO<=0,25M2	11641.A1
11641.B2			ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO<=0,25M2	11641.A2
11641.B3			ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO>0,25M2	11641.A1
11641.B4			ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO>0,25M2	11641.A3
11641.B5			ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO>0,25M2	11641.A3
92718			*M3;CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO	
92719			*M3;CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO	
92720			*M3;CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO	
92721			*M3;CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO	
92722			*M3;CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO	
11642			CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK 20 MPA (M3)	1

Valor da nota

- 10000
 - 10200
 - 10400
 - 10600
 - 10800
 - 11000
 - 11200
 - 11400
 - 11600
 - 11610
 - 11620
 - 11630
 - 11640
 - 11641
 - 11641.A1
 - 11641.A2
 - 11641.A3
 - 11641.B4
 - 92720
 - 11641.B5
 - 11642
 - 11643

Texto da nota-chave

SINAPI Referencial - Base Setembro de 2015

Divisão 01 - ASSENTAMENTO DE TUBULOS

Divisão 02 - CANTEIRO DE OBRAS

Divisão 03 - COBERTURA

Divisão 04 - CUSTOS HORÁRIOS DE OBRAS

Divisão 05 - DRENAGEM/OBRAS DE FUNDAMENTAÇÃO

Divisão 06 - ESCORAMENTO

Divisão 07 - ESQUADRIAS/FERRAGENS

Divisão 08 - FUNDACOES E ESTRUTURAS DE CONCRETOS

ADESIVOS PARA ESTRUTURAS

ARMADURAS

CINTAS E VERGAS

CONCRETOS

CONCRETAGEM DE PILARES. FCK 25 MPA

COM USO DE BALDE

COM USO DE GRUA

COM USO DE BOMBA

ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO<=0,25M2

M3;CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO

ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO>0,25M2

CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK 20 MPA (M3)

LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO

Texto de nota-chave:

M3;CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA EM EDIFÍCIO. ÁREA MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015

Fonte: Autor

Este procedimento apresenta algumas desvantagens: o parâmetro nota chave é um parâmetro de tipo, não sendo possível utilizar

configurações diferentes para cada instância; a lista permite apenas duas colunas, código e descrição, impedindo a inserção de unidade, custo unitário, ou outras informações; as tabelas de quantidades de elementos e levantamento de materiais não mostram a descrição, e tão somente o código. No caso da descrição, esta aparece apenas nas próprias pranchas, como tags de identificação, como exemplo a criação de um quadro de esquadrias, ou indicação de materiais em uma parede, etc.

No caso do parâmetro Código de Montagem, este apresenta as mesmas características do parâmetro Nota Chave, exceto a descrição do mesmo aparecer nas tabelas de quantitativos.

II. Configurando uma Biblioteca de Materiais

Configurou-se uma biblioteca de materiais específica com serviços do SINAPI, contendo o código de referência SINAPI e sua descrição nos campos nota-chave e descrição, respectivamente, ficando a critério do usuário relacionar esse material ao parâmetro de material correspondente de cada família em uso no projeto. Esta biblioteca é criada em um único arquivo de extensão *adsklib*. A Figura 32 mostra na parte superior o material criado para a composição 87905 - Chapisco em fachadas com vão, e na parte inferior, a estrutura da biblioteca.

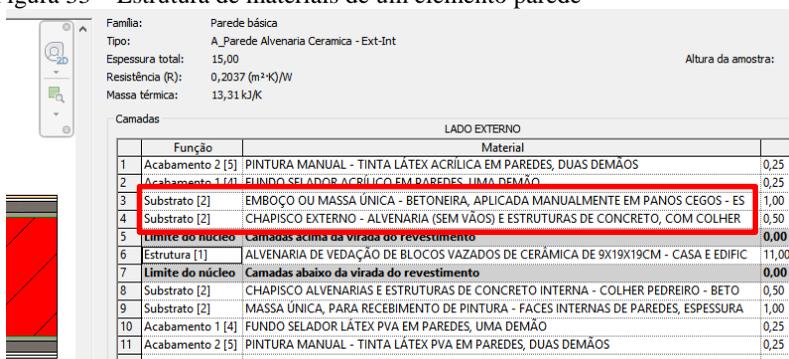
Figura 32 - Configuração da Biblioteca de Materiais

The screenshot shows the 'Identidade' (Identity) tab of the Revit Material Library configuration. The 'Nome' (Name) field is set to 'CHAPISCO EXTERNO - ALVENARIA (COM VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO, CON'. The 'Informações descritivas' (Descriptive Information) section includes a 'Descrição' (Description) field with the text: 'CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (COM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014'. The 'Classe' (Class) is set to '20-REVESTIMENTOS/SUPERFÍCIES'. The 'Palavras-chave' (Keywords) field contains 'SINAPI, chapisco'. The 'Informações sobre o produto' (Product Information) section has empty fields for 'Fabricante', 'Modelo', 'Custo', and 'URL'. The 'Informações de anotação do Revit' (Revit Annotation Information) section has a 'Nota-chave' (Key Note) field set to '87905'. The bottom part of the window shows a tree view of the material library with '20-REVESTIMENTOS/SUPE...' selected, and a list of materials with a tooltip for 'CHAPISCO EXTERNO - ALVENARIA (COM VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO, COM COLHER DE PEDREIRO - PREPARO BETONEIRA'.

Fonte: Autor

Este procedimento também apresenta desvantagens: o parâmetro nota chave permanece sendo um parâmetro de tipo, não sendo possível utilizar configurações diferentes para cada instância de material, obrigando a criação de vários materiais, um para cada composição SINAPI; a busca pelo material mais apropriado não seria facilitada, pois só é possível criar dois níveis de pesquisa; o projetista precisaria modelar os elementos com alto nível de detalhamento, criando as várias camadas de materiais; e em cada alteração de dimensões do projeto arquitetônico poderia ser necessária a substituição de um material por outro, mesmo sendo a mesma tipologia, devido ao fator produtividade entre mesmas tipologias de serviço presente agora no SINAPI. Por exemplo, se o projetista criou uma parede sem aberturas, e escolhe os materiais pertinentes, e depois resolve instalar uma janela, teria que substituir as camadas de materiais da parede que possuem influência dessa condição, como exemplifica a Figura 33 para o caso de Emboço e Chapisco.

Figura 33 – Estrutura de materiais de um elemento parede



Camadas			LADO EXTERNO	
	Função		Material	
1	Acabamento 2 [5]	PINTURA MANUAL - TINTA LÁTEX ACRILICA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS		0,25
2	Acabamento 1 [4]	FUNDO SELADOR ACRILICO EM PAREDES, UMA DEMÃO		0,25
3	Substrato [2]	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA - BETONEIRA, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS CEGOS - ES		1,00
4	Substrato [2]	CHAPISCO EXTERNO - ALVENARIA (SEM VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO, COM COLHER		0,50
5	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento		0,00
6	Estrutura [1]	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CERÂMICA DE 9X19X19CM - CASA E EDIFIC		11,00
7	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento		0,00
8	Substrato [2]	CHAPISCO ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNA - COLHER PEDREIRO - BETO		0,50
9	Substrato [2]	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA - FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA		1,00
10	Acabamento 1 [4]	FUNDO SELADOR LÁTEX PVA EM PAREDES, UMA DEMÃO		0,25
11	Acabamento 2 [5]	PINTURA MANUAL - TINTA LÁTEX PVA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS		0,25

Fonte: Autor

III. Parametrizando Famílias

Parametrizou-se algumas famílias carregáveis, como pilares, em que o código de referência e respectiva descrição são escolhidos automaticamente conforme parâmetros pré-definidos de acordo com a árvore de fatores do SINAPI, alguns de mera escolha do usuário, como lançamento de concreto com uso de bomba ou balde, e outros de acordo com as características do projeto, como área da seção dos pilares. Na Figura 34 é possível observar na parte superior as opções de escolha do usuário, e na parte inferior, o editor de família do Revit com parte da fórmula criada.

Figura 34 – Parametrização da família do Revit

Parâmetro	Valor	
Materiais e acabamentos		
Material estrutural (padrão)	Concre	=
Cotas		
b	0,1200	=
h	0,3000	=
Dados		
Area_Pilar (padrão)	0,036	= b * h
Lancamento_Pilar (padrão)	3	=
SINAPI_Codigo (padrão)	92720	= if(and(Lancamento_Pilar = 1, not(Area_Pilar > 0,25 m²)), "92718",

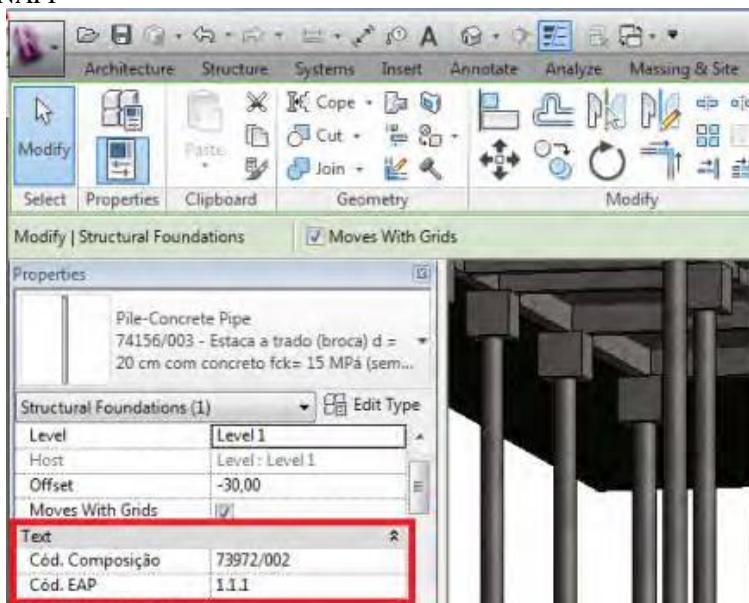
Fonte: Autor

Como os parâmetros são criados por instâncias, este procedimento apresenta grande vantagem de se obter os códigos e descrição do SINAPI de forma automática. Entretanto, possui uma série de desvantagens, como: há restrições para emprego em famílias de sistema como pisos e paredes, sem o uso de programação via API; seria necessário configurar todas as famílias utilizadas no modelo, demandando grande tempo de configuração e programação; mesmo que alguma entidade, como a própria CEF, fornecesse famílias parametrizadas de acordo com a árvore de fatores do SINAPI, o projetista poderia desejar usar algumas famílias de outros fornecedores, pelas características do próprio projeto.

IV. Inserção Manual do Código SINAPI e EAP

Existem outras formas para indicação do código SINAPI, como simplesmente criar um parâmetro de instância para este fim associado a todas as famílias do projeto (Gerenciar/ Parâmetros de projeto), e da mesma forma, um parâmetro de instância para a EAP. Mendes Jr. et al. (2013 p. 1197) realizaram tal procedimento, conforme mostra a Figura 35.

Figura 35 - Exemplo de parâmetros de instância criados para a EAP e Cód. SINAPI



Fonte: Mendes Jr. et al. (2013 p. 1192).

Em seguida, basta configurar as tabelas do orçamento para agruparem e ordenarem os itens conforme o número digitado no campo da EAP. Referente ao tipo de parâmetro a ser usado, *tipo* ou *instância*, o parâmetro *tipo* replicará o código EAP para todos os elementos daquela família, facilitando o processo, mas impedindo o orçamentista de separar tais serviços em macro itens diferentes, se ele assim o desejar. Já o parâmetro *instância* permite tal divisão, e caso se deseje replicar a numeração para os demais elementos assemelhados, basta selecionar uma instância qualquer da família, e usar uma opção do Revit de seleção das demais em todo o projeto, antes da digitação da EAP, replicando a numeração nos elementos selecionados.

Porém, este estudo foi feito antes da criação da árvore de fatores no SINAPI, e atualmente seu emprego apresenta algumas desvantagens, como: existência no SINAPI de várias tipologias com produtividades diferentes, em função de fatores como área das paredes, presença de vãos, etc., exigindo inserção de códigos diferentes para um mesmo serviço, como alvenaria ou chapisco; a descrição do SINAPI só é obtida fora do modelo, através de relação com o Excel; a definição da quantidade

adequada à unidade da composição SINAPI empregada só é possível gerando tabelas separadas para cada família, ou escolhendo manualmente a quantidade no caso de tabela única para as famílias; seriam gerados dois grupos distintos de tabelas ou serviços SINAPI, uns para os elementos, como aberturas, pilares, e paredes, e outro para materiais vinculados aos elementos, se assim for modelado, como alvenaria, chapisco, contrapiso, etc. Da mesma forma, haveria dois parâmetros de custo unitário, um para elementos, e outro para materiais.

4.2.2 Tentativa para Inserção do Custo Unitário SINAPI no Modelo no Revit

Para inserção do custo unitário ao modelo no Revit foi feita uma tentativa utilizando o plug-in gratuito *Export/Import Excel*, da empresa BIMOne. O aplicativo permite exportar uma lista em *xls* com diversos parâmetros de materiais do Revit, alterá-los diretamente no Excel, e depois reimportar a lista para o Revit, atualizando os novos valores aos respectivos parâmetros. Porém, tal facilidade não ocorre para o parâmetro custo de elementos. Todavia, há limitações, especialmente pelo fato dos parâmetros nota chave e custo de materiais do Revit serem de tipo, e não de instâncias. Assim, não é possível por exemplo realizar filtros no excel de acordo com as áreas de cada parede, e agrupá-las por área maior ou menor que determinado valor. Se for um mesmo material, todos assumirão o mesmo valor, não havendo ganho no procedimento. Tal limitação é da ferramenta BIM e não do plug-in em si.

4.2.3 Tentativa para Geração do Orçamento de Referência

A geração final do orçamento de referência observando a árvore de fatores do SINAPI diretamente do Revit fica prejudicada, pela dificuldade em se trabalhar com os parâmetros de nota-chaves ou códigos de montagem por instância, seja de elementos ou materiais, e por pertinência os respectivos parâmetros de custo associados. Há ainda a necessidade de se adicionar fora do Revit os serviços não modelados, e finalmente as dificuldades de se relacionar os custos unitários. A Figura 36 mostra uma tabela extraída do Revit, com ênfase na diferença entre os parâmetros de elementos e materiais.

Figura 36 – Tabela de quantitativos com parâmetros de elementos e de materiais

Tabela - Materiais e Elementos										
Elementos					Materiais					
SINAPI_EAP	Nota-chave	Descrição	Custo	Contador	Material: EAP materiais	Material: Nota-chave	Material: Descrição	Material: Custo	Material: Volume	Material: Área
3	95953			1			Concreto moldado no local	0,00	0,00 m³	0,26 m²
3	95953			1		74202/2	LAJE PRE-MOLDADA PIPIS0, SOBRECARGA 2000KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, C/LAJOTAS E CAP. C/CONC FCK=20MPA, 4CM, INTER-EXO 38CM, CIESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA	0,00	0,00 m³	1,89 m²

Parâmetros de elementos, como paredes, portas, pilares.

Parâmetros de materiais, como alvenaria, chapisco, pintura

Fonte: Autor

4.3 SIMULAÇÃO COM A FERRAMENTA NAVISWORKS E ESTRUTURAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES PROPOSTAS

4.3.1 Critérios Gerais

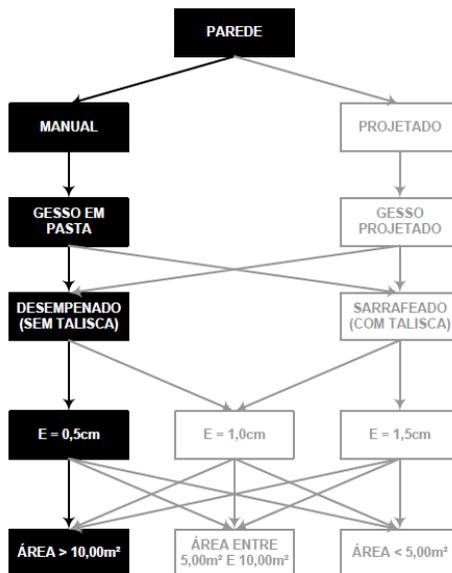
Considerando as limitações da ferramenta BIM Revit para gerar o orçamento de referência da forma prevista nesta pesquisa, vistas no tópico anterior, optou-se em realizar todo este procedimento dentro do Navisworks. Assim, no Revit ocorre apenas a modelagem em nível intermediário de desenvolvimento dos elementos (até LOD 300). A modelagem no Revit também deve observar preferencialmente o uso de três elementos de paredes justapostas, para representar no orçamento os diversos serviços de revestimento externo, interno e alvenaria. Da mesma forma ocorre com os níveis de pavimento, sendo desejável criar três elementos, piso, laje estrutural, e forro. Mas ainda assim este procedimento poderia ser simplificado para um único elemento de parede e piso, os quais serviriam para quantificar todos os serviços vinculados. Neste caso o nível de precisão da quantificação diminuiria, conforme já explicado no capítulo anterior, pelas características da ferramenta e processo orçamentário: as paredes não contornam pilares; a área de alvenaria e revestimentos seria a mesma, ainda que a altura de alvenaria termine abaixo da viga, o revestimento interno abaixo da laje, ou um pouco menos, se houver aplicação de algum tipo de forro, e o revestimento externo pode ter até a mesma altura entre níveis de pavimento. Situações semelhantes ocorrem no caso dos pavimentos internos. Porém, dependendo das características do projeto, os resultados obtidos quanto à quantificação mesmo neste caso poderiam eventualmente ser aceitos para um orçamento de referência com base num projeto básico conforme a Lei de Licitações e RDC, exigência mínima para lançamento do certame.

Ocorreria também um inconveniente, superável, na fase de orçamentação devido à ausência de informações sobre características de materiais e definições construtivas desejadas pelo projetista, especialmente se os responsáveis técnicos pelo projeto e orçamento não forem os mesmos. Assim, se fosse necessário indicar um revestimento diferenciado em determinada parede, como uso de granito ou alguma textura, ou mesmo a especificação de método construtivo diferenciado, como chapisco manual ou projetado, tais informações poderiam ser acrescentadas num parâmetro de texto em forma de instância, pelo projetista, para ser observado pelo orçamentista. O parâmetro de texto default do Revit *Comentários* é instância para elementos e materiais, e está presente em todas as famílias, podendo ser usado para este fim.

4.3.2 Características das Árvores de Fatores do SINAPI

Até julho de 2017 o SINAPI contava com 5.815 composições de serviço no seu banco principal, e 5.348 insumos cadastrados. Por conseguinte, uma das maiores dificuldades do orçamentista de obra pública é justamente escolher a composição mais adequada para cada serviço. Definido o código da composição, as demais atividades como descrição do serviço, da unidade, e atualização dos custos unitários são secundárias, sejam elas realizadas dentro ou fora do modelo. Esta tarefa ficou ainda mais complexa com a nova metodologia de árvore de fatores do SINAPI, pois o fator produtividade passa a ser considerado em grande número de composições. Como exemplo, a Figura 37 mostra a árvore da composição 87417 - Aplicação de gesso em parede. Percebe-se que as quatro primeiras opções são tipologias de escolha do usuário, como usar o método manual ou projetado, ou uma espessura maior ou menor de gesso, porém a última opção é referente à produtividade.

Figura 37 - Árvore de fatores da composição 87417 - Aplicação de gesso em paredes



Fonte: CEF (2017e p. 17)

Assim, independente das escolhas do usuário, haveria possivelmente três serviços a serem orçados e licitados, conforme as dimensões de cada parede, sendo insuficiente apenas a quantificação da área total de gesso, devendo a mesma ser subdividida pelo somatório de paredes menor que 5m², 5m² a 10m², e maior que 10m².

Logo, a pesquisa considera formas de facilitar a escolha da composição durante a utilização da ferramenta BIM Navisworks e formas de levantar as quantidades de acordo com os critérios das árvores de fatores do SINAPI, e não apenas sua digitação num parâmetro específico, como já demonstrado em outros estudos, como Mendes Jr. et al. (2013 p. 1192).

4.3.3 Estruturando o Catálogo SINAPI para Utilização no Navisworks

Para tanto foi criado um catálogo da tabela SINAPI seguindo a estrutura de sua árvore de fatores utilizando um *template* em *xls*m

disponível no site da Autodesk³⁴. No catálogo é possível indicar o código SINAPI (Coluna *Description*), a descrição da composição (Coluna *Name*), e sua unidade (*Primary Quantity Units*), entre 39 opções disponíveis. Entretanto, não é possível inserir uma variável de custo unitário neste estágio. Para que o usuário possa escolher a composição seguindo a estrutura de árvore de fatores do SINAPI é necessário hierarquizar a primeira coluna (*Work breakdown structure – WBS*) e criar os tópicos de cada uma das várias ramificações possíveis de cada composição. Na coluna *Type* os tópicos são definidos com o parâmetro *Group* e somente as composições são definidas como *Item*. É possível também configurar para as linhas com o parâmetro *Item* (no caso as composições SINAPI), um nível de transparência e a cor que que cada serviço aparecerá na tela do Navisworks (Colunas *Transparency* e *Color*), porém foram desconsideradas nesta pesquisa. A Figura 38 mostra o *template* configurado para o serviço de concretagem de pilares, e no detalhe a configuração para as composições 92720 e 92722 - Concretagem de pilares f_{ck} 25MPa, com uso de bombas, e com seção média $\leq 0,25m^2$ e $> 0,25m^2$, respectivamente, inclusive com a cor a ser vista no Navisworks, na coluna *Color*, apenas para fins ilustrativos.

Figura 38 - Template para configuração de catálogos no Navisworks

WBS	Type	Name	Description	Transparency	Color	Primary Quantity Units...
1	Group	SINAPI REFERENCIAL				
1.1	Group	ASSENTAMENTO DE TUPOS E PEÇAS				
...	
9.4	Group	CONCRETOS				
9.4.1	Group	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK 25 MPA (M3)				
9.4.1.1	Group	COM USO DE BALDE				
9.4.1.3	Group	COM USO DE BOMBA				
9.4.1.3.1	Group	ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO $\leq 0,25M2$				
9.4.1.3.1/92720	Item	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M ² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	92720	0,3	193, 32, 74	m ³
9.4.1.3.2	Group	ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO $>0,25M2$				
9.4.1.3.2/	Item	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MAIOR QUE 0,25 M ² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	92722	0,3	116, 76, 77	m ³

Fonte: Autor

³⁴ Disponível em: <http://help.autodesk.com/view/NAV/2017/PTB/?guid=GUID-5C6AE212-ACE5-4B08-A591-C71245F78A09>

Já a Figura 39 mostra como as configurações no *template* são refletidas na utilização do programa pelo usuário. Na elaboração do catálogo o usuário pode ainda optar por indicar o código da composição na coluna *Name* e a descrição da composição na coluna *Description*, impactando apenas numa visualização diferente dos dados. Como a estrutura do orçamento pode ser manipulada nos módulos *Quantification* e *Item Catalog*³⁵ de forma paralela, a visualização através do *Item Catalog* pode ser mais agradável se usada esta segunda opção, conforme mostra a Figura 40. Para ilustrar as duas possibilidades adotou-se o formato da Figura 39 na simulação (Cap. 4) e da Figura 40 nas demonstrações e testes (Cap. 5).

Figura 39 – Catálogo SINAPI conforme sua árvore de fatores. Opção 1

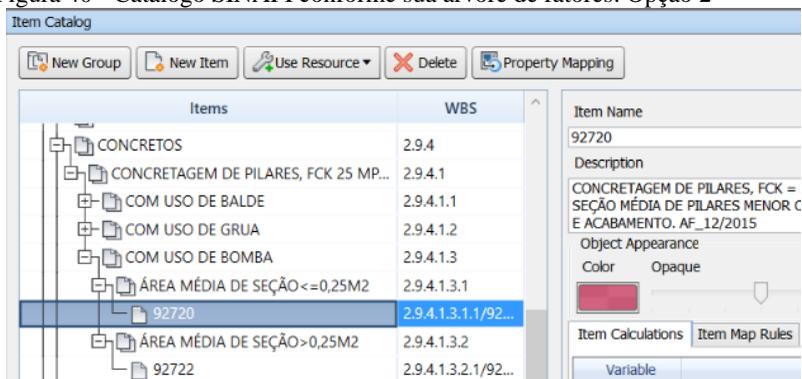
Items	WBS
FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS	1.9
ADESIVOS PARA ESTRUTURAS	1.9.1
ARMADURAS	1.9.2
CINTAS E VERGAS	1.9.3
CONCRETOS	1.9.4
CONCRETAGEM DE PILARES, FCK 25 MPA (M3)	1.9.4.1
COM USO DE BALDE	1.9.4.1.1
COM USO DE GRUA	1.9.4.1.2
COM USO DE BOMBA	1.9.4.1.3
ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO <= 0,25M2	1.9.4.1.3.1
CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA...	1.9.4.1.3.1/92720
ÁREA MÉDIA DE SEÇÃO > 0,25M2	1.9.4.1.3.2
CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA...	1.9.4.1.3.2/192722

Status	WBS	Object
	1.9.4.1.3.1.1/92720	CONCRETAGEM DE PILARES,

Fonte: Autor

³⁵ Os objetos só podem ser vinculados aos serviços no módulo *Quantification*. A alteração da descrição dos serviços, numeração da EAP, e mapeamento dos parâmetros só pode ser feita no módulo *Item Catalog*. A criação de fórmulas e visualização da EAP pode ocorrer em ambos os módulos.

Figura 40 - Catálogo SINAPI conforme sua árvore de fatores. Opção 2



Fonte: Autor

4.3.4 Estruturando o Catálogo da EAP do Orçamento de Referência

Criou-se ainda um segundo catálogo para o orçamento analítico de referência, estruturado em dois níveis de macro itens, e sem nenhum subitem, ou composição. Usou-se como modelo a estrutura de EAP disponível pela CEF (2017a) para obras de edificações, conforme Figura 41, com algumas adaptações. Assim, foram criados 20 macro itens num primeiro nível representando as fases da obra, e 96 macro itens num segundo nível representando os serviços básicos.

Figura 41 - Estrutura básica de um orçamento analítico para obras de edificações

	Fases da Obra	Serviços Básicos
1	Serviços preliminares de obra	Limpeza do terreno e locação de obra.
2	Infraestrutura	Vigas baldrame (escavação, fôrmas, lastro, armação, concretagem, reaterro e impermeabilização).
3	Supraestrutura	Pilares, vigas, lajes (armação, formas e concretagem), escadas de concreto armado e cintas de amarração.
4	Paredes e painéis	Alvenarias de vedação e alvenarias estruturais.
5	Vergas/contravergas/peitoris	Vergas e contravergas de janelas, vergas de portas e peitoris.
6	Coberturas e proteções	Estrutura, telhamento, impermeabilizações e complementações.
7	Esquadrias/vidros/ferragens	Portas, janelas, vidros, ferragens e pinturas das esquadrias
8	Forros	Material específico (gesso, madeira, etc.) e acabamentos (pinturas).
9	Revestimentos de teto	Apenas para lajes (regularizações e acabamentos).
10	Revestimentos internos	Apenas para paredes. Regularizações (chapisco, emboço, etc.) e acabamentos (pinturas ou revestimentos cerâmicos).
11	Revestimentos externos	Apenas para paredes. Regularizações (chapisco, emboço, etc.) e acabamentos (pinturas ou revestimentos cerâmicos).
12	Pavimentação interna	Lastros de brita e de concreto, contrapisos, pisos, impermeabilizações, soleiras e rodapés.
13	Pavimentação externa	Pisos de áreas descobertas.
14	Louças e metais	Vasos sanitários, chuveiros, lavatórios, cubas, torneiras, bancadas e complementos.
15	Instalações hidráulicas	Instalações de água (Cavalete, hidrômetro, caixas d'água, tubos, conexões, registros e rasgos em pisos e paredes).
16	Instalações sanitárias	Instalações de esgoto (Caixas de inspeção, de gordura, caixas sifonadas, ralos, tubos, conexões e rasgos em pisos e paredes).
17	Instalações pluviais	Caixas sifonadas, ralos, grelhas, tubos, conexões, e rasgos em pisos e paredes.
18	Instalações elétricas/ telefônicas/ tv/ lógica	Quadros de medição, de distribuição, disjuntores, cabos, eletrodutos, tomadas, interruptores, luminárias, lâmpadas, furos e rasgos e SPDA (sistema de proteção contra descargas atmosféricas).
19	Instalações especiais	Abastecimento de gás e Sistemas de prevenção e combate a incêndio.
20	Complementações	Corrimãos, gradis, alçapões, calçada no perímetro das casas, impermeabilização de reservatórios, acabamentos e limpeza final.

Fonte: CEF (2017a)

O *template* utilizado é o mesmo do catálogo SINAPI, porém o procedimento de criação possui menor complexidade, como se observa na Figura 42.

Figura 42 - Template do Navisworks para configuração de catálogos. Ex. Orçamento Analítico

WBS	Type	Name	Description	Transparency	Color	Primary	Quantity	Units
2	Group	ORÇAMENTO ANALITICO - EDIFICAÇÃO						
2.1	Group	SERVIÇOS PRELIMINARES DE OBRA						
2.1.1	Group	LIMPEZA DO TERRENO						
2.1.2	Group	LOCAÇÃO DE OBRA						
2.1.3	Group	DIVERSOS						
2.2	Group	INFRAESTRUTURA						
2.2.1	Group	MOVIMENTAÇÃO DE SOLO						
2.2.2	Group	CONCRETAGEM						
2.2.3	Group	ARMADURA						
2.2.4	Group	FORMAS						
2.2.5	Group	LAJES PRÉ-MOLDADAS						
2.2.6	Group	IMPERMEABILIZAÇÃO						
2.2.7	Group	LASTRO						
2.3	Group	SUPRAESTRUTURA						
2.3.1	Group	CONCRETAGEM						
2.3.2	Group	ARMADURA						
2.3.3	Group	FORMAS						
2.3.4	Group	LAJES PRÉ-MOLDADAS						
2.3.5	Group	ESCADAS DE CONCRETO ARMADO						
2.4	Group	PAREDES E PAINÉIS						
2.4.1	Group	ALVENARIAS DE VEDAÇÃO						
2.4.2	Group	ALVENARIAS ESTRUTURAIS						

Fonte: Autor

Já a Figura 43 mostra como as configurações no *template* do catálogo do orçamento são refletidas no Navisworks. É possível ver ainda no destaque dois serviços de alvenaria de vedação do SINAPI (Composições 87520 e 87504) copiados do Catálogo SINAPI para o catálogo Orçamento, dentro da EAP 2.4.1 Alvenaria de Vedação. Cabe frisar que a criação de ambos os catálogos poderia ser dispensada e o usuário criar diretamente no Navisworks, no módulo *Item Catalog*, botões *New Group* para macro itens e *New Item* para os subitens ou serviços SINAPI, conforme mostra a Figura 44. Outra opção seria criar o catálogo do orçamento analítico no *template* do Excel já contendo também os serviços SINAPI desejados. Todas as opções são simples, ficando a cargo do usuário adotar a que lhe convier.

Figura 43 – Orçamento Analítico estruturado em dois níveis de macro itens

Items	WBS
SINAPI REFERENCIAL SINTETICO - ARVORE DE FATORES	1
ORÇAMENTO ANALITICO - EDIFICAÇÃO	2
SERVIÇOS PRELIMINARES DE OBRA	2.1
LIMPEZA DO TERRENO	2.1.1
LOCAÇÃO DE OBRA	2.1.2
DIVERSOS	2.1.3
INFRAESTRUTURA	2.2
MOVIMENTAÇÃO DE SOLO	2.2.1
CONCRETAGEM	2.2.2
ARMADURA	2.2.3
FORMAS	2.2.4
LAJES PRÉ-MOLDADAS	2.2.5
IMPERMEABILIZAÇÃO	2.2.6
LASTRO	2.2.7
SUPRAESTRUTURA	2.3
CONCRETAGEM	2.3.1
ARMADURA	2.3.2
FORMAS	2.3.3
LAJES PRÉ-MOLDADAS	2.3.4
ESCADAS DE CONCRETO ARMADO	2.3.5
PAREDES E PAINÉIS	2.4
ALVENARIAS DE VEDAÇÃO	2.4.1
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZON...	2.4.1.1
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZON...	2.4.1.1
ALVENARIAS ESTRUTURAIS	2.4.2

Fonte: Autor

Figura 44 - Criação da EAP diretamente no Navisworks

Items	WBS
ORÇAMENTO ANALITICO - EDIFICAÇÃO	2
SINAPI REFERENCIAL SINTETICO - ARVORE DE FATORES	1
New Group	3
New Group	3.2
New Item	3.2.1

Fonte: Autor

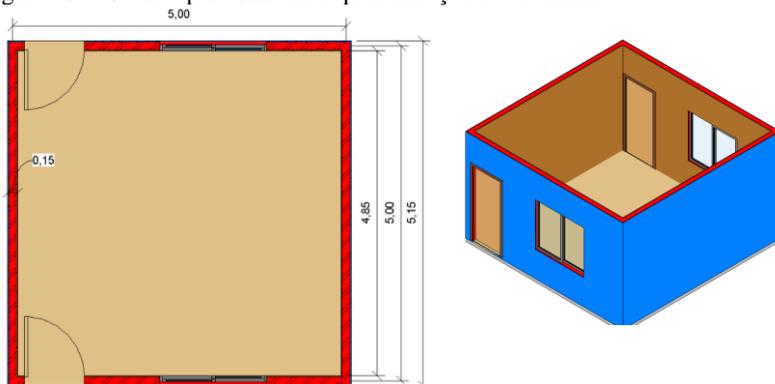
A vantagem de se ter todos os serviços SINAPI já configurados num catálogo hierarquizados pela sua árvore de fatores, além da praticidade e facilidade de busca, é ter cada composição já configurada com a unidade adequada. Da mesma forma há benefícios em se ter modelos prontos de estruturas de orçamento, como tipologias para

edificações unifamiliares ou multifamiliares, modelos para obras em hospitais, postos de saúde, praças, etc. E sendo necessária, a edição pode ser feita diretamente no Navisworks, criando, excluindo ou deslocando os macro itens e subitens.

4.3.5 Realizando a Quantificação com Base na Árvore de Fatores do SINAPI

Criado o catálogo com os serviços SINAPI e definida a estrutura analítica de projeto (EAP) para o orçamento, o próximo passo é realizar o processo de quantificação dos elementos modelados. Para demonstrar o procedimento utilizando o serviço de alvenaria de vedação, modelou-se uma edificação de pequeno porte (guarita) de planta baixa quadrada com 5 metros entre eixos, e 3 metros de altura, sendo duas paredes com aberturas, e duas sem aberturas, conforme Figura 45.

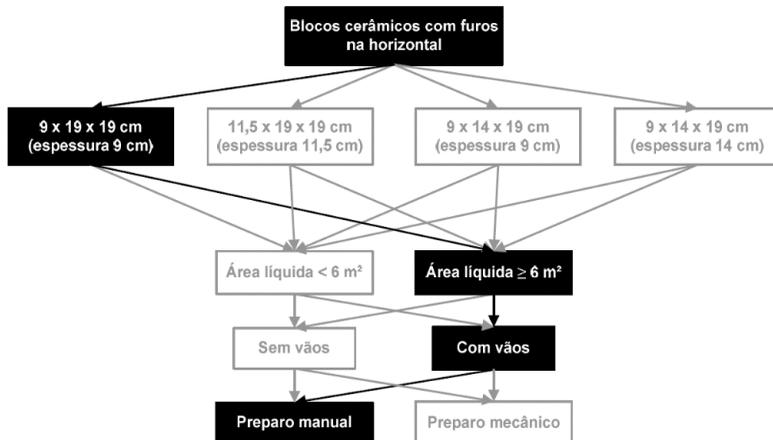
Figura 45 – Guarita para simular a quantificação de alvenaria



Fonte: Autor

Assim, para orçar o serviço de blocos cerâmicos com furos na horizontal, de espessura 9cm, argamassa com preparo manual, conforme a árvore de fatores da Figura 46, os seguintes passos devem ser feitos, ilustrados na Figura 47 e detalhados na sequência.

Figura 46 - Árvore de fatores da composição 87520 - Alvenaria de vedação



Fonte: CEF (2016b, p. 230)

Figura 47 - Passos para quantificação do serviço de alvenaria > 6m² com vão

Passo 1: Escolher Serviço a ser orçado

Passo 2: Filtrar com base na árvore de fatores do SINAPI

Category	Property	Condition	Value
Item	Nome	Contains	Parede
Element	Área	>	6
Element	Possui Vão - Sim ou Não	Contains	Sim

Passo 3: Arrastar os itens para o campo Quantification

Passo 4: Opcional. Escolher o tipo de quantitativo a ser considerado no orçamento (m², m³, etc.).

Item	Área	Volume	Weight	PrimaryQuantity
24.1.1	10,464	1,256	0,000	10,464 m ²
24.1.1.1	10,825	1,299	0,000	Área

Fonte: Autor

- i. Passo 1: Escolher o serviço a ser orçado. Neste exemplo, foi escolhida a composição 87520 - Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (Espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m² com vãos e argamassa de assentamento com preparo manual. Af_06/2014. Assim, o serviço foi facilmente encontrado no Catálogo SINAPI, conforme Figura 48, copiado e inserido na EAP do orçamento;

Figura 48 - Catálogo SINAPI - Busca do serviço de alvenaria

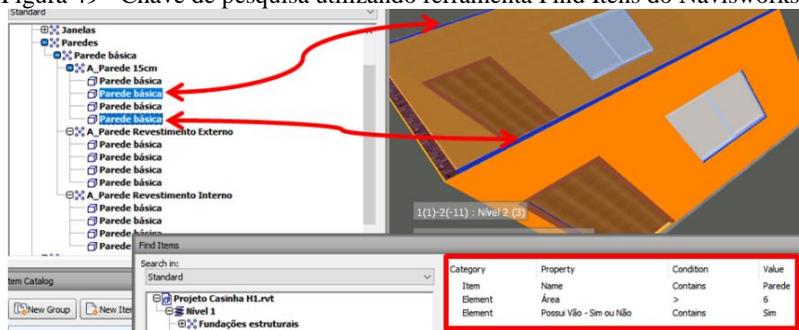
Item Catalog	
Items	
[-] PAREDES/PAINÉIS	1.17
[-] ALVENARIA DE BLOCO DE CONCRETO-CELULAR	1.17.1
[-] ALVENARIA DE BLOCO DE CONCRETO	1.17.2
[-] ALVENARIA DE BLOCOS DE VIDRO	1.17.3
[-] ALVENARIA DE ELEMENTOS VAZADOS CERAMICOS	1.17.4
[-] ALVENARIA DE ELEMENTOS VAZADOS DE CONCRETO	1.17.5
[+] ALVENARIA DE TUBOLOS CERAMICOS	1.17.6
[-] BLOCOS CERAMICOS COM FURROS NA HORIZONTAL	1.17.6.1
[-] 9X19X19CM (ESP. 9CM)	1.17.6.1.1
[-] AREA LIQUIDA <6M2	1.17.6.1.1.1
[-] AREA LIQUIDA >=6M2	1.17.6.1.1.2
[-] SEM VÃOS	1.17.6.1.1.2.1
[-] COM VÃOS	1.17.6.1.1.2.2
[-] PREPARO MECANICO	1.17.6.1.1.2.2.1
[-] PREPARO MANUAL	1.17.6.1.1.2.2.2
[-] ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM)...	1.17.6.1.1.2.2.2.1
[-] DIVISÓRIAS, MARMORE, GRANITO, MARMORITE, CONCRETO, MADEIRA AGLOMERADO	1.17.7

Fonte: Autor

- ii. Passo 2: Filtrar os elementos do modelo com base nos critérios da árvore de fatores do SINAPI desejada. Para tanto, é usado o comando *Find Items* e realizada a configuração dos quatro campos disponíveis: Categoria, Propriedade, Condição e Valor, com quantas chaves de pesquisa forem necessárias. A Figura 49 ilustra este exemplo: a primeira chave de pesquisa busca todos os elementos com a palavra parede no nome; a segunda busca neste grupo de elementos aqueles com área maior que 6 m²; e a terceira busca aqueles com o parâmetro *Possui Vão - Sim ou Não*, marcados com *Sim*³⁶.

³⁶ Foi criado no Revit um único parâmetro de projeto para este exemplo em forma de instância, para as famílias de Paredes, chamado "*Possui Vão - Sim ou Não*", de alimentação manual pelo usuário, para fins ilustrativos neste capítulo das ferramentas de filtro e pesquisa do Navisworks. Entretanto, este poderia ser dispensado, bastando o usuário selecionar as paredes com vão no Navisworks, e em seguida, aplicar demais filtros desejados. Por ser uma seleção visual, o procedimento é fácil, podendo-se ocultar todos os demais elementos, inclusive os elementos de paredes justapostas indesejados, restando visível somente as paredes de interesse.

Figura 49 - Chave de pesquisa utilizando ferramenta Find Itens do Navisworks



Fonte: Autor

Como a parede pesquisada está entre as paredes de revestimento externo e interno, o destaque ocorre apenas no topo. Mas seria possível, antes da busca, deixar visível apenas essa categoria, selecionando-a e aplicando o comando *Hide Unselected*, facilitando a visualização da pesquisa;

- iii. Passo 3: Arrastar os elementos selecionados de uma única vez para o serviço que se deseja orçar, neste exemplo a composição 87520. É neste momento que a quantificação desses elementos fica vinculada ao serviço SINAPI. O mesmo elemento pode ainda ser arrastado sucessivas vezes para outros serviços SINAPI que utilizam a mesma quantidade. A Figura 50 mostra as duas paredes vinculadas à referida composição. A pequena diferença entre áreas é relativa à área entre faces internas e externas nas junções de paredes adjacentes. Conforme é feita a modelagem, o Revit aloca essa diferença em uma ou outra parede.

Figura 50 – Elementos de paredes vinculadas à composição 87520

Status	WBS/RBS	Object	Comments	Length	Height	Perime...	Area	PrimaryQuantity
2.4.1.2		ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X1						
2.4.1.2.2	A	Parede 15cm		5,000	3,000	0,000	10,464	10,464 m ²
2.4.1.2.1	A	Parede 15cm		5,000	3,000	0,000	10,825	=Area m ²

Fonte: Autor

- iv. Passo 4: Escolhendo a quantidade primária: Na mesma Figura 50, última coluna à direita, é possível também observar a

configuração de qual quantidade em m² de alvenaria será considerada no orçamento, entre as várias opções como volume, comprimento, altura, e outras que não foram configuradas;

4.3.6 Formas de Pesquisa de Elementos

As chaves de pesquisa utilizadas podem ser exportadas para arquivos *xml*, podendo ser reimportadas a qualquer tempo em outros orçamentos, facilitando o trabalho do orçamentista. É interessante salvar as chaves de pesquisa dos serviços do SINAPI mais usuais e que tenham árvores de fatores mais complexas. A Figura 51 mostra a linha de programação da chave utilizada no exemplo anterior, destacando os valores informados pelo usuário.

Figura 51 - Linha de programação da chave de pesquisa para Alvenaria

```

:exchange xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespace
<findspec mode="all" disjoint="0">
  <conditions>
    <condition test="contains" flags="10">
      <property>
        <name internal="Lc0aSceneBaseUserName">Name</name>
      </property>
      <value>
        <data type="wstring">Parede</data>
      </value>
    </condition>
    <condition test="greater_than" flags="10">
      <category>
        <name internal="LcRevitData_Element">Element</name>
      </category>
      <property>
        <name internal="lcldrevit_parameter_-1012805">Área</name>
      </property>
      <value>
        <data type="area">6.000000</data>
      </value>
    </condition>
    <condition test="contains" flags="10">
      <category>
        <name internal="LcRevitData_Element">Element</name>
      </category>
      <property>
        <name internal="lcldrevit_parameter_278637">Possui Vão - Sim ou Não</name>
      </property>
      <value>
        <data type="wstring">Sim</data>
      </value>
    </condition>
  </conditions>
</findspec>

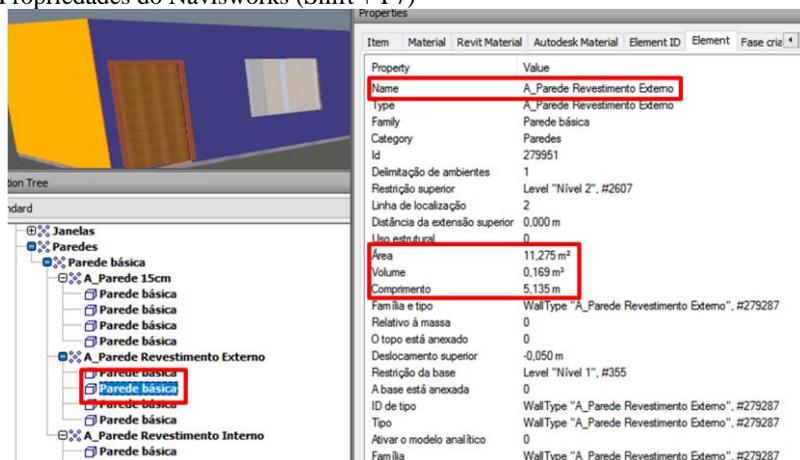
```

Fonte: Autor

Uma outra opção de verificação de um elemento é simplesmente selecioná-lo e utilizar o comando *Properties*, acessando os valores de

todos os seus parâmetros, como mostra a Figura 52. Satisfazendo a condição da árvore de fatores do serviço sendo pesquisado, basta arrastá-lo para o serviço SINAPI. A figura seguinte mostra um exemplo do elemento parede externa, utilizada como revestimento.

Figura 52 – Verificação individual do elemento Parede utilizando a ferramenta Propriedades do Navisworks (Shift + F7)

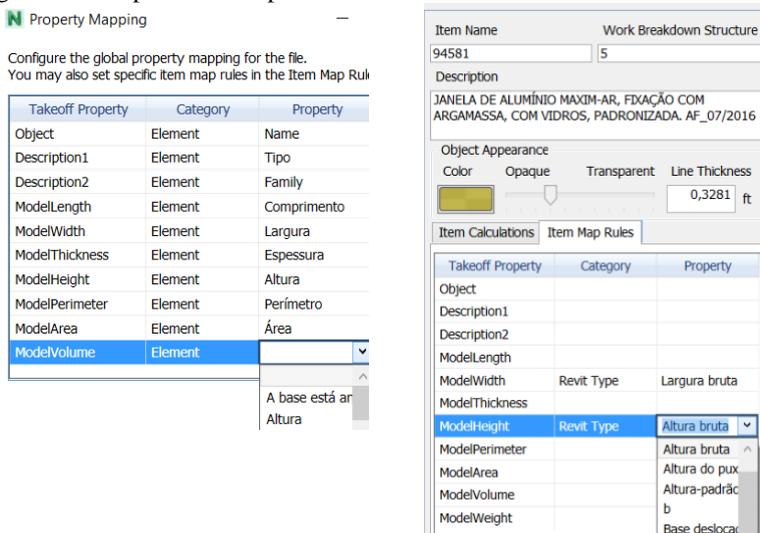


Fonte: Autor

4.3.7 Configurações Complementares

Para o sucesso do procedimento de quantificação é fundamental realizar uma configuração no comando *Property Mapping*, dentro do módulo *Item Catalog*. É por esta configuração que os parâmetros importados do Revit são mapeados e associados aos parâmetros do Navisworks. Pode ser necessário mapear parâmetros diferentes para serviços específicos. Neste caso, o usuário pode selecionar o serviço que deseja alterar no *Item Catalog*, e vincular qualquer parâmetro importado do Revit aos parâmetros de quantificação ou descrição do Navisworks. A Figura 53 mostra uma configuração típica para o mapeamento geral (a), e um exemplo para um mapeamento específico (b), para os parâmetros de largura e altura do serviço Janela de Alumínio.

Figura 53 – Mapeamento de parâmetros



(a) Item Catalog / Property Mapping
Fonte: Autor

(b) Item Catalog / Item Map Rules

Realizadas as configurações anteriores, basta arrastar os elementos que se deseja orçar para o serviço pertinente, ou até mesmo todo o projeto de uma única vez, do navegador *Selection Tree* para o módulo *Quantification*, obtendo-se para cada elemento, o comprimento, largura, espessura, altura, perímetro, área, volume, peso, contagem, e principalmente a quantidade primária, que é a definição pelo usuário de qual das quantidades anteriores deve ser considerada no orçamento, no caso a quantidade equivalente à unidade da composição SINAPI a ser utilizada.

4.3.8 Atualização do Modelo e Quantitativos

Para atualização de modificações do modelo, basta manter os arquivos de extensão *rvt* do Revit e *nwf* do Navisworks no mesmo diretório raiz, e aplicar o comando *Refresh* (ou atualizar) do Navisworks a qualquer tempo. Desta forma, alteração nas dimensões dos elementos no Revit, ou mesmo exclusão ou criação de novos elementos, como paredes ou aberturas, serão refletidas no Navisworks.

Quanto à atualização de quantidades vinculadas a esses elementos modificados ou excluídos, é necessário selecionar o orçamento no módulo

Quantification, e aplicar o comando *Change Analyses / Analyze Changes*. Os elementos alterados serão destacados, sendo suficiente selecioná-los (Comando *Update / Select Row*) e atualizá-los (*Update / Update Selected From Model*). Quanto à atualização de quantidades de elementos novos, a pesquisa não identificou uma forma automática, mesmo que os elementos tenham sido vinculados utilizando a ferramenta *Find Itens*.

4.3.9 Exportando as Quantidades

Com o orçamento finalizado, basta exportá-lo do Navisworks para o Excel, utilizando o comando *Export Quantities to Excel*, do módulo *Quantification*. A seguir, tem-se dois exemplos dos diversos dados e formatos de saída em *xls* do relatório extraído do Navisworks, inclusive com algumas abas configuradas na forma de tabela dinâmica. Na Figura 54³⁷ é possível ver cada serviço SINAPI com todos os elementos vinculados, configuração típica de memória de cálculo de quantidades, e na Figura 55, apenas os macro itens e respectivos serviços SINAPI com a quantidade total dos elementos vinculados a cada serviço, configuração típica do orçamento de referência levado à licitação.

Figura 54 – Relatório exportado do Navisworks com os serviços quantificados por elementos e Serviços SINAPI

WBS/RBS	Descriç	Group2	Group3	Item	PrimaryQuant	Pril
2						
2.4.1.2	87520	PAREDES E PAINÉIS	ALVENARIAS DE VEDAÇÃO	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF. 06/2014	21,289	m²
2.4.1.2.1		PAREDES E PAINÉIS	ALVENARIAS DE VEDAÇÃO	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF. 06/2014	10,825	m²
2.4.1.2.2		PAREDES E PAINÉIS	ALVENARIAS DE VEDAÇÃO	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF. 06/2014	10,464	m²
2.4.1.1	87504	PAREDES E PAINÉIS	ALVENARIAS DE VEDAÇÃO	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF. 06/2014	30,360	m²
2.4.1.1.1		PAREDES E PAINÉIS	ALVENARIAS DE VEDAÇÃO	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF. 06/2014	15,360	m²
2.4.1.1.2		PAREDES E PAINÉIS	ALVENARIAS DE VEDAÇÃO	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF. 06/2014	15,000	m²

Fonte: Autor

³⁷ A razão da pequena diferença entre áreas é a mesma já relatada na Figura 50. Decorre do critério que o Revit utiliza de alocar a área entre faces internas e externas na junção de paredes.

Figura 55 - Relatório exportado do Navisworks com os serviços quantificados apenas por Serviços SINAPI

Rótulos de Linha		PrimaryQuantity
- ORÇAMENTO ANALITICO - EDIFICAÇÃO		
- PAREDES E PAINÉIS		
- ALVENARIAS DE VEDAÇÃO		
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERAMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014		21,289
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERAMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014		30,36

Fonte: Autor

4.3.10 Associação do Custo Unitário do SINAPI e Geração do Orçamento de Referência

A associação do custo unitário contido na Tabela SINAPI obtida no site CEF aos serviços orçados e exportados do Navisworks é realizada no Excel, usando o comando *Procv*³⁸, e como chave de pesquisa, o código da composição orçada. Em seguida são acrescentados o BDI, criadas as fórmulas de totais dos subitens e macro itens, e realizada a formatação geral da planilha. O processo também pode ser automatizado por meio de macro. Se necessário atualizar os custos unitários com nova data-base, basta repetir a busca na nova tabela SINAPI, e substituir os valores na coluna de Custo Unitário sem BDI.

Realizando esta estruturação será possível obter um orçamento de referência de projeto de obra pública que utiliza recursos do Orçamento Geral da União (OGU) modelada em ferramenta BIM (Software Revit) num nível intermediário de desenvolvimento, até LOD 300, devidamente formatado, utilizando também uma ferramenta BIM (Software Navisworks) e um editor de planilhas (Software Excel), com adequado grau de interoperabilidade e automatização. Este procedimento respeitará a exigência legal de observância e limitação do custo unitário direto aos

³⁸ Para utilização da função *Procv* do Excel 2016, deve-se realizar as seguintes ações: Converter a coluna “Código da Composição” da Tabela SINAPI de texto para número (Excel / Dados / Texto para Colunas / Concluir); Manter abertos os arquivos de Orçamento e Tabela SINAPI; No arquivo Orçamento, coluna Unitário Sem BDI, digitar a função *procv* (=PROCV([clicar no código da composição Arquivo Orçamento]); [selecionar as colunas da tabela SINAPI, apenas a partir da coluna “Código da Composição”];[indicar o número da coluna que representa o custo unitário contada a partir da coluna “Código da Composição”];[Digitar “0” para retornar resultados exato])

valores do SINAPI, conforme Decreto Federal 7983 (Brasil, 2013a), e acréscimo do percentual de BDI seguindo as limitações do Acórdão 2622 (TCU, 2013a), estando a planilha apta a compor o edital de licitação, junto com os demais documentos de um certame.

A Figura 56 ilustra o produto final, representando os serviços orçados anteriormente, com destaque em verde para as colunas obtidas no Navisworks e em amarelo, no Excel.

Figura 56 – Parte de um orçamento de referência para o serviço de alvenaria de vedação

ITEM	SINAPI	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID	QDADE	UNIT. SEM BDI	BDI	UNIT. COM BDI	TOTAL
2.4		PAREDES E PAINÉIS						3.445,05
2.4.1		ALVENARIAS DE VEDAÇÃO					-	3.445,05
2.4.1.2	87520	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÁOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL_AF_06/2014	M2	21,289	58,37	20,00%	70,04	1.491,08
2.4.1.1	87504	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÁOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL_AF_06/2014	M2	30,360	53,63	20,00%	64,36	1.953,97
TOTAL DA OBRA:								R\$ 3.445,05

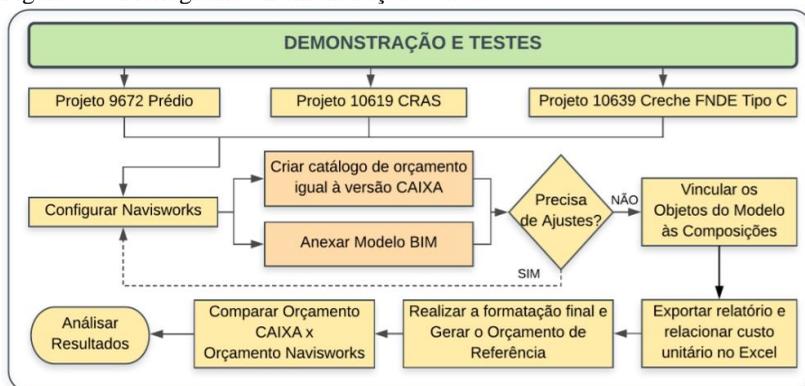
Fonte: Autor

Embora não tenha sido objeto da pesquisa, o método proposto também pode ser usado com outras bases de custo, como TCPO e SICRO, ou mesmo composições próprias do usuário, com as devidas adaptações.

5 DEMONSTRAÇÃO E TESTES DAS CONTRIBUIÇÕES PROPOSTAS

Após estruturar as contribuições propostas para obtenção do orçamento de referência de obra pública projetada e modelada em software BIM com LOD até 300 diretamente da ferramenta BIM de análise Navisworks, e realizar a simulação demonstrada no capítulo anterior, foi necessário demonstrar e testar o procedimento, verificando sua consistência quando aplicado a projetos reais e de maior escala. O fluxograma com essas atividades é mostrado na Figura 57.

Figura 57 - Fluxograma - Demonstração e testes



Fonte: Autor

Assim, foram obtidos junto à Caixa Econômica Federal (CEF), por meio de sua Gerência Nacional de Padrões e Normas Técnicas (GEPAD), três projetos com modelos elaborados em Revit e orçamentos disponibilizados no site da própria CEF. Os três projetos foram novamente orçados considerando as contribuições propostas nesta pesquisa, e os orçamentos obtidos na pesquisa foram comparados aos elaborados pela CEF e disponibilizados em seu site, sendo este o principal indicador de consistência e precisão³⁹. Este capítulo demonstra os testes realizados e analisa os resultados obtidos.

³⁹ Como parâmetro de precisão, considerou-se valores inferiores a dez por cento, por ser este o percentual que o Decreto 7983 (Brasil, 2013a art. 13, inciso II), define como máximo possível para reprogramações decorrente de falhas ou omissões no projeto. Ainda, os orçamentos feitos pela CEF para o Prédio e CRAS são apropriados para os testes realizados, pois os modelos tinham listas de

5.1 CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS UTILIZADOS NA VALIDAÇÃO

A CEF disponibiliza em seu site⁴⁰ orçamentos analíticos estimativos de diversas tipologias de obras de edificação, pavimentação e infraestrutura, acompanhados de uma ficha de caracterização do projeto com planta baixa, imagem 3D, e dados básicos. O objetivo da CEF é oferecer aos orçamentistas balizadores de custos de obras recorrentes acompanhadas pela Instituição. Em paralelo, a CEF desenvolve estudo piloto de modelagem desses projetos em software BIM para obter orçamentos mais precisos das tipologias e já adequados à revisão do SINAPI, além de outras utilidades, como criar composições representativas de serviços recorrentes, utilização em análises de custos paramétricas, etc. Desta forma, a Instituição disponibilizou três modelos para a pesquisa, elaborados na Ferramenta Revit, com as seguintes ressalvas:

- a) As soluções de modelagem foram realizadas com foco na geração do orçamento, e não de projetos ou pranchas para serem licitadas;
- b) As disciplinas modeladas foram apenas arquitetura e estrutura;
- c) Um dos modelos, Creche FNDE, não estava com a modelagem concluída;

As características dos projetos utilizados, são:

- i. Projeto 9672 - R4-2B-49C: Edificação multifamiliar, quatro pavimentos sem elevador, padrão baixo. Sala, dois quartos, banheiro, cozinha e área de serviço. Inclui guarita, depósito, quarto e banheiro de serviço e uma vaga

quantidades, as quais foram previamente comparadas ao orçamento disponibilizado no site da Instituição, com quantitativos praticamente idênticos, na maior parte dos itens. O modelo da Creche não possuía tal lista. Assim, o teste serviu como ferramenta de análise de custo. Detalhes serão mostrados adiante, no item 5.2.1.

⁴⁰ Os orçamentos analíticos e as fichas de caracterização dos três projetos utilizados podem ser obtidos no campo *Orçamentos de Referência*, link: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>

- de garagem descoberta por unidade (piso externo). Sistema construtivo: alvenaria em tijolo furado, estrutura em concreto armado. Forro PVC nos banheiros, cozinhas e áreas de serviço. Cobertura de fibrocimento com trama de madeira. Área construída de 1.519,03 m² e área equivalente: 986,34 m² (16 Unidades Habitacionais (U.H.) de 49,08 m²);
- ii. Projeto 10619: Centro de Referência de Assistência Social (CRAS): Equipamento comunitário, padrão normal. Recepção, sala de atendimento familiar, sala de coordenação, sala multiuso, almoxarifado, copa e dois sanitários. Sistema construtivo: alvenaria em tijolo furado e estrutura convencional em concreto armado. Laje pré-moldada com revestimento. Cobertura em fibrocimento e estrutura de madeira. Área construída: 165,30 m²;
- iii. Projeto 10639 Creche FNDE Tipo C: quatro edifícios térreos, sendo um bloco administrativo, um bloco de serviços, dois blocos pedagógicos, pátio coberto e refeitório interligados por circulação coberta, playground e castelo d'água. Sistema construtivo: fundações em sapatas isoladas e vigas baldrame. Alvenaria de tijolo furado e estrutura em concreto armado com laje pré-moldada. Cobertura em telha cerâmica com estrutura de madeira. Área da edificação: 668,30 m².

Para todos os projetos, serviços como fundação profunda, mobilização e desmobilização, administração local, serviços topográficos, terraplenagem, transporte de material, e ligações definitivas, não foram orçados. O BDI também não consta no orçamento.

O projeto do edifício multifamiliar representa uma configuração típica dos blocos habitacionais de quatro andares financiados pela CEF no âmbito dos programas habitacionais para diminuição do déficit habitacional brasileiro, podendo ser modificado pelas construtoras parceiras.

Quanto ao CRAS, é um projeto padrão elaborado pelo Ministério de Desenvolvimento Social (MDS), custeado com recursos do Fundo Nacional de Assistência Social (FNAS), e repassado às prefeituras do país por meio de contratos de repasse (CEF atuando como Mandatária da União), ou convênios. Os projetos de engenharia em *dwg* e *pdf* podem ser

obtidos parcialmente no site do MDS.⁴¹ A Figura 58 mostra dois exemplos.

Figura 58 - Projetos de CRAS executados no país



(a) Riachão das Neves / BA

(b) Adrianópolis / PR

Fonte: Confederação Nacional de Municípios (2017)

Quanto à Creche FNDE Tipo C, é um projeto padrão elaborado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), vinculado ao Ministério da Educação (MEC), no âmbito do programa Proinfância, e repassado às prefeituras do país via contratos de convênio. Os projetos de engenharia, memoriais e orçamento podem ser integralmente obtidos no site do FNDE.⁴² A Figura 59 mostra dois exemplos.

Figura 59 - Projetos de Creche Tipo C executados no país



(a) Pedra Branca / PB

(b) Vitória da Conquista / BA

Fonte: Confederação Nacional de Municípios (2017) e PM de Vitória da Conquista / BA

⁴¹ http://blog.mds.gov.br/fnas/?page_id=524

⁴² <http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/eixos-de-atuacao/projetos-arquiteticos-para-construcao/item/4817-tipo-c>

5.2 CARACTERÍSTICAS DA MODELAGEM REALIZADA PELA CEF

5.2.1 Projeto 9672 - R4-2B-49C – Prédio

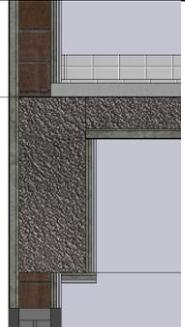
A CEF realizou a modelagem da edificação em oito arquivos diferentes, replicados entre a edificação principal e os complementos (Guarita e Depósito / Convivência de empregados): Arquitetura / estrutura; Fôrmas; Escavação do Baldrame; Cintas e Cobertura. Cada arquivo continha as tabelas de quantidades de materiais. O nível de modelagem foi alto, superior à LOD 300. As paredes foram constituídas por três elementos justapostos. A parede central era composta por um único material de alvenaria. As paredes externas e internas eram compostas por várias camadas de materiais, cada qual representando um serviço.

Como os fatores de produtividade do SINAPI foram considerados nas camadas de materiais integrantes de cada elemento de parede, isso gerou, apenas no arquivo do prédio, quatro tipos de paredes centrais (com ou sem vão, menor ou maior igual a 6m²), dois tipos de paredes externas (com e sem vãos), e três tipos de paredes internas (pintura acrílica, pintura latex e cerâmica área menor que 5m²). A CEF criou ainda seis outros tipos de paredes para representar o rodapé, impermeabilizações, revestimento da escada, etc. Cada qual com as camadas de materiais pertinentes. O forro foi composto por dois tipos: régua de PVC e pintura de teto, com os materiais associados para os serviços, como chapisco, massa única, fundos, etc. Ainda no prédio, o piso foi composto por nove tipos: um para: laje estrutural; escada; contrapiso 3cm área molhada sobre impermeabilização; 3cm sobre laje; 4cm em área seca; impermeabilização de área molhada; piso cerâmico até 5m², 5 a 10m², e maior que 10m². Cada tipo possuía em sua maioria um material associado.

A Figura 60 apresenta um detalhe da solução de modelagem empregada pela CEF, inclusive o contorno das vigas por elementos de forro e parede, criação de rodapé, e aplicação de contrapiso até a alvenaria, e o piso até a face rebocada, garantido precisão nos quantitativos gerados. A Figura 61 mostra uma das camadas de materiais criadas pela CEF para o revestimento externo deste mesmo detalhe, seguindo a árvore de fatores do SINAPI. Isso resulta em vários materiais diferentes, que se alternam em elementos diferentes, resultando em vários tipos de famílias modeladas, gerando um grande esforço de modelagem para obtenção do orçamento. Por fim, a Figura 62 mostra os serviços de

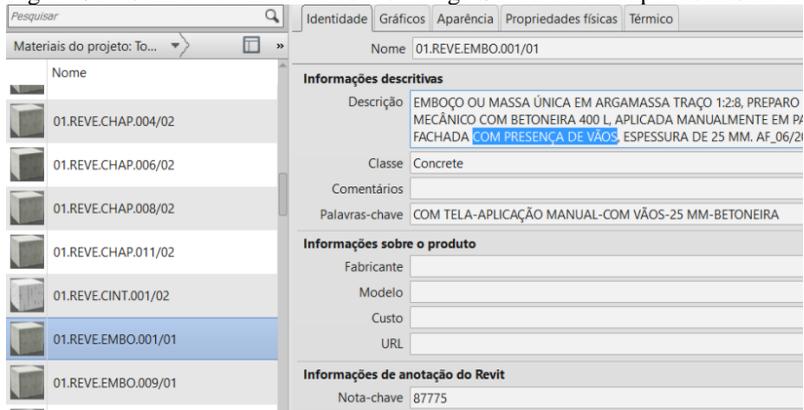
fôrma e viga de cintamento, os quais foram modelados em arquivos separados.

Figura 60 - Detalhe de corte do prédio, terceiro andar

	<p>Parede Externa com Vão, Pintura a Rolo: 4 camadas de materiais. Pintura; Fundo Selador; Massa Única para recebimento de pintura; Chapisco</p> <p>Parede central, Alvenaria >6m² com Vão: 1 camada. Alvenaria de vedação</p> <p>Parede Interna, Pintura Látex PVA: 5 camadas. Pintura; Fundo Selador; Aplicação e lixamento de massa látex; Massa Única para recebimento de pintura; Chapisco</p> <p>Forro: 5 camadas de materiais. Pintura Látex duas Demãos; Massa Única para Recebimento de Pintura; Aplicação e Lixamento de Massa Látex em Teto; Massa Única em Teto; Chapisco</p> <p>Piso Cerâmico A>10m²: 1 camada. Piso cerâmico popular área > 10m²</p> <p>Contrapiso4cm, área seca: 1 camada. Contrapiso área seca < 10m²</p> <p>Piso Estrutural 9cm: 1 camada. Concretagem de laje estrutural, área <= 20m²</p>
---	---

Fonte: Autor

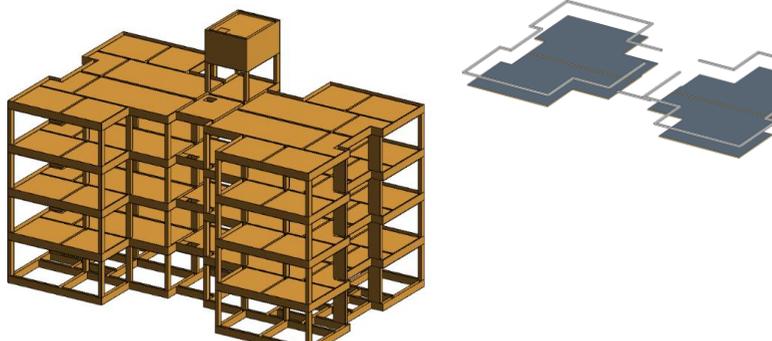
Figura 61 - Camada de material com o código SINAPI no campo Nota-Chave



Pesquisar		Identidade	Gráficos	Aparência	Propriedades físicas	Térmico	
Materiais do projeto: To...		Nome					01.REVE.EMBO.001/01
Informações descritivas							
Nome		Descrição					EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8. PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE EM P/ FACHADA COM PRESENÇA DE VÃOS. ESPESSURA DE 25 MM. AF_06/21
01.REVE.CHAP.004/02		Classe					Concrete
01.REVE.CHAP.006/02		Comentários					
01.REVE.CHAP.008/02		Palavras-chave					COM TELA-APLICAÇÃO MANUAL-COM VÃOS-25 MM-BETONEIRA
01.REVE.CHAP.011/02		Informações sobre o produto					
01.REVE.CINT.001/02		Fabricante					
01.REVE.EMBO.001/01		Modelo					
01.REVE.EMBO.009/01		Custo					
		URL					
Informações de anotação do Revit							
		Nota-chave					87775

Fonte: Autor

Figura 62 - Serviços de fôrmas e vigas cintamento modeladas separadamente



Fonte: Autor

Um detalhe de modelagem realizado pela CEF no projeto do Prédio foi agrupar os pisos e forros de determinados ambientes em elementos únicos. Isso dificulta a aplicação de filtros de área no Navisworks. Para perfeita aplicação das contribuições propostas é ideal que as camadas de piso e forro sejam modeladas como elementos únicos por ambiente. Após a verificação da modelagem realizada pela CEF, foi comparado o orçamento analítico disponível no site da Instituição com as tabelas existentes nos arquivos Revit gerados pela própria Instituição, estando os quantitativos próximos ou idênticos, garantindo a consistência dos documentos que seriam usados para demonstrar e testar as contribuições propostas.

5.2.2 Projeto 10619 – CRAS

A modelagem do CRAS seguiu as mesmas características do Prédio, separadas em quatro arquivos: Arquitetura e estrutura; Fôrmas; escavação do baldrame; e Projeção de Cobertura. Além dos detalhes de modelagem, também foi verificada a consistência dos quantitativos das tabelas de materiais com o orçamento analítico disponível no site, estando de acordo.

5.2.3 Projeto 10639 - Creche FNDE Tipo C

Realizada em arquivo único, a solução de modelagem empregada pela CEF no projeto da Creche FNDE foi diferente do Prédio e CRAS. Os fatores de produtividade presentes na árvore de fatores do SINAPI não foram levados em conta. Ainda, as paredes foram modeladas como vários

elementos justapostos de camadas únicas de material, sem que houvesse a indicação de códigos ou descrições SINAPI na biblioteca de materiais do Revit, como ocorreu nos projetos anteriores. Isso resultou em uma parede central, e até 5 paredes para cada revestimento, externo e interno. Da mesma forma, ocorreu com outras categorias, como pisos, forros e telhados. Quanto às camadas de piso e forro, foram modeladas individualmente, facilitando a aplicação do método neste aspecto. Entretanto, por ainda não estar concluída a modelagem, como previamente ressaltado pela CEF, o modelo apresentava inconsistências, como paredes e pisos sobrepostos e com espessuras incongruentes, tipos de famílias diferentes para mesmos serviços, e elementos não modelados, como portas. No tocante ao orçamento, o modelo não continha tabelas de quantidades.

Embora a modelagem estivesse incompleta e inconsistente em alguns pontos, o projeto era o mais complexo, com paredes externas revestidas com cerâmica e pintura, detalhes cerâmicos ao redor de janelas, entre outras especificações diferenciadas. Desta forma, optou-se pela utilização do modelo para demonstrar e testar as contribuições propostas em projeto de maior complexidade. Além disso, a própria disponibilidade dos projetos detalhados no site do FNDE supriria informações ausentes no modelo. Quanto aos indicadores, independente da modelagem realizada, o orçamento estava disponível no site da CEF para consulta, data base Julho/2017. Também estava disponível no site do FNDE, uma versão de Novembro/2012, com estrutura analítica (EAP) diferente, por ser anterior à revisão do SINAPI. Esta segunda planilha foi desconsiderada para efeitos de comparação, servindo apenas como fonte secundária de informação de alguns serviços.

Entretanto, como se verá adiante, verificaram-se discrepâncias no próprio orçamento disponível, servindo o método como ferramenta de análise de custos, o que poderia ser utilizado pela CEF para tal finalidade nos empreendimentos que ela analisa e acompanha.

5.3 CRITÉRIOS ADOTADOS PARA ELABORAÇÃO DOS ORÇAMENTOS - DEMONSTRAÇÃO E TESTES

Se uma parede de 5m por 3m é modelada no Revit, o parâmetro *área* do Revit ficará com 15m². Ao se importar o arquivo para o Navisworks, o parâmetro será importado junto com seu valor de origem. Ou seja, o Navisworks não recalcula quantidades, e exceto aqueles dados inseridos manualmente ou por fórmulas criadas pelo usuário, a maior parte dos dados de quantidades será idêntica nas duas ferramentas. Ainda,

como já relatado, a solução de modelagem utilizada pela CEF empregou vários elementos com uma ou mais camadas de materiais para representar os serviços orçados, e a pesquisa propõe justamente o contrário, que com poucos elementos de camada única é possível obter um orçamento detalhado. Desta forma, para demonstrar e testar as contribuições propostas, seria incorreto simplesmente redistribuir os elementos modelados pela CEF no orçamento, o que resultaria em resultados idênticos e sem garantia da consistência dos dados. Assim, se uma parede foi modelada pela CEF e nominada como Alvenaria < 6m², tal informação era desprezada, e considerava-se apenas como Alvenaria. A área era encontrada com as ferramentas de pesquisa do Navisworks, independente do nome do elemento. Da mesma forma, alguns elementos como paredes e pisos foram desprezados, e utilizou-se um único tipo para se obter todos os demais serviços. Isto implica em poucos elementos necessários na modelagem para a obtenção de um orçamento detalhado, exatamente o que propõe a pesquisa.

A presente pesquisa propõe a utilização de dois catálogos no Navisworks, um para o orçamento que se está gerando e outro para a Tabela SINAPI, com as composições hierarquizadas de acordo com sua árvore de fatores, conforme demonstrado nos capítulos 3 e 4. Para demonstrar e testar as contribuições propostas, foram criados apenas os catálogos dos três orçamentos em análise de forma igual aos da CEF, com macro itens e subitens idênticos, para permitir a comparação dos resultados. Logo, o catálogo com a tabela SINAPI foi desnecessário para o procedimento de demonstração e testes.

Quanto aos serviços orçados, representaram mais de 80% do valor total de cada orçamento testado. A maioria desses serviços já foi revisada e integra os Cadernos Técnicos de Composições⁴³, disponíveis no site da CEF em que é possível ver as árvores de fatores e outras informações, como critérios de medição e especificações adicionais. Apenas como exemplo, dos 267 serviços presentes no orçamento da Creche FNDE, 106 foram analisados, estando 82 vinculados a 16 Cadernos Técnicos. São eles: Alvenaria de vedação; Armação de estruturas de concreto armado; Composições representativas; Concretagem para estruturas de concreto armado; Contrapiso, contrapiso acústico e contrapiso autonivelante; Estrutura e trama para cobertura; Fôrmas para estruturas de concreto armado; Guias e sarjetas; Instalação de janelas ; Lastro; Pavimento intertravado; Pintura (interna e externa); Produção de concreto;

⁴³ Disponível em:

http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_533

Revestimentos; Telhamento e serviços complementares para cobertura; Verga, contraverga, fixação de alvenaria de vedação e cinta de amarração de alvenaria. Os 24 serviços restantes ainda não foram aferidos pela CEF no processo em curso de revisão do SINAPI, executado pela FDTE/USP.

Ainda, o restante do orçamento, inferior a 20%, somente não foi analisado pois os modelos obtidos para os testes não continham as disciplinas *mechanical, electrical, and plumbing* (MEP), ou instalações mecânicas, elétricas e hidráulicas. Ou seja, a pesquisa orçou 100% da amostra passível de análise. Essas observações se repetem para todos os modelos.

Adotou-se a seguinte sequência e considerações na elaboração dos orçamentos, com um aprimoramento crescente do método proposto, ao ser aplicado em cada um dos casos.

- i. Prédio: Foi importado o modelo da CEF sem realizar qualquer tipo de adequação, e gerado o orçamento, ainda que não fosse a maneira ideal;
- ii. CRAS: Foi importado o modelo da CEF criando-se previamente um parâmetro no Revit que facilitassem os filtros, no tocante à existência ou não de vãos, e gerado o orçamento;
- iii. Creche FNDE: Por fim, antes da importação, o modelo foi editado, substituindo-se as diversas camadas de paredes e pisos com apenas as necessárias para geração do orçamento, e que não comprometesse o projeto, além de criação de parâmetros, e gerado o orçamento.

O Navisworks possui três formatos de arquivo nativo: *nwf*; *nwc* e *nwd*. O programa funciona também como um gerenciador de dados, podendo-se importar vários tipos de formato, como *pdf*, *dwg*, *ifc*, *rvt*, e agrupar diversos projetos e orçamentos num mesmo arquivo. Para a pesquisa, criaram-se pastas individuais para cada projeto. A importação se deu criando-se um arquivo *nwf* para cada projeto, e anexando (Comando *Home / Append*) apenas o arquivo *rvt* que continha a arquitetura e estrutura, no mesmo diretório, para permitir atualizações. No caso do prédio, foram dois arquivos *rvt*, da Edificação Principal e Complemento. Para cada arquivo, de qualquer extensão, anexado ao arquivo *nwf*, o programa cria arquivos *nwc*, que funcionam como cache, otimizando a troca de informações com o arquivo original. Não foram utilizados arquivos *nwd*. Em seguida, para cada um dos três arquivos *nwf*, foi importado o catálogo do orçamento previamente criado em arquivo

.xml (Módulo *Quantification / Import Catalog*). Basicamente o orçamento feito pela CEF foi copiado e colado num *template* do Excel em *xlsm*, e exportado para *.xml*. Os passos de criação e obtenção do *template* estão descritos nos capítulos 3 e 4.

5.4 GERAÇÃO DO ORÇAMENTO DE REFERÊNCIA

Finalmente, pode-se elaborar o orçamento utilizando o Navisworks. Ao término, os dados foram exportados desta Ferramenta BIM para o Excel, onde foram editados, formatados e associado o custo unitário do SINAPI Referencial Desonerado de SC, utilizando o comando *procv* do Excel, conforme descrito nos capítulos 3 e 4. Diversos outros meios poderiam ser usados para tal fim, como uso de bancos de dados relacionais, via Microsoft SQL, Access, ou mesmo outras ferramentas do próprio Excel. Optou-se por não aplicar BDI, para melhor comparação dos valores.

Quanto ao relatório extraído do Navisworks, este vem com várias abas, sendo a primeira com todos os dados, e as demais apresentando formatos default de visualização. A Figura 63 apresenta uma opção de visualização em tabela dinâmica, permitindo o reordenamento dos dados em segundos. É possível ver também o campo comentários (*Comments*), o qual pode ser usado para registrar observações do orçamentista, memórias de cálculo, ou especificações complementares.

Figura 63 - Relatório do orçamento extraído do Navisworks (Creche)

Rótulos de Linha	WBS/RBS	Description	Comments	Item	Primary	Quantity	Primary Quantity Units
COBERTURA	16	(vazio)	(vazio)	(vazio)	(vazio)	(vazio)	(vazio)
		TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS, CAIBROS E TERÇAS PARA TELHADOS DE MADEIRA QUE 2 ÁGUAS PARA TELHA CERÂMICA CAPA-CANAL, INCLUSIVE TRANSPORTE VERTICAL. AF_12/2015	#5 - alea - 2017/9/20 9:7:37 SINAPI adota projeção, e flutu área real. Utilizado área real dividido por 1,06	92542		585,25	m²
	16.1	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE TESOURA INTEIRA EM MADEIRA NÃO APARELHADA, VÃO DE 10 M, PARA TELHA CERÂMICA OU DE CONCRETO, INCLUSIVE IÇAMENTO. AF_12/2015	#8 - alea - 2017/9/23 11:43:45 Tesouras da área aberta / coberta	92552		2,00	ea
	16.2	CUMEIEIRA PARA TELHA CERÂMICA EMBOCADA COM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (CIMENTO, CAL E AREIA) PARA TELHADOS COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSIVE TRANSPORTE VERTICAL. AF_06/2016	#7 - alea - 2017/9/20 9:18:9 Atribuído	94221		167,58	m
	16.4	AMARRAÇÃO DE TELHAS CERÂMICAS OU DE CONCRETO. AF_06/2016	(vazio)	94232		4.512,27	ea
	16.5	TELHAMENTO COM TELHA CERÂMICA CAPA-CANAL, TIPO PLAN, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSIVE TRANSPORTE VERTICAL. AF_06/2016	#6 - alea - 2017/9/20 9:7:47 SINAPI adota projeção, e flutu área real. Utilizado área real dividido por 1,06	94445		585,25	m²

Fonte: Autor

Na preparação dos catálogos dos orçamentos usados para demonstrar e testar as contribuições propostas, os serviços ou subitens foram preenchidas da seguinte forma: coluna *Type (Resource)*; Coluna *Name* (Código SINAPI); e Coluna *Description* (Descrição do serviço). Quanto aos macro itens, foram preenchidos: Coluna *Type (Group)*; Coluna *Name* (Nome do macro item); e Coluna *Description* não foi preenchida. Por este motivo aparece como vazio na Figura 63. Para sua visualização, bastaria replicar o nome do macro item também neste

campo, seja no *template*, ou diretamente no Navisworks, módulo *Item Catalog*.

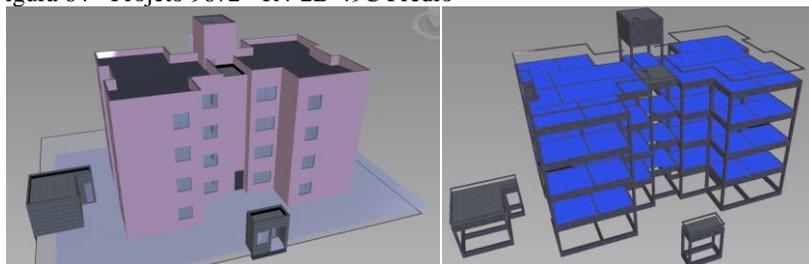
Para a pesquisa, optou-se por manipular os dados diretamente na aba principal, selecionando os dados desejados, e transportando-os para uma planilha de orçamento. Em seguida, foi associado o custo unitário, criadas as fórmulas e feita a formatação final. O orçamento obtido foi então comparado ao disponível no site da CEF, linha a linha.

Os procedimentos realizados e a análise dos resultados obtidos para cada modelo estão descritos a seguir.

5.5 PRÉDIO

A Figura 64 mostra o modelo arquitetônico e estrutural em 3D da Edificação Principal e Complemento importados no Navisworks.

Figura 64 - Projeto 9672 - R4-2B-49C Prédio



(a) Modelagem Arquitetônica

(b) Modelagem Estrutural

Fonte: Autor

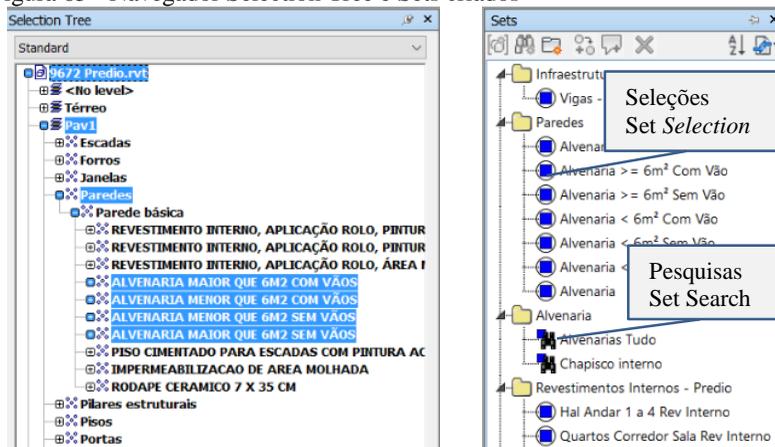
5.5.1 Árvore de Seleção dos Elementos e Criação dos Sets

O navegador *Selection Tree* do Navisworks mostra os elementos do modelo hierarquizados por Arquivos anexados, Nível, Categoria, Tipos de Família e Elementos, entre outras opções possíveis. Isso facilita a pesquisa de objetos para realizar a orçamentação. Porém, como as quantidades dos serviços são obtidas arrastando-se os elementos do navegador *Selection Tree* para o Módulo *Quantification*, é interessante salvar as principais seleções criando Sets. Muitos Sets são usados em diversos serviços. A Figura 65 mostra a Árvore de Seleção e os Sets criados para o Prédio.

Cabe observar que a maioria dos Sets abaixo foi salva como “*Seleções*” e não “*Pesquisas*” (Binóculo) pela ausência de parâmetros criados no Revit que permitissem aplicar filtros com eficiência. Isso

impede a atualização automática do orçamento no caso de atualização do modelo. E importante salientar que este foi o primeiro modelo testado, cujo procedimento foi sendo aprimorado a cada teste.

Figura 65 - Navegador Selection Tree e Sets criados



(a) Navegador Selection Tree

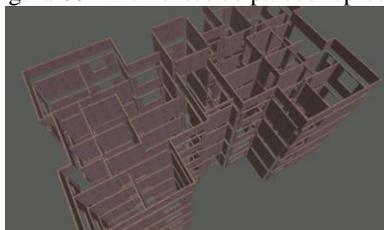
(b) Sets criados

Fonte: Autor

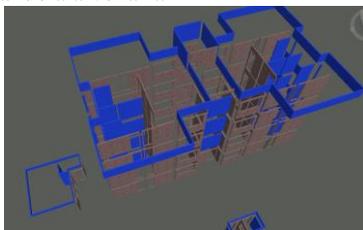
5.5.2 Quantificação de Paredes de Alvenaria

Para quantificar a alvenaria, inicialmente filtrou-se a categoria paredes, e nela, as famílias tituladas de Alvenaria, já que as paredes usadas para revestimentos tinham outros nomes. Em seguida, foram ocultados todos os demais elementos do modelo. Restando apenas os objetos usados na Alvenaria, fizeram-se pesquisas com o comando *Find Itens*, entre menores ou igual e maiores que $6m^2$, ocultando-se os demais. Do que restou, foi feita a seleção visual entre as que tinham ou não vãos. Cada seleção foi salva como Sets. A Figura 66 mostra apenas os elementos de parede que representam a alvenaria, e em destaque, as alvenarias menores que $6m^2$ sem vãos. Finalmente os quatro Sets foram arrastados para o módulo *Quantification*, nos respectivos serviços SINAPI, vinculando esses elementos e gerando a quantificação. Para cada serviço, deve-se definir a quantidade primária, neste caso, área.

Figura 66 - Elementos de parede representando a alvenaria



(a) Paredes para alvenaria

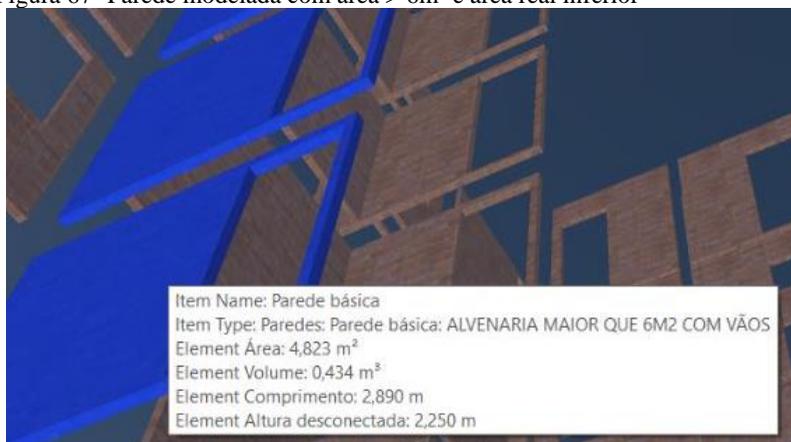


(b) Paredes destacas: $<6\text{m}^2$ sem vão

Fonte: Autor

Foi possível ainda verificar se as seleções eram compatíveis com as paredes modeladas pela CEF. Verificou-se que algumas paredes não seguiam corretamente a árvore de fatores do SINAPI, mostrando que as contribuições propostas apresentam maior precisão e menor esforço de modelagem na obtenção do orçamento. A Figura 67 mostra uma parede que se repete nos quatro andares modeladas como alvenaria com vão, maior que 6m^2 , e deveria ser menor que 6m^2 .

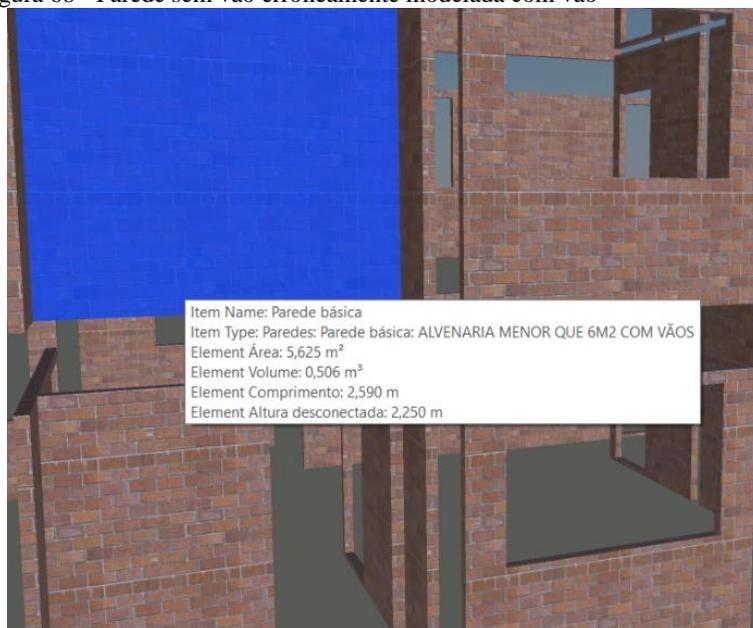
Figura 67- Parede modelada com área $> 6\text{m}^2$ e área real inferior



Fonte: Autor

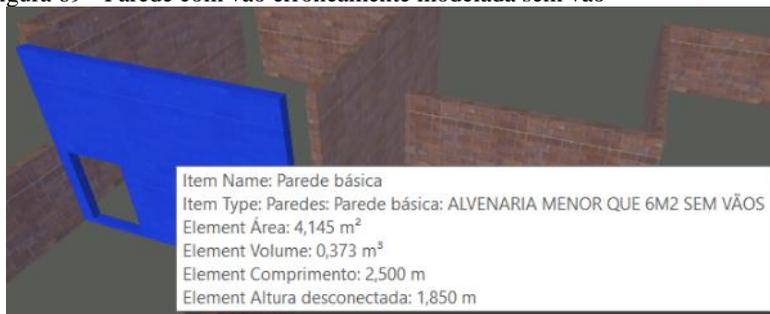
A Figura 68 mostra uma parede que se repete nos quatro andares modeladas como alvenaria menor que 6m^2 , com vão, mas apenas o primeiro andar possui vão, referente à porta de acesso ao prédio. As demais não possuem vãos. E a Figura 69 mostra a parede do reservatório modelada sem vão, o que não é o caso.

Figura 68 - Parede sem vão erroneamente modelada com vão



Fonte: Autor

Figura 69 - Parede com vão erroneamente modelada sem vão



Fonte: Autor

Uma característica no processo de modelagem que influencia nos quantitativos gerados, tanto no Revit ou Navisworks, é uma parede pertencer a vários ambientes, e ser modelada como elemento único, conforme Figura 70. No exemplo, o elemento é computado com área maior que 6m² com vão, ainda que um lado seja menor que 6m² e sem vão. Neste caso, a única solução encontrada seria no Revit dividir o

elemento (*Modify / Split Element*), o que não foi realizado na pesquisa em nenhum caso, para não alterar o critério de modelagem feito pela CEF.

Figura 70 - Elemento único de parede



Fonte: Autor

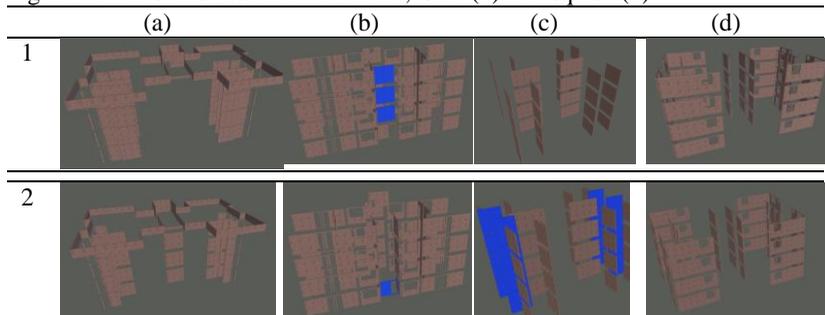
A Tabela 8 resume os quantitativos encontrados pela CEF e na Pesquisa, e a Figura 71 permite realizar uma comparação visual entre ambos.

Tabela 8 - Resumo de Alvenaria, CEF x Pesquisa

Prédio e Complementos	CEF	PESQUISA
a) Alvenaria < 6m ² Sem Vão	382,24	288,79
b) Alvenaria >= 6m ² Sem Vão	286,51	397,85
c) Alvenaria < 6m ² Com Vão	352,04	361,32
d) Alvenaria >= 6m ² Com Vão	460,03	432,82
Total	1.480,82	1.480,78

Fonte: Autor

Figura 71 - Resumo visual de alvenaria, CEF (1) x Pesquisa (2)



Fonte: Autor

Como o prédio tinha apenas 4 andares, a seleção manual de paredes não foi complicada. Porém, se fosse uma edificação de maior porte, como o projeto 9669 - R16-3N-78C, de 16 andares, haveria significativo esforço. Neste caso, poder-se-ia realizar as seleções em um único pavimento tipo, e multiplicar os valores resultantes pelo número de tipos, no módulo *Quantification*.

5.5.3 Quantificação de Paredes de Revestimento Externo e Interno

No caso das paredes que representam os serviços de revestimento externo, o procedimento seguiu a mesma analogia e sem dificuldades, pois a visualização dos elementos é fácil, e as paredes foram modeladas com a base vinculada ao térreo e o topo até o último andar. Como apenas a presença de vãos impacta nos serviços, e não a área, isso não foi problema. No caso da parede com a porta de acesso ao prédio, que só possui vão no térreo, optou-se por orçar este elemento no grupo Sem Vãos, por ser a área predominante. Isso gerou a diferença mostrada na Tabela 9. Os quantitativos totais ficaram iguais, como já era esperado. Neste caso, o ideal seria na modelagem criar paredes vinculadas entre níveis, e copiá-las para os demais, como ocorreu no restante do projeto. Ou simplesmente, identificada a inconsistência durante a orçamentação com o Navisworks, desconsiderar este elemento, criar um levantamento virtual, calcular e fornecer a área manualmente. Os dois Sets resultantes serviram para orçamentação de oito serviços: Massa única em fachadas com e sem vãos; Chapisco em fachadas com e sem vãos; Fundo selador em fachadas com e sem vãos; e Pintura acrílica com e sem vão.

Tabela 9 - Resumo revestimento externo, CEF x Pesquisa

Descrição	Unid	CEF	Pesquisa
Revestimento Externo Com Vãos	m ²	711,88	690,60
Revestimento Externo Sem Vãos	m ²	431,72	452,80
Total	m ²	1.143,60	1.143,40

Fonte: Autor

No caso das paredes que representam os serviços de revestimento interno, a analogia também foi a mesma das alvenarias, porém de difícil aplicação, pois há mais elementos e de difícil acesso, como requadro de pilares, tendo-se que recorrer a caixas de corte do modelo 3D, e ter maior acurácia na seleção. A criação de parâmetros no Revit se mostra mais adequada, como se verá nos próximos projetos testados. Os Sets foram criados por ambiente, pois alguns eram revestidos por cerâmica, outros, pintura, subdividida entre PVA e Acrílica. A Figura 72 mostra exemplo de seleção para ambientes com pintura PVA e Cerâmica. A Tabela 10 resume o agrupamento de elementos que serviu para orçar nove serviços de revestimento interno: Emboço para cerâmica < 5m²; Massa única para pintura; Chapisco; Fundo selador PVA; Fundo selador acrílico; Pintura PVA; Pintura acrílica; Aplicação e lixamento massa PVA; e Revestimento cerâmico área < 5m².

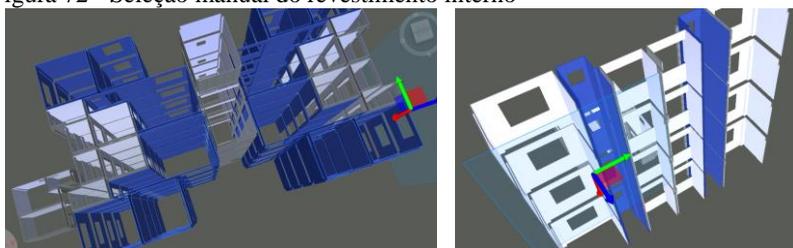
A CEF modelou a diferença entre a face lateral interna da viga e da parede com forro, resultando em resultados maiores e mais precisos que os encontrados na pesquisa. Porém, essa diferença poderia ter sido considerada de forma aproximada, acrescentando uma única fórmula na quantidade primária de cada serviço, a qual seria replicada para todos os elementos vinculados, como: $\text{área} + (\text{Comprimento} \times 3\text{cm})$. Optou-se em não realizar o procedimento neste primeiro teste.

Tabela 10 - Resumo de serviços, CEF x Pesquisa

Principais Ambientes	Unid	CEF	Pesquisa
Cerâmica: BWC, Cozinha, área de serviço, e Complementos	m ²	817,3	801,96
Pintura PVA: Quartos, sala e corredor, e Complementos	m ²	1622,26	1588,77
Pintura Acrílica: Hall e escadas	m ²	185,3	174,08
Total	m ²	2624,86	2564,81

Fonte: Autor

Figura 72 - Seleção manual do revestimento interno



(a) Ambientes com pintura PVA

(b) Ambientes c/ cerâmica-BWC

Fonte: Autor

5.5.4 Quantificação de Pisos, Forros e Revestimento de Teto

A pavimentação interna possui 14 serviços orçados, como contrapisos, cerâmicas, rodapés, regularização de superfície, lastros, soleiras e outros. O Forro possui um serviço, de Régua de PVC. O Revestimento de teto possui 5 serviços, como chapisco, massa única, fundo e pintura, alocados na categoria de Forro. Como a CEF havia modelado os pisos e forros como elementos em ambientes agrupados, não era possível selecioná-los separadamente. Desta forma, a maior parte desses serviços foi orçada utilizando a categoria de família do Revit *Ambiente*, a qual fornece a área e o perímetro de cada ambiente. Assim, os ambientes eram arrastados como elementos para o serviço desejado, e se fosse o caso, multiplicados por 16 (4 andares x 4 Apartamentos), ou por 4, no caso do hall e escadas, e apenas 1, se fosse a guarita ou depósito. Para a caixa d'água eram acrescentados os elementos individuais de piso

daquele nível. De forma geral, as quantidades foram iguais ou inferiores às da CEF, pois o ambiente é computado a partir da face externa das paredes, e alguns serviços como contrapiso, são computados a partir do núcleo da parede. Neste caso, a fórmula poderia ser editada da seguinte forma: $Quantidade\ primária = (área + (Perímetro \times 3cm)) \times 16$. Optou-se por não realizar neste primeiro teste e realçar as diferenças na pesquisa. Os rodapés foram computados pelo perímetro dos elementos. As soleiras pela largura das portas. E alguns serviços, como lastros, não estavam modelados, e não se teve acesso aos critérios utilizados, por isso foram simplesmente atribuídos por levantamento virtual. No caso de Forro de PVC, a pesquisa resultou em quantitativo 6% superior, pois a CEF corretamente modelou a partir das faces da viga, resultando uma área menor que a fornecida pelo Ambiente, o qual computa a partir das paredes. A Figura 73 mostra na parte superior a categoria de piso isolada e como a CEF realizou a modelagem, e na parte inferior, como foi quantificada pela Pesquisa, usando os ambientes Banheiro e Área de Serviço.

Figura 73 - Modelagem CEF x Quantificação adotada na Pesquisa. Destaque contrapiso 3cm área molhada

Status	WBS/RBS	Name	Description	Comments
	1.10.6	87755	CONTRAPISO EM ARGAMASSA...	

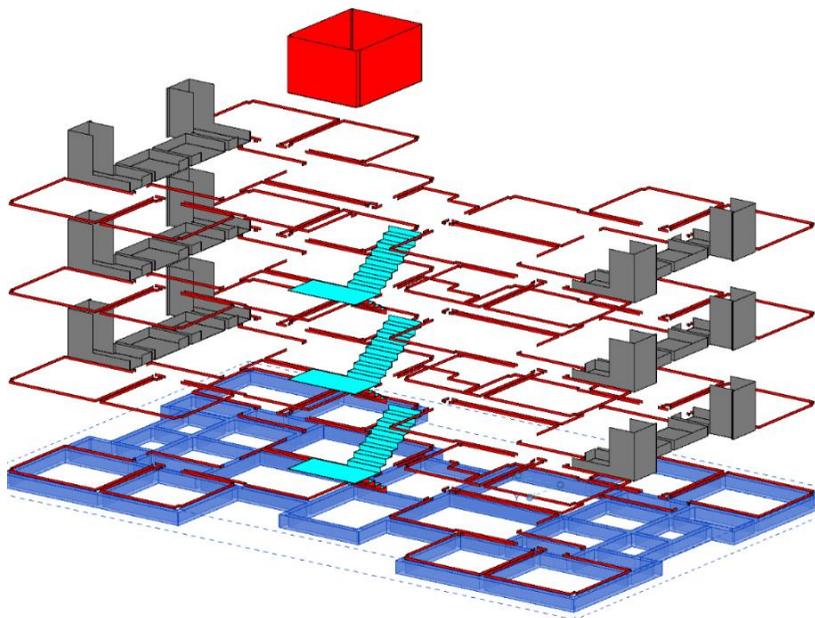
Status	WBS	Object	Perimeter	Area	PrimaryQuantity
	1.10.6.1	Banheiro 26	6,404	2,474	39,584
	1.10.6.2	Área de Serviço 27	6,280	2,448	=Area*16

Fonte: Autor

5.5.5 Quantificação de Contrapiso e Impermeabilização

A CEF criou vários elementos de parede, piso e forro para representar serviços de impermeabilização, conforme ilustrado pela Figura 74. Neste caso, a pesquisa adotou alguns serviços com uso de fórmulas, como *comprimento de vigas baldrame* $\times (2 \times altura + espessura)$, ou paredes da Caixa d'água. Esta fórmula é digitada uma única vez no Navisworks, no item a ser orçado, e replicada para todos os elementos arrastados e vinculados ao mesmo. Em outros casos, simplesmente utilizou levantamento virtual, com cálculo manual estimativo fora do modelo. Neste caso, o orçamentista e projetista devem definir, ou pelo esforço de modelagem, ou de orçamentação. Percebe-se ainda na figura um critério diferenciado para a impermeabilização do térreo. Da mesma forma, a figura anterior mostra a utilização de contrapiso diferenciado na área molhada do térreo. Em síntese, o contrapiso de 4cm área seca foi adotado pela CEF nos quartos, corredor, sala e Complemento. O contrapiso 3cm área molhada aderido foi usado nos andares 2 a 4 (Hall e Cozinha) e Complemento (Depósito e BWC da Guarita), e no andar térreo também na Área de Serviço e BWC. O contrapiso 3cm área molhada sobre impermeabilização foi usado nos andares 2 a 4 (Área de serviço e BWC) apenas. Este critério está presente em seu caderno de metodologia de orçamentos referenciais (CEF, 2017a p. 17), e confirmado em consulta por e-mail à sua área técnica na Matriz. Ainda assim, optou-se por orçar com critérios idênticos para os quatro andares, para manter a padronização da pesquisa, e pela baixa variação nos valores totais e quantitativos dos itens envolvidos.

Figura 74 - Modelagem representativa da impermeabilização



Fonte: Autor

5.5.6 Quantificação de Infra e Superestrutura

Os serviços de concretagem e lançamento do concreto são quantificados em volume, bastando arrastar os elementos aos serviços. No caso do aço, apenas no Prédio a CEF usou uma composição com valor fechado por m^3 , medida em unidade. Assim, a quantidade foi a mesma do concreto. A escada foi utilizada adotado levantamento virtual e atribuído o mesmo valor dado pela CEF, a qual usa uma composição fechada com concreto, aço e fôrmas. No caso das demais fôrmas, usou-se os mesmos elementos de pilar, viga e laje, porém utilizando-se fórmulas, para geração de área. Por exemplo, para vigas, *comprimento* \times ($2 \times$ altura + espessura), e para pilares, *comprimento* (entre níveis menos altura média das vigas) \times *perímetro do pilar* ($2 \times$ largura + $2 \times$ profundidade). A Figura 75 ilustra a fórmula utilizada para os pilares.

Figura 75 - Fórmula criada para quantificar as fôrmas dos pilares

WBS/RBS	Name	Description	Comment
1.3.2	92414	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILAR...	

WBS	Object	Length	Width	Height	Area	Volume	PrimaryQuantity
1.3.2.8	19 x 40 cm	2,750	0,190	0,400	1,699	0,209	=(Length-0,4)*(2*Width+2*Height) m²
1.3.2.9	40 x 19 cm	2,750	0,400	0,190	1,699	0,209	2,773 m²
1.3.2.1	19 x 19 cm	2,750	0,190	0,190	1,081	0,099	1,786 m²

Fonte: Autor

5.5.7 Quantificação de Vergas e Contravergas

No caso de vergas e contravergas, esses elementos não estavam modelados, e não foi possível verificar o critério utilizado pela CEF. A quantificação é simples, basta arrastar os elementos de aberturas, usar o parâmetro de largura, acrescido de uma sobre largura, como 20cm para cada lado. No caso do peitoril, que faz parte deste macro item, foram consideradas as larguras das janelas. Ainda assim, as quantidades ficaram destoantes do orçado pela CEF, com variações negativas de até 33%. Em termos financeiros, essas variações representaram uma redução de 25% do valor total do macroitem correspondente.

5.5.8 Quantificação de Serviços Diversos

Os demais serviços não mencionados seguiram princípios semelhantes aos demonstrados até aqui, de forma geral utilizando-se elementos presentes na modelagem que pudessem fornecer os quantitativos desejados, e eventualmente realizando levantamentos virtuais. Por exemplo, Escavação Manual, *comprimento x 0,39 x 0,37* (Seção obtida no modelo feito pela CEF). Aberturas, pela contagem dos elementos, ou sua área (*Altura bruta x Largura bruta*), conforme a unidade da composição.

5.5.9 Análise dos Resultados

A Tabela 11 mostra os macro itens orçados. Destacados em verde, os grupos não analisados na pesquisa. Percebe-se que a amostra analisada representou, em recursos financeiros, mais de 80% do orçamento elaborado pela CEF. E como já dito no tópico 5.3, isso significa que foram

analisados 100% dos itens passíveis de teste, quais sejam, os serviços vinculados às disciplinas de arquitetura e estrutura modelados pela CEF.

Tabela 11 - Resumo orçado, CEF x Pesquisa

FASE	DESCRIÇÃO DA FASE	CEF	PESO	PESQUISA	PESO	DIF.
1	SERVIÇOS PRELIMINARES DE OBRA	3.650,660	0,4%	3.650,696	0,4%	0,00%
2	INFRAESTRUTURA	27.911,310	2,7%	28.049,815	2,8%	0,50%
3	SUPRAESTRUTURA	247.456,430	24,4%	252.846,496	25,0%	2,18%
4	PAREDES E PAINÉIS	100.552,260	9,9%	99.633,172	9,8%	-0,91%
5	VERGAS / CONTRAVERGAS / PEITOR	19.242,440	1,9%	14.441,700	1,4%	-24,95%
6	ESQUADRIAS / VIDROS / FERRAGENS	132.977,380	13,1%	132.977,419	13,1%	0,00%
7	COBERTURAS E PROTEÇÕES	24.807,860	2,4%	25.012,088	2,5%	0,82%
8	REVESTIMENTOS INTERNOS	122.261,210	12,0%	121.035,420	12,0%	-1,00%
9	REVESTIMENTOS EXTERNOS	66.578,620	6,6%	66.144,956	6,5%	-0,65%
10	PAVIMENTAÇÃO INTERNA	66.145,770	6,5%	64.556,611	6,4%	-2,40%
11	FORROS	4.861,190	0,5%	5.139,242	0,5%	5,72%
12	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS / TELEFONE	96.838,370	9,5%	96.838,374	9,6%	0,00%
13	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	12.222,950	1,2%	12.222,968	1,2%	0,00%
14	INSTALAÇÕES PLUVIAIS	4.173,500	0,4%	4.173,500	0,4%	0,00%
16	LOUÇAS E METAIS	18.657,310	1,8%	18.657,310	1,8%	0,00%
17	COMPLEMENTAÇÕES	11.902,550	1,2%	11.902,578	1,2%	0,00%
18	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	19.922,060	2,0%	19.922,103	2,0%	0,00%
20	PAVIMENTAÇÃO EXTERNA	1.421,310	0,1%	1.421,534	0,1%	0,02%
21	REVESTIMENTOS DE TETO	33.490,830	3,3%	33.747,663	3,3%	0,77%
TOTAL GERAL		1.015.074,010	100,0%	1.012.373,647	100,0%	-0,3%
ANALISADO		847.706,61	83,5%	845.006,12	83,5%	-0,3%
NÃO ANALISADO		167.367,400	16,5%	167.367,530	16,5%	0,0%

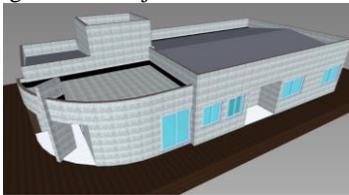
Fonte: Autor

Apenas os serviços de vergas e forros tiveram diferenças significativas, -24,95% e +5,72% respectivamente, ainda que de baixa representatividade no orçamento, com os esclarecimentos anteriormente citados. Os demais grupos oscilaram apenas até 2,5%, ressaltando-se que internamente alguns serviços tiveram variações maiores. De forma geral, a diferença foi menos de três mil reais de um total superior a um milhão de reais, ou apenas 0,3%. Considerando como indicador a variação de valores, conclui-se que as contribuições propostas apresentam boa consistência e precisão. Entretanto, conforme relatado anteriormente foi necessário realizar várias seleções manuais, o que demanda tempo do orçamentista, e possibilidade de erros. Assim, realizaram-se testes em mais dois orçamentos procurando aprimorar o uso das contribuições propostas nesta pesquisa.

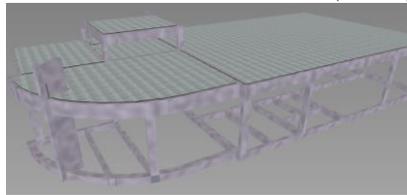
5.6 CRAS

A Figura 76 mostra o modelo arquitetônico e estrutural do CRAS.

Figura 76 - Projeto 10619: Centro de Referência de Assistência Social (CRAS)



(a) Modelagem Arquitetônica



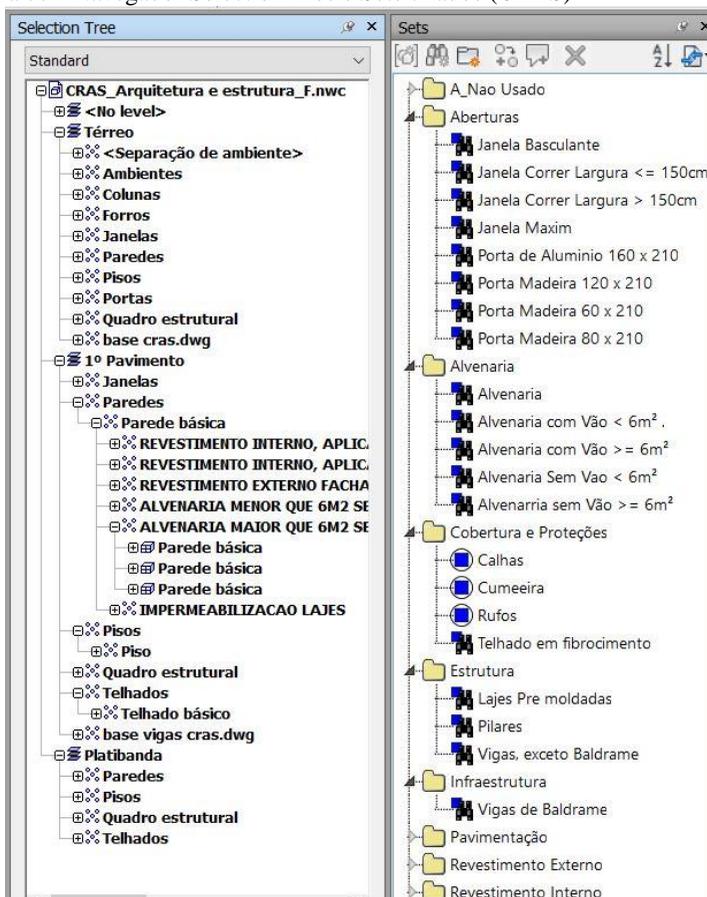
(b) Modelagem Estrutural

Fonte: Autor

5.6.1 Árvore de Seleção dos Elementos e Criação dos Sets

A Figura 77 mostra a Árvore de Seleção e os Sets criados para o CRAS, em sua maioria como Pesquisa (Binóculo), facilitando a busca dos elementos e permitindo atualização de quantidades no caso de atualização do modelo.

Figura 77 - Navegador Selection Tree e Sets criados (CRAS)



(a) Navegador Selection Tree

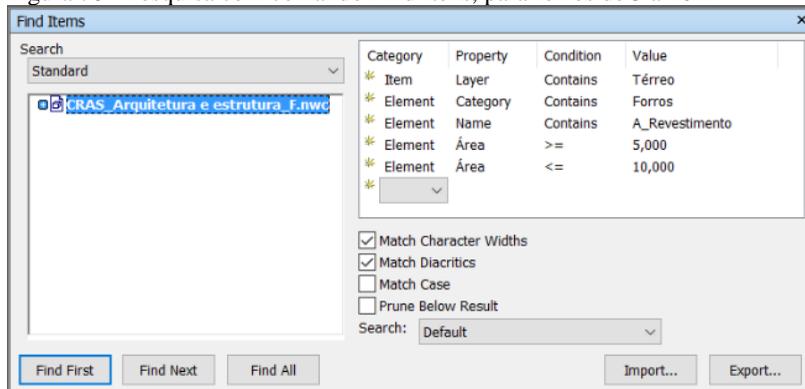
(b) Sets criados

Fonte: Autor

Diferente do Prédio, o modelo do CRAS estava mais adequado para geração do orçamento utilizando as contribuições propostas. Uma família de Forro e uma de Piso (Lastro de concreto) já estavam modeladas individualizadas por ambiente, as quais foram usadas para geração de vários serviços, como contrapiso, piso, laje, forro, rodapé, etc. E antes da importação para o Navisworks, foi criado e preenchido no Revit um único parâmetro de projeto para indicar a presença de vãos. Em seguida o modelo foi importado para o Navisworks, e nele foram criadas várias pesquisas utilizando-se a ferramenta *Find Itens*, e não simplesmente

selecionando os elementos como ocorreu com o prédio. Cada pesquisa era salva como um Set. Tal procedimento facilitou encontrar os elementos com base na árvore de fatores do SINAPI e facilita o processo de atualização de quantidades numa eventual revisão do modelo. A Figura 78 mostra uma pesquisa salva para encontrar os serviços de forro entre 5 e 10m².

Figura 78 - Pesquisa com comando Find Itens, para forros de 5 a 10m²



Fonte: Autor

5.6.2 Quantificação dos Serviços

Com os Sets criados, a maioria como Pesquisa (*Save Search*), e alguns como seleções (*Save Selection*), deu-se início ao processo de orçamentação, associando os Sets aos serviços que se desejasse orçar, e se fosse o caso, criando fórmulas no módulo *Quantification*. Neste ponto, o processo não diferiu muito do realizado no Prédio.

No caso do Revestimento Interno Cerâmico, ao menos neste estudo, não se conseguiu usar a ferramenta *Find Itens* para mesclar uma pesquisa com a Família *Ambiente* (Banheiros e Copa) e *Paredes* (Revestimento Interno) visando encontrar apenas as paredes cerâmicas, com determinadas áreas. A seleção foi manual. Porém, bastaria ter sido criado um segundo parâmetro de projeto para paredes no Revit para especificar o tipo de revestimento, como Pintura PVA, Acrílica, Cerâmica, etc.

Alguns serviços não representativos, como escavação manual, e lastro de vala, só puderam ser orçados devido ao acesso aos modelos auxiliares (Contendo detalhamentos do projeto) elaborados pela CEF. Assim, verificavam-se as seções consideradas, e utilizavam-se esses

valores nas fórmulas, chegando-se a resultados muito próximos. Uma função interessante que o Navisworks possui é adicionar comentários para cada serviço orçado, ou elementos que o compõem. Isso permite ao orçamentista registrar os critérios e parâmetros considerados, servindo também como memória de cálculo, seja para uso próprio, ou de quem for analisar ou utilizar o orçamento. Durante a exportação para o Excel o parâmetro comentário acompanha os demais. Desta forma, os critérios utilizados na pesquisa e outras observações pertinentes foram adicionados ao parâmetro comentários (*Comments*) de cada serviço orçado.

O Apêndice A possui o orçamento analítico gerado pela CEF e pela Pesquisa, acompanhado da coluna comentários, com os critérios utilizados para se obter os dados. Apenas os serviços que não foram orçados, como instalações, foram ocultados.

5.6.3 Serviços com Resultados Discrepantes

Identificaram-se os seguintes serviços com quantidades incoerentes: Porta de Correr Alumínio, a qual teve apenas uma unidade orçada, embora houvessem duas no projeto; Contrapiso 3cm área molhada, o qual estava orçado sob o telhado e sobre toda a laje de cobertura, e não apenas na parte descoberta; e Lastro de concreto, o qual representa a base de todo o pavimento térreo, mas tinha apenas 7,44m², ainda que o elemento estivesse corretamente modelado. Neste caso, como o item imediatamente anterior no orçamento tem um volume próximo a 7,44m³, pode ter havido falha no lançamento da quantidade obtida no Revit no sistema SIPCI (SINAPI). A Tabela 12 mostra as quantidades da CEF e Pesquisa e valores resultantes.

Tabela 12 - Comparativo de serviços discrepantes, CEF x Pesquisa

Item	SINAPI	Descrição	Unid	CEF		PESQUISA	
				Qdade	Total	Qdade	Total
20.1	68050	Porta de correr em alumínio, com duas folhas para vidro, incluso vidro liso incolor, fechadura e puxador, sem guarnição/alizar/vista	M2	3,36	R\$ 2.173,28	6,72	R\$ 4.346,56
21.4	87755	Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicado em áreas molhadas sobre impermeabilização, espessura 3cm. af_06/2014	M2	160,21	R\$ 5.895,72	31,72	R\$ 1.167,46
30.10	95241	Lastro de concreto, e = 5 cm, preparo mecânico, inclusos lançamento e adensamento. af_07_2016	M2	7,44	R\$ 156,73	148,66	R\$ 3.132,32

Fonte: Autor

Assim como no prédio, alguns elementos estavam modelados com critério diferente de sua árvore de fatores. A Figura 79 exemplifica uma parede modelada com área entre 5 e 10m², mas possuía apenas 2,25m². Porém, não houve discrepância de dados de forma acumulada, pois a área total era a mesma.

Figura 79 - Parede do revestimento modelada com critério de área superior ao real



Fonte: Autor

5.6.4 Análise dos Resultados

A Tabela 13 mostra os macro itens orçados, também com amostra superior a oitenta por cento do orçamento. Apenas os serviços de Esquadrias, Cobertura e Proteções, e Pavimentação tiveram valores

discrepantes, devido as quantidades dos itens 20.1, 21.4 e 30.10, respectivamente, conforme anteriormente esclarecido.

No caso do Revestimento de Teto, a CEF considerou 142m² para todos os serviços associados, e a Pesquisa 149m². No caso das Vergas, estes não estavam modelados, e não estava claro o critério usado pela Instituição para quantificação. Na presente pesquisa foi adotada a largura das aberturas mais 20cm para cada lado. Ainda assim a diferença entre os totais dos dois orçamentos ficou inferior a quinhentos reais, ou 0,2%.

Tabela 13 - Resumo orçado, CEF x Pesquisa

FASE	DESCRIÇÃO DA FASE	CEF	PESO	PESQUISA	PESO	DIF.
2	SERVIÇOS PRELIMINARES DE OBRA	3.911,810	1,7%	3.911,829	1,7%	0,00%
3	INFRAESTRUTURA	13.417,640	5,9%	13.660,405	6,0%	1,81%
4	SUPRAESTRUTURA	36.656,950	16,2%	36.506,433	16,1%	-0,41%
5	PAREDES	18.589,720	8,2%	18.568,130	8,2%	-0,12%
20	ESQUADRIAS	22.123,770	9,8%	24.160,255	10,7%	9,20%
21	COBERTURA E PROTEÇÕES	30.161,290	13,4%	25.222,424	11,2%	-16,37%
22	REVESTIMENTOS INTERNOS	15.392,670	6,8%	15.438,082	6,8%	0,30%
30	PAVIMENTAÇÃO	13.926,430	6,2%	17.198,665	7,6%	23,50%
31	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNI	19.398,400	8,6%	19.398,439	8,6%	0,00%
32	INSTALAÇÕES SANITÁRIAS	7.217,520	3,2%	7.217,578	3,2%	0,00%
33	INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS	4.674,170	2,1%	4.674,193	2,1%	0,00%
34	INSTALAÇÕES DE PREVENÇÃO E COM	227,600	0,1%	227,600	0,1%	0,00%
35	LOUÇAS E METAIS	3.509,270	1,6%	3.509,270	1,6%	0,00%
37	COMPLEMENTAÇÕES	456,200	0,2%	456,206	0,2%	0,00%
38	REVESTIMENTOS EXTERNOS	19.033,480	8,4%	18.721,199	8,3%	-1,64%
39	REVESTIMENTOS DE TETO	8.470,960	3,8%	8.872,192	3,9%	4,74%
40	VERGAS/CONTRAVERGAS/PEITORIS	3.991,380	1,8%	3.898,016	1,7%	-2,34%
41	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	4.424,550	2,0%	4.424,570	2,0%	0,00%
TOTAL GERAL		225.583,810	100,0%	226.065,486	100,0%	0,2%
ANALISADO		181.764,29	80,6%	182.245,80	80,6%	0,3%
NÃO ANALISADO		43.819,520	19,4%	43.819,685	19,4%	0,0%

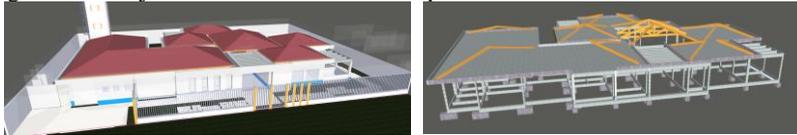
Fonte: Autor

Considerando como indicador a variação de valores, conclui-se que a utilização das contribuições propostas também apresentou boa consistência e precisão para o Orçamento do CRAS, assim como do Prédio. Porém, diferente do Prédio, o esforço para geração do orçamento do CRAS foi menor, devido à utilização da ferramenta de pesquisa (*Find Itens*). Assim, se fosse utilizado um indicador de tempo de modelagem versus tempo de orçamentação, possivelmente a utilização das contribuições propostas na pesquisa também apresentaria resultados satisfatórios.

5.7 CRECHE FNDE TIPO C

A Figura 80 mostra o modelo arquitetônico e estrutural da Creche FNDE Tipo C.

Figura 80 - Projeto 10639 Creche FNDE Tipo C



(a) Modelagem Arquitetônica

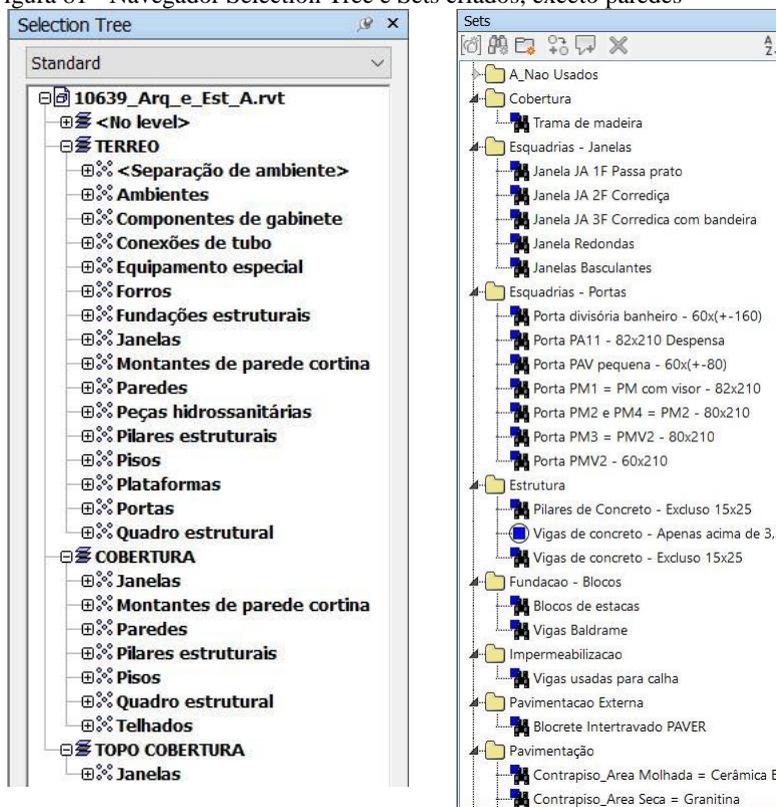
(b) Modelagem Estrutural

Fonte: Autor

5.7.1 Árvore de Seleção dos Elementos e Criação dos Sets

A Figura 81 mostra a Árvore de Seleção e parte dos Sets criados para a Creche, em sua maioria como Pesquisa (Binóculo).

Figura 81 - Navegador Selection Tree e Sets criados, exceto paredes



(a) Navegador Selection Tree

(b) Sets Criados

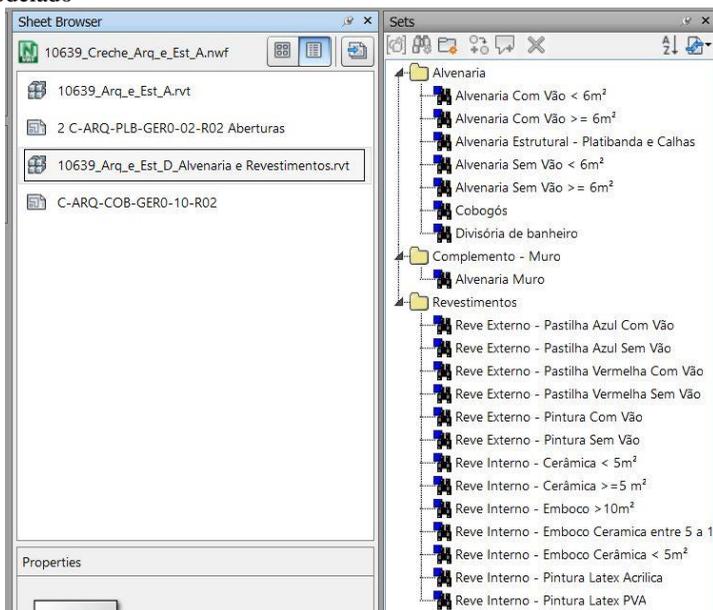
Fonte: Autor

5.7.2 Ajustes na Modelagem

Como a modelagem da Creche FNDE não estava concluída, e possuía elementos inconsistentes, conforme alertado pela CEF, optou-se por refazer toda a modelagem das paredes no Revit num nível LOD de até 300, apenas. Essa modelagem serviu apenas para a quantificação das paredes. Ou seja, para elaboração de um único orçamento, usou-se dois arquivos *rvt* do mesmo projeto, um deles remodelado pelo autor que serviu apenas para orçar as paredes, e o outro, fornecido pela CEF, para os demais serviços. Além destes, usou-se ainda mais dois arquivos PDF obtidos no site do FNDE, pranchas *Projeto de Arquitetura 2/31 e 10/31 R-02 Setembro-2012*, para conferência de aberturas e do serviço de

cumeeira, medido em metro linear, referente à composição 94221 (*item 16.3 - Cumeeira para telha cerâmica emboçada com argamassa traço 1:2:9 (cimento, cal e areia) para telhados com até 2 águas, incluso transporte vertical. AF_06/2016*). Isso mostra a versatilidade da ferramenta BIM também como gerenciador de informações de projeto. A Figura 82 mostra o navegador *Sheet Browser* com os arquivos *rvt* e *pdf* associados ao arquivo *nwf* do Navisworks, e ainda os Sets criados apenas para pesquisa de paredes no arquivo remodelado.

Figura 82 - Navegador Sheet Browser e Sets para pesquisa de paredes no arquivo remodelado



(a) Sheet browser com arquivos vinculados

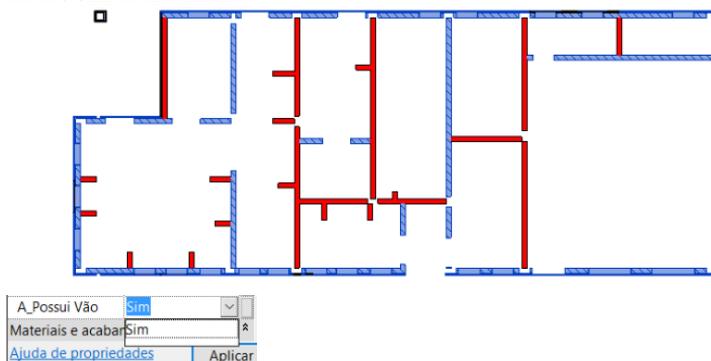
(b) Sets apenas das paredes

Fonte: Autor

No tocante à remodelagem realizada, a parede central foi convertida num único tipo. As paredes de revestimento externo e interno em três tipos cada. Pastilha azul, pastilha vermelha e pintura para o revestimento externo, e pintura PVA, acrílica e cerâmica para o interno. Mesmo com custo unitário igual, as pastilhas foram separadas pelas cores pelas características arquitetônicas do projeto e para auxiliar na geração de eventual lista de material. De 34 paredes no modelo original restaram apenas 11, sendo sete para as paredes principais, e mais quatro para

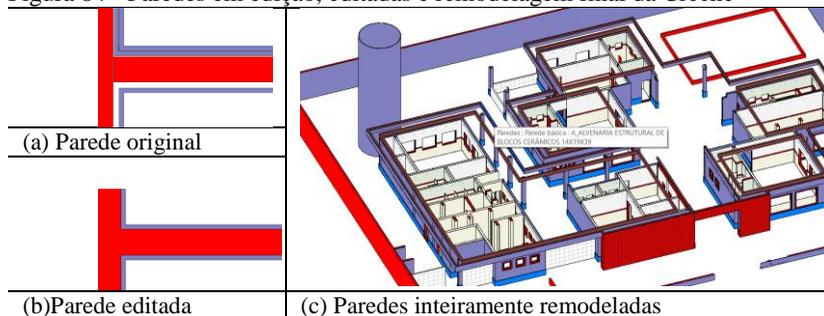
elementos complementares, como platibanda em alvenaria estrutural, cobogós, e divisórias de banheiro. O número poderia ser ainda menor com o uso de parâmetros, mas como muitas paredes possuíam alturas diferenciadas, impactando na representação visual do modelo, optou-se pela forma descrita. Criou-se ainda um parâmetro de presença ou não de vãos livres, com seleção manual no Revit. A Figura 83 mostra a colocação do parâmetro em várias paredes simultaneamente, e a Figura 84 as paredes sendo editadas e o resultado alcançado.

Figura 83 - Aplicação de parâmetro indicativo de presença de vãos em várias paredes simultaneamente



Fonte: Autor

Figura 84 - Paredes em edição, editadas e remodelagem final da Creche



Fonte: Autor

5.7.3 Quantificação de Paredes, Painéis e Vergas

Em linhas gerais o processo de quantificação dos serviços seguiu a mesma abordagem verificada no CRAS. Criam-se os Sets de pesquisa,

arrastando-os então para os serviços a serem orçados, criando a vinculação com os elementos. Em seguida, define-se a quantidade primária, e atualizam-se as fórmulas, se necessário.

No caso da alvenaria dos quatro blocos principais, os resultados disponibilizados no orçamento da CEF e encontrados na pesquisa estão indicados na Tabela 14. Percebem-se variações consideráveis, tanto entre tipologias, quanto acumuladas, não sendo possível identificar as razões da discrepância. A parede dupla da fachada central foi considerada. As paredes do muro estão orçadas separadamente em macro item próprio. A platibanda, divisórias dos banheiros e cobogós são orçados com outra família de parede. Uma possibilidade seria a consideração da fachada do Reservatório de Água, o qual possui 113m². Porém, o item 5.1.3 do Memorial Descritivo disponível no site do FNDE indica o “[...] *castelo d’água em estrutura metálica tipo cilindro pré-fabricado.* ” Outra possibilidade seria a consideração de área bruta e não líquida da alvenaria. Porém, “*Utilizam-se as áreas líquidas das paredes (descontadas as áreas de aberturas e dos elementos estruturais [...])*” CEF (2017a) para quantificação das alvenarias de vedação e estrutural, informação também disponível no Caderno Técnico de Alvenaria de Vedação (CEF, 2016b p. 16). Recorreu-se ainda ao orçamento do FNDE, mas esse apresentava uma quantidade ainda maior, de 860,14m².

Tabela 14 - Resumo de alvenaria principal da edificação, CEF x Pesquisa

Creche – Alvenaria principal		CEF	PESQUISA
a)	Alvenaria < 6m ² Sem Vão	75,91	82,30
b)	Alvenaria >= 6m ² Sem Vão	449,34	154,56
c)	Alvenaria < 6m ² Com Vão	76,99	117,26
d)	Alvenaria >= 6m ² Com Vão	225,88	367,37
Total		828,12	721,49

Fonte: Autor

No caso dos demais serviços de alvenaria, as diferenças são menores, conforme Tabela 15, e em quantidade superior ao orçamento da CEF. Para o cálculo do encunhamento foram considerados os mesmos elementos da alvenaria presentes no modelo, porém com parâmetro comprimento. Os demais serviços seriam em tese de menor variação, pois são mais específicos. Interessante observar que a soma de todas as áreas resulta em valor próximo, 1.272,05m² e 1.221,66m² para CEF e Pesquisa, respectivamente. Finalmente, se considerado o comprimento do encunhamento verificado na pesquisa (321,78m) pela altura média de 2,74m das paredes, já descontada a viga, resultará em 881,67m², valor mais próximo do FNDE e CEF, podendo ter sido este o critério de cálculo

utilizado por aquele Órgão. Porém, pela grande área de aberturas presentes no projeto, não se mostraria o mais adequado.

Tabela 15 - Resumo de alvenaria complementar da edificação, CEF x Pesquisa

Creche – Alvenaria complementar	CEF	PESQUISA
a) Alvenaria platibanda	72,18	80,89
b) Encunhamento	284,35	321,78
c) Cobogó	53,2	56,55
d) Divisória banheiros	34,2	40,96
Total	443,93	500,17

Fonte: Autor

Os valores encontrados demonstram a importância da utilização da BIM no processo de orçamentação, ainda que com modelagens simplificadas, as quais resultam em valores mais precisos. Como este modelo ainda se encontra em elaboração pela CEF, possivelmente o orçamento deste projeto será posteriormente revisado.

Os demais serviços deste macro item eram vergas e contravergas, as quais tiveram variações, com as mesmas observações dos demais projetos orçados, inclusive a consideração na pesquisa da largura das aberturas mais 20cm para cada lado.

5.7.4 Quantificação dos Revestimentos Externos, Internos e Rodapé

Todos os serviços para revestimento externo e interno da edificação principal presentes na planilha disponível pela CEF e encontrados na pesquisa estão indicados na Tabela 16. O destaque verde claro e escuro é para a cerâmica interna e respectivo substrato. O destaque em amarelo é o restante do revestimento interno reservado à pintura. A soma de ambos, a priori, é o chapisco interno, o qual representa toda a área interna a revestir de paredes. No caso do revestimento externo de paredes, o destaque em azul é para toda a massa única sob pintura e cerâmica, inclusive áreas de platibanda, neste caso. O chapisco externo é exatamente essa mesma área, o qual representa toda a área externa a revestir de paredes. A parte inferior da platibanda e teto são considerados em outros macro itens. Este foi o critério adotado na pesquisa, representado na coluna à direita da referida tabela.

Tabela 16 - Serviços de revestimento orçados, CEF x Pesquisa

SINAPI	Descrição	Local	CEF	PESQUISA
87266	Cerâmica Meia Altura < 5m ²	Interno	192,58	516,01
87267	Cerâmica Meia Altura > 5m ²	Interno	552,01	126,24
87527	Emboço p/ Cerâmica < 5m ²	Interno	71,84	516,01
87529	Massa única para Pintura	Interno	974,50	436,09
87531	Emboço p/ Cerâmica 5 a 10m ²	Interno	46,83	126,24
87536	Emboço p/ Cerâmica > 10m ²	Interno	442,13	-
87878	Chapisco	Interno	1.110,70	1.078,34
87779	Emboço ou Massa única Com Vãos	Externo	244,83	422,49
87797	Emboço ou Massa única Sem Vãos	Externo	684,92	302,32
87894	Chapisco Sem Vão	Externo	1.017,98	302,32
87905	Chapisco Com Vão	Externo	336,35	422,49

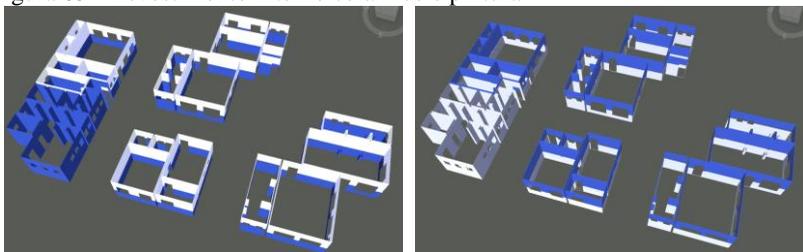
Fonte: Autor

Embora cada orçamentista deva observar as especificações de projeto, podendo ainda os critérios variarem no processo de orçamentação, não foi possível identificar quais os critérios utilizados pelo mesmo para a orçamentação deste grupo de serviços. Como exemplo, as áreas de emboço para cerâmica interna são diferentes da própria cerâmica. Ainda, o serviço de cerâmica externa (Pastilhas Azul e Vermelha) não foram orçados. Caso fossem orçados, e fosse necessário separá-los pela especificação, mais uma vez a utilização de algum parâmetro de projeto na forma de texto e instância seria útil, não havendo necessidade de expandir a modelagem.

No tocante as quantidades totais encontradas, a área externa foi de 725m² (422,49m² de emboço / chapisco com vãos + 302,32m² de emboço / chapisco sem vãos), representando as paredes de bordo da alvenaria quantificadas no tópico anterior, mais as vigas de cintamento e fachada da platibanda. No modelo não se verificou revestimento no baldrame. O revestimento interno é composto pelo somatório de toda a área de alvenaria, mais parte dessa mesma área, referente as paredes internas com revestimento nos dois lados, mais parte das vigas, algumas também nos dois lados. O total foi de 1.078,34m², igual ao próprio chapisco, sendo este o item que mais teve aderência ao levantado pela CEF. No caso da cerâmica maior que 10m², a pesquisa não encontrou quantidades. Porém, isso pode ser devido à uma falha na modelagem, ampliada na remodelagem, a qual na exclusão de elementos, muitas paredes eram desvinculadas, gerando “*panos menores*”. Numa situação real o projetista deve se atentar a fazer elementos inteiros por ambiente.

A Figura 85 mostra o revestimento interno, com destaque azul à esquerda para as cerâmicas, e destaque azul à direita para a pintura.

Figura 85 - Revestimento interno cerâmico e pintura



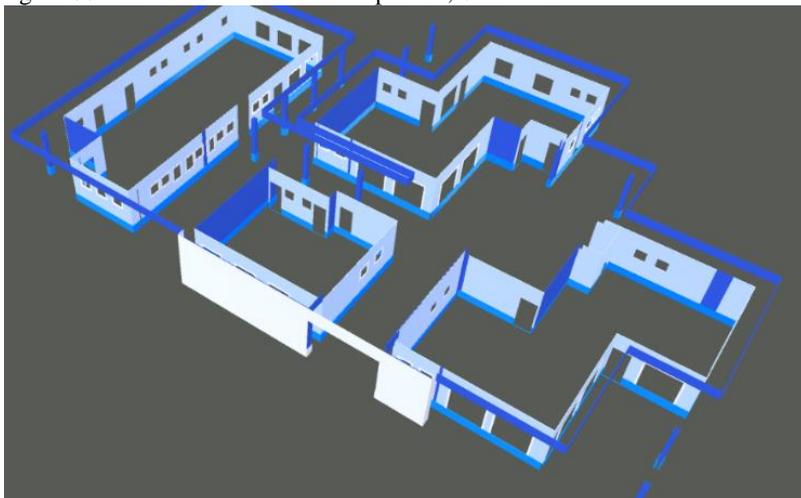
(a) Revestimento interno cerâmico, em destaque azul

(b) Revestimento interno em pintura, em destaque azul

Fonte: Autor

A Figura 86 mostra o revestimento externo em pintura sem vãos, destacado em azul. Visualmente é possível perceber a maior parte das fachadas com vãos, justamente o inverso no orçamento disponível pela CEF. Ainda, esses serviços, com e sem vão, serviram para orçar outros itens, independente da necessidade de se considerar este atributo. Finalmente, percebe-se que nos revestimentos externo e interno toda a parte inferior possui cerâmica. Por isso, foi considerado também zerado o serviço de Rodapé em Madeira.

Figura 86 - Revestimento externo de pintura, Sem Vãos



Fonte: Autor

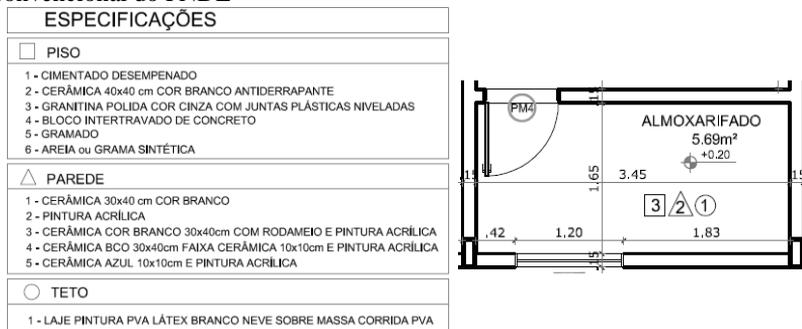
5.7.5 Quantificação da Pintura

No quantitativo do serviço de pintura foram somadas as quantidades anteriores de revestimento interno e externo conforme o caso, resultando em quantidades muito menores que o orçamento base. Ainda, como as composições são todas para paredes, não foi alocada a área de teto, ficando o orçamento da pesquisa sem tal serviço, e não estando claro se o orçamento da CEF o considerou. Em reais, o valor reduziu de 37 mil para 20 mil, ou -44,5%, sendo esta a maior variação de macro item do orçamento.

5.7.6 Quantificação de Pavimentação

Do total de 12 famílias de piso presentes no modelo, apenas uma família de piso cerâmico foi usada para o processo de quantificação dos pisos, contrapisos e lastros da edificação, e outra para parte dos serviços externos. A pintura e serviços de teto também poderiam ser orçados desta forma, mas não constavam no orçamento. Para facilitar o processo, criou-se um parâmetro de projeto na categoria de piso para diferenciar os pisos cerâmicos e granitina. Como no modelo não havia essa diferenciação, recorreu-se ao projeto do FNDE para saber a especificação por ambiente. A Figura 87 mostra um detalhe do quadro de especificação de materiais para pisos, paredes e tetos e da planta baixa do almoxarifado, presentes na prancha *Projeto de Arquitetura 2/31 R-02*, elaborada de forma convencional e disponível no site do FNDE. Percebe-se neste caso que o piso é revestido por granitina, a parede por pintura acrílica e o teto por pintura PVA. Embora seja uma forma muito comum de especificação de ambientes em projetos convencionais, sua utilização na forma de parâmetros no modelo serviria adequadamente para a obtenção do orçamento com poucos elementos e camadas de materiais modelados, resultando em baixo esforço de modelagem, sem prejuízo do aspecto visual do projeto, e tão pouco dos resultados obtidos no tocante ao orçamento.

Figura 87 - Detalhe de especificação e planta baixa presentes no projeto convencional do FNDE



(a) Quadro de especificação de materiais

(b) Planta Baixa Almojarifado

Fonte: Autor

Em verdade, a utilização dos parâmetros na demonstração e testes das contribuições propostas mostrou-se a melhor solução para a obtenção de orçamento detalhado atendendo a nova metodologia de árvores de fatores do SINAPI, com um projeto modelado até um nível LOD 300.

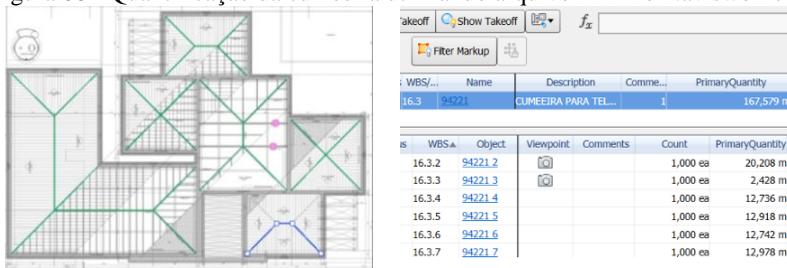
A criação desses parâmetros pode ainda ocorrer no Revit ao longo da elaboração do orçamento no Navisworks, conforme surja a necessidade, bastando atualizar o modelo para o mesmo aparecer no arquivo *nwf*, ser mapeado e utilizado. No Revit, a inserção de dados aparece na forma de lista suspensa. Ou seja, à medida que se define um material para um elemento, essa descrição já fica disponível para ser usado em qualquer outro, sem prévio cadastro, mantendo a padronização na digitação dos parâmetros.

Para a quantificação dos pisos cerâmicos, o resultado foi a própria área encontrada. Para os contrapisos, foi a *área + (Perímetro x profundidade do reboco)*. As quantidades encontradas na pesquisa foram significativamente menores que o orçamento base, com o valor reduzindo de 132 mil para 76 mil, não havendo razão aparente para tal discrepância. Apenas como exemplo, a área total da edificação verificada no modelo foi de 629m², e a soma dos contrapisos do orçamento base foi de 1.559m². Ainda que parte possa ter sido orçada para as calhas junto à platibanda, não justifica tal diferença. Detalhe interessante é que os valores do orçamento base e da pesquisa foram quase idênticos para o serviço mais caro, de piso granitina, no valor de 44 mil reais. As quantidades encontradas na pesquisa também ficaram mais próximas do quadro de área do projeto convencional do FNDE.

5.7.7 Quantificação de Coberturas

Para geração do serviço de cumeeira, referente ao item 16.3 do orçamento, utilizou-se levantamento 2D através da Prancha em *pdf 10/31 Projeto de Arquitetura - Cobertura e Detalhes R-02* disponível no site do FNDE. No módulo *Quantification*, usando as ferramentas próprias para levantamentos 2D, criou-se linhas e poli linhas usando como base a geometria do desenho. A medida que cada uma era concluída, um objeto com o parâmetro comprimento era criado vinculado ao serviço, sendo o somatório a quantidade primária. A Figura 88 mostra em verde os objetos criados e em azul uma poli linha sendo traçada. Ao lado, nota-se os objetos criados vinculados a cada levantamento, possibilitando conferência posterior, geração de memórias de cálculo, e salvamento de imagens de cada levantamento. Os dois pontos na cor rosa referem-se a outro levantamento 2D realizado utilizando a ferramenta de contagem, vinculados ao serviço de Fabricação e Instalação de Tesoura. Essa ferramenta é especialmente útil para contagem de tipologias diversas de aberturas.

Figura 88 - Quantificação da cumeeira utilizando arquivo PDF no Navisworks



(a) Levantamento 2D no Navisworks

(b) Objetos vinculados ao levantamento

Fonte: Autor

No caso da trama de madeira e telhamento utilizou-se o parâmetro área desses elementos divididos por $1,06^{44}$. Isso porque o Revit fornece a área real do telhado, e a composição SINAPI considera a projeção.

⁴⁴ Os serviços de trama de madeira para sustentação do telhado (Composição 92542) e telhamento (Composição 94445) foram orçados com base no telhado modelado pela CEF. Assim, o coeficiente 1,06 representa uma inclinação de aproximadamente 35%, a qual foi a inclinação do telhado constatada no modelo. E conforme o Caderno de Composição da Composição 94445 (CEF, 2017g p. 40), deve-se “Utilizar a área de projeção do telhado”. Cabe ainda registrar que

5.7.8 Quantificação de Esquadrias

Algumas portas de alumínio de 80x210 (Cozinha e lavanderia) e 60x210 (Sanitários Masculino e Feminino de Funcionários) não foram modeladas, conforme mostra a Figura 89. Desta forma, as que estavam modeladas foram orçadas arrastando-se os seus Sets para o módulo *Quantification*, e para as portas ausentes, foi realizado levantamento virtual dentro dos respectivos serviços, conforme demonstra a referida figura. Uma outra opção seria realizar toda a quantificação via levantamento 2D utilizando a ferramenta de contagem, da mesma forma que as Tesouras de Madeira. Os resultados obtidos foram idênticos nas portas medidas em unidade, e próximo nas portas medidas por m². Os vidros, espelhos e grades não puderam ter os critérios de cálculo verificados e tiveram as quantidades atribuídas por levantamento virtual.

Figura 89 - Porta PM1 Não modela, prevista no projeto 2D, e orçada por levantamento virtual

The image displays a software interface for project quantification. It features two main visual components at the top: a 3D perspective view of a door assembly labeled 'Porta PM1 Não Modelada' and a 2D architectural drawing of the same door, also labeled 'Porta PM1 Não Modelada'. Below these are two data tables.

Items	WBS
ESQUADRIAS - PORTAS DE MADEIRA	10
90841(12)	10.1
90843(23)	10.2
91334(2)	10.3
ESQUADRIAS - PORTAS EM ALUMÍNIO	12
ESQUADRIAS - JANELAS DE ALUMÍNIO	13

Status	WBS	Name
10.2	90843	KIT DE PORTA DE MADEIRA

Status	WBS	Object
10.2.8	82X210	
10.2.9	Porta PM1 80x210	Prevista projeto
10.2.10	82 x 210	

Fonte: Autor

para os demais serviços do grupo Cobertura, a Cumeeira (Composição 94221) e a instalação de duas tesouras (Composição 92552) no pátio coberto foram orçados por Levantamento 2D, e a amarração de telhas (Composição 94232), medida em Unidade, foi orçada em função da área de projeção do telhado, conforme coeficiente de consumo de material presente na composição utilizada.

5.7.9 Quantificação de Estruturas

Todos os pilares, vigas, lajes e blocos de fundação estavam modelados. Desta forma, em sua maioria todos os serviços associados foram vinculados ao parâmetro volume desses elementos. A Tabela 17 identifica os critérios e fórmula feita no Navisworks para os serviços de fôrmas.

Tabela 17 - Critérios e fórmulas utilizados para quantificar serviços de fôrmas

Elemento	Critério	Fórmula no Navisworks
Blocos	Quantidade x (Largura + Comprimento) x 2 x Altura	= $(Length+Width)*2*Thickness$
Baldrame	Comprimento x altura x 2 lados	= $Length*Height*2$
Pilares	(Altura - 0,4m de altura média de vigas) x (Perímetro)	= $(Length-0,4) * (2*Width+2 * Height)$
Vigas	Comprimento x (2 x Altura + Espessura)	= $Length*(2*Height+Width)$
Lajes	Área de laje	=Área

Fonte: Autor

Para os serviços de armadura, identificou-se o consumo de aço por m³ de concreto dos grupos Fundação Blocos, Fundação Baldrames, Superestrutura Pilares, Superestrutura Vigas, e Superestrutura Lajes. Em seguida, os percentuais de distribuição das bitolas para cada grupo. Assim, as quantidades de aço ficaram vinculadas ao parâmetro volume dos elementos multiplicadas pela taxa de cada grupo e pelos percentuais de distribuição das bitolas. A Tabela 18 exemplifica o grupo Superestrutura Vigas, em que a taxa de aço orçada pela CEF foi de 51,21kg/m³, com o total de aço distribuído nos percentuais de 31,9%, 2,14%, 56,94% e 9%, para as bitolas de 5 a 10mm, respectivamente.

Tabela 18 - Critério e fórmulas utilizadas para quantificar as armaduras das vigas

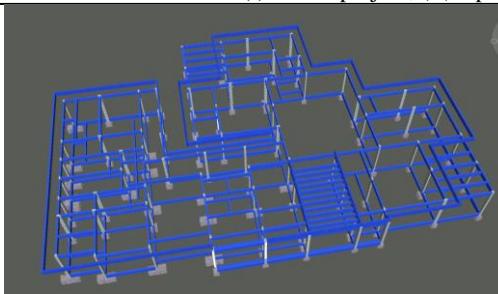
Elemento	Serviço	Fórmula no Navisworks
Vigas	Armação de pilar ou viga aço CA-60 de 5,0 mm	= $Volume*51,21*0,319$
Vigas	Armação de pilar ou viga aço CA-50 de 6,3 mm	= $Volume*51,21*0,0214$
Vigas	Armação de pilar ou viga aço CA-50 de 8,0 mm	= $Volume*51,21*0,5694$
Vigas	Armação de pilar ou viga aço CA-50 de 10,0 mm	= $Volume*51,21*0,09$

Fonte: Autor

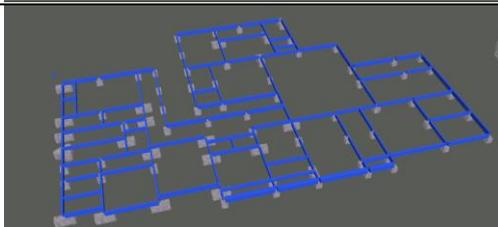
Algumas vigas de madeira foram modeladas equivocadamente no modelo original com as famílias de concreto, sendo necessário criar uma chave de exclusão para esses elementos. A Figura 90 mostra as vigas de concreto de todo o projeto e do baldrame.

Figura 90 - Vigas de concreto modeladas: (I) todo o projeto; (II) Apenas baldrame

(I)



(II)

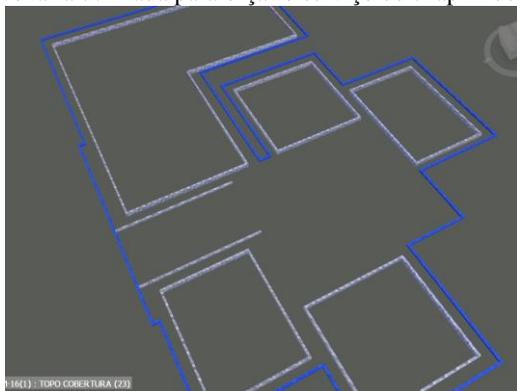


Fonte: Autor

5.7.10 Quantificação de Impermeabilização e Chapim (Pingadeira)

Para a área de impermeabilização da calha de concreto, criou-se um parâmetro na categoria de quadro estrutural (Vigas) para indicar as vigas adjacentes à essa estrutura. O perímetro das mesmas representou o comprimento a ser impermeabilizado. Para o chapim de concreto, escolheu-se o perímetro da alvenaria modelada como estrutural, a qual fica junto às vigas de bordo, para representar este serviço, conforme Figura 91.

Figura 91 - Alvenaria utilizada para orçar o serviço de chapim de concreto



Fonte: Autor

5.7.11 Quantificação dos Demais Serviços

Os serviços mais representativos do orçamento foram detalhados anteriormente. Os demais serviços analisados seguiram analogia semelhante.

5.7.12 Análise dos Resultados

Na Tabela 19 tem-se os macro itens orçados, também com amostra superior a 80% do orçamento CEF. Novamente reforça-se o já informado no tópico 5.3, ou seja: foram analisados 100% dos itens passíveis de teste, quais sejam, os serviços vinculados às disciplinas de arquitetura e estrutura modelados pela CEF. Quanto aos resultados, devem ser observados com as seguintes ressalvas: a modelagem não havia sido concluída pela CEF, como alertado pela Instituição; e o orçamento utilizado como referência para o teste apresentava inconsistências, conforme demonstrado nos tópicos anteriores. A própria finalização da modelagem provavelmente resultará numa revisão do orçamento pela CEF, como ocorreu nos projetos do Prédio e CRAS.

Tabela 19 - Resumo orçado, CEF x Pesquisa

FASE	DESCRIÇÃO DA FASE	CEF	PESO	PESQUISA	PESO	DIF.
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	3.388,280	0,3%	3.388,281	0,3%	0,00%
3	MOVIMENTO DE TERRA	14.481,450	1,3%	14.481,474	1,5%	0,00%
4	FUNDAÇÃO - BLOCOS	24.287,52	2,3%	22.638,29	2,3%	-6,79%
5	FUNDAÇÃO - BALDRAMES	45.821,01	4,3%	37.465,54	3,8%	-18,24%
6	SUPERESTRUTURA - PILARES	35.447,96	3,3%	36.539,19	3,7%	3,08%
7	SUPERESTRUTURA - VIGAS	74.111,68	6,9%	92.506,47	9,4%	24,82%
8	SUPERESTRUTURA - LAJES	57.505,52	5,3%	61.329,58	6,2%	6,65%
9	PAREDES E PAINÉIS	98.011,02	9,1%	99.932,24	10,2%	1,96%
10	MADEIRA	23.577,89	2,2%	23.577,89	2,4%	0,00%
12	ALUMÍNIO	7.187,69	0,7%	7.273,47	0,7%	1,19%
13	ALUMÍNIO	29.876,80	2,8%	30.464,47	3,1%	1,97%
14	ESQUADRIAS - VIDROS	10.907,57	1,0%	11.027,13	1,1%	1,10%
15	ESQUADRIAS - GRADES METÁLICA	20.115,570	1,9%	20.115,579	2,0%	0,00%
16	COBERTURA	86.913,49	8,1%	86.749,42	8,8%	-0,19%
17	IMPERMEABILIZAÇÃO	11.653,40	1,1%	10.744,66	1,1%	-7,80%
18	REVESTIMENTOS	119.575,84	11,1%	98.411,83	10,0%	-17,70%
19	PAVIMENTAÇÃO	132.330,29	12,3%	76.742,79	7,8%	-42,01%
20	RODAPÉS E PEITORIS	13.833,81	1,3%	10.875,41	1,1%	-21,39%
21	PINTURA	37.205,79	3,5%	20.665,70	2,1%	-44,46%
29	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - TUB	12.810,740	1,2%	12.810,740	1,3%	0,00%
30	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - CAI	3.069,690	0,3%	3.069,690	0,3%	0,00%
32	DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	15.688,900	1,5%	15.688,900	1,6%	0,00%
33	DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS -	3.725,090	0,3%	3.725,090	0,4%	0,00%
34	INSTALAÇÕES SANITÁRIAS - TUBO	13.510,810	1,3%	13.510,818	1,4%	0,00%
35	INSTALAÇÕES SANITÁRIAS - CAIXA	10.879,200	1,0%	10.879,200	1,1%	0,00%
36	LOUÇAS E METAIS	12.850,880	1,2%	12.850,880	1,3%	0,00%
37	SPDA	23.719,040	2,2%	23.719,040	2,4%	0,00%
40	PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO E P	1.817,320	0,2%	1.817,320	0,2%	0,00%
41	ÁREAS EXTERNAS - MURO	52.773,86	4,9%	45.658,36	4,6%	-13,48%
42	PAVIMENTAÇÃO EXTERNA	22.767,92	2,1%	18.072,46	1,8%	-20,62%
43	SERVIÇOS DIVERSOS	615,40	0,1%	615,40	0,1%	0,00%
44	SERVIÇOS FINAIS	1.577,180	0,1%	1.577,188	0,2%	0,00%
45	INSTALACOES ELETRICAS / TELEF	54.309,880	5,0%	54.309,880	5,5%	0,00%
TOTAL GERAL		1.076.348,490	100,0%	983.234,380	100,0%	-8,7%
ANALISADO		884.404,46	82,2%	791.290,30	80,5%	-10,5%
NÃO ANALISADO		191.944,030	17,8%	191.944,080	19,5%	0,0%

Fonte: Autor

Deste modo, as variações encontradas entre o orçamento da CEF e o da Pesquisa devem ser vistas de forma positiva, pois o método proposto permitiu detectar os itens do orçamento inconsistentes, servindo até mesmo como ferramenta de análise de custos. As variações decorrem em sua maioria de quantidades do orçamento sem aderência com o projeto, seja ele em 2D, ou o próprio modelo BIM.

Em síntese, nos macro itens de estruturas as fôrmas foram responsáveis pelas maiores variações, seguidas de diferenças do volume de concreto que impactaram no consumo do aço. Cabe registrar que a modelagem estrutural guardava compatibilidade com o projeto 2D disponível no site do FNDE, porém o orçamento não. Já as alvenarias (Paredes e Painéis) tiveram variações positivas e negativas entre serviços,

mas mantendo próximo o valor total, em reais. A modelagem apresentava sobreposições e inconsistências e foi refeita num LOD até 300. No caso dos revestimentos, que também tiveram as paredes remodeladas, havia ausências de serviços no orçamento da CEF, como pastilhas externas azuis e vermelhas, e quantidades de serviços relacionados diferentes como azulejos, pinturas e respectivos substratos. As quantidades de pinturas eram obtidas a partir dos elementos de revestimento, e também tiveram importantes variações por conta disso. Serviços de revestimento de teto, como pinturas e substratos, estavam presentes no modelo mas não no orçamento. No caso das esquadrias, o orçamento apresentava maior consistência com o projeto 2D, ainda que o modelo não possuísse todos os elementos modelados. Os valores resultantes não foram impactados pois foram criados levantamentos virtuais para os objetos faltantes. No tocante à pavimentação, a modelagem estava adequada, mas o orçamento apresentava significativas inconsistências, como uma área de piso e contrapiso de quase o dobro da área da edificação, o que gerou a grande variação em valor financeiro mostrada na Tabela 19. Assim como nos demais modelos, não foi possível identificar o critério adotado pelo orçamentista da CEF para as vergas e contravergas. A pesquisa considerou a largura da abertura mais 20cm para cada lado. Para os serviços externos, como muro e pavimentação, as diferenças ocorreram pela não consideração da lajota, pois não se verificou no projeto, e pela área do muro, que impactou em serviços relacionados. Alguns itens de menor impacto foram simplesmente atribuídos.

Desta forma, a variação de valores não foi decorrente do uso das contribuições propostas, mas fruto das inconsistências do orçamento e do modelo usado no teste. Considerando como indicador o esforço de modelagem, o resultado pode ser considerado adequado, pois foi possível reduzir as famílias de paredes de 34 para 11, e ainda assim obter resultados mais corretos, precisos, e de acordo com a atual metodologia de árvore de fatores do SINAPI.

6 DIRETRIZES PARA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

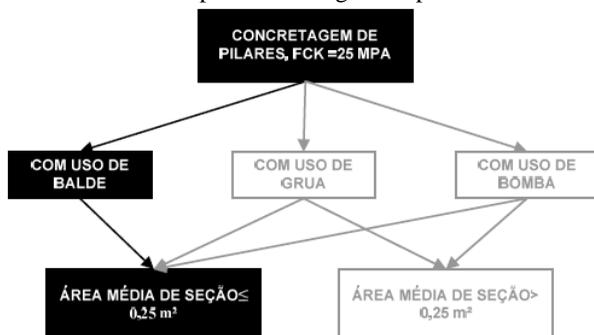
Com base na bibliografia pesquisada e resultados obtidos nos capítulos 4 (Simulação) e 5 (Demonstração e Testes), apresentam-se neste capítulo as diretrizes básicas para implantação e utilização das contribuições propostas pela pesquisa.

6.1 ORÇAMENTO DE REFERÊNCIA E ÁRVORE DE FATORES DO SINAPI

Conforme já relatado no subcapítulo 2.3.5, um orçamento de referência de obra pública custeada com recursos do orçamento da União deve ser elaborado observando os regramentos e critérios do Decreto Federal 7983 (Brasil, 2013a). Entre estes critérios, consta a obrigatoriedade de utilização do SINAPI, mantido pela CEF, exceto para os serviços e obras de infraestrutura de transporte, os quais devem observar o SICRO, mantido pelo DNIT.

Ainda, foi abordado no subcapítulo 2.3.4 que a CEF contratou a FDTE/USP para revisão do SINAPI e aferição de suas composições. Este trabalho, ainda em curso, gerou um aumento no número de composições pela utilização da metodologia titulada pela Instituição de “*árvore de fatores*”, a qual prevê a identificação de fatores que impactam na produtividade (mão de obra e equipamentos) e consumo de materiais (FDTE, 2013). Desta forma, as composições são organizadas em grupos, e hierarquizadas na forma de raiz com base em fatores relevantes, semelhante a uma rede de composições, como já havia sido proposto por Marchiori (2009). Esta metodologia fornece composições mais precisas, porém eleva a complexidade na utilização do SINAPI. Na Figura 92 é mostrada uma árvore de fatores típica.

Figura 92 - Árvore de Fatores para concretagem de pilares



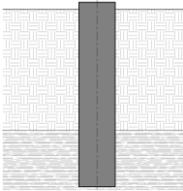
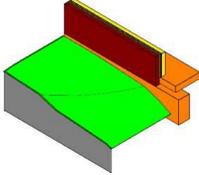
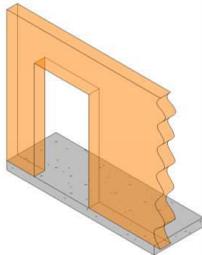
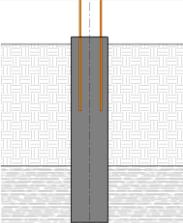
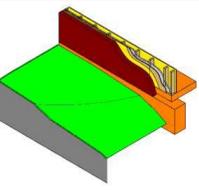
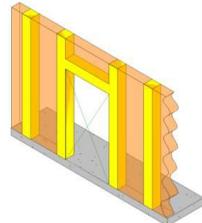
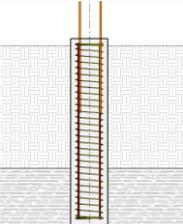
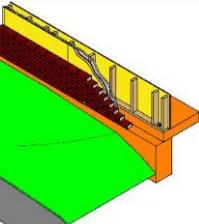
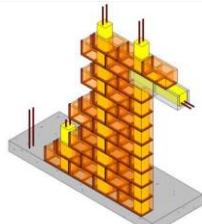
Fonte: CEF (2015)

Muitos autores já pesquisaram a integração do SINAPI ao modelo BIM, porém sem considerarem a nova metodologia de árvore de fatores, como SANTOS (2013), Mendes Jr. et al. (2013) e Sakamori (2015). Outros a consideraram, mas relataram dificuldades, como Carvalho e Pinto (2015) e Ferrari (2016). Desta forma, a apresentação de qualquer método para geração de orçamento de referência integrado a um modelo BIM deve obrigatoriamente prever a necessidade de se considerar a nova metodologia de árvore de fatores do SINAPI, como diretriz básica.

6.2 LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) E PROJETO BÁSICO DE ENGENHARIA

Conforme relatado no subcapítulo 2.4.4, a especificação LOD, ou *Level of Development Specification*, foi criada pelo BIMForum, em 2011, com a finalidade de indicar o nível de maturidade e desenvolvimento do modelo BIM (BIMFORUM, 2015 p. 10 e AIA, 2013 p. 58). Trata-se de um caderno de especificações que apresenta o nível de detalhamento e desenvolvimento, ou de informações associadas, esperado para vários elementos do modelo, sejam das disciplinas arquitetônica, estrutural, ou de instalações, graduado em cinco escalas, LOD 100, 200, 300, 350 e 400. O LOD 500 representa o *as built*, ou como construído, mas não é tratado pelo BIMForum. Assim, o nível LOD definido pelo BIMForum pode ser referenciado em relações contratuais entre proprietários e projetistas, por exemplo. Na Figura 93 é mostrado o nível de detalhamento geométrico esperado para alguns elementos típicos, nas escalas de 300 a 400.

Figura 93 - Classificação de alguns elementos nos LOD 300 a 400

	A1010.30 – Pilares de fundação	B2010.10 – Paredes externas (Madeira)	C1010 – Paredes internas (alvenaria)
300			
350			
400			

Fonte: BIMForum (2015)

Já no subcapítulo 2.3.2 são relatadas as principais diferenças entre projeto básico e executivo, nos termos da Lei de Licitações (Brasil, 1993) e do Regime Diferenciado de Contratações (Brasil, 2011c). Também é abordada a evolução do conceito de projeto básico junto aos órgãos de controle, o qual é cada vez mais rigoroso, não se admitindo mais a licitação do projeto arquitetônico sem os complementares (IBRAOP, 2006; BAETA, 2012; TCU 2014), ou projetos com detalhamentos insuficientes. Para Solihin e Eastman (2015 p. 71), um LOD 300 ou LOD 350 é geralmente suficiente para realização de um projeto básico, com a ressalva da afirmação não se referir aos aspectos legais da Lei de Licitações, aqui abordados. Ainda assim, muitas informações ou especificações técnicas exigidas legalmente podem compor o projeto básico a ser licitado, sem necessariamente estarem modeladas ou

demonstradas em plantas de engenharia. A indicação em Memorial Descritivo, ou Cadernos de Especificação pode ser suficiente.

Pelo exposto, outra diretriz a ser observada para a utilização do método proposto na presente pesquisa é que os responsáveis técnicos indiquem no projeto de engenharia a ser licitado as informações mínimas para atendimento da legislação vigente, seja com detalhes padrão gerados em ferramentas CAD, descrição dos serviços em Memorial Descritivo, ou especificação de materiais em Cadernos de Especificação, de Encargos, etc. Para isso, alguns elementos podem ser modelados até mesmo com LOD inferior a 300, como paredes ou aberturas, ou de forma inversa, eventualmente, em LOD superior a 300, no caso de alguma instalação especial, por exemplo. Uma modelagem simples não deve ser confundida com um projeto simples.

6.3 ESFORÇO DE MODELAGEM X QUANTIFICAÇÃO 2D

A versatilidade da ferramenta Navisworks⁴⁵ como gerenciador de informações, agrupando projetos 2D e 3D num mesmo arquivo, pode ser explorada para algumas quantificações. Neste caso, o esforço de modelagem de alguns elementos pode ser substituído pela orçamentação manual, que pode ser mais simples e demandar menor tempo, como se verificou no exemplo da orçamentação da impermeabilização do prédio. Ainda que seja necessária a modelagem, esta pode ocorrer com poucos elementos e de nível de desenvolvimento (LOD) menos elevado.

Desta forma, uma diretriz a ser observada é previamente definir entre os *stakeholders* envolvidos eventuais serviços que serão orçados manualmente, conforme critérios pré-estabelecidos, sem necessidade de modelagem atrelada aos mesmos.

6.4 TÉCNICAS DE MODELAGEM

Com base no processo de validação foi possível identificar técnicas de modelagem para aplicação das contribuições propostas com eficiência. A primeira é modelar os elementos das categorias de piso e forro sempre independentes por ambiente. É preferível ter um único elemento de piso modelado desta forma, do que vários tipos modelados de forma contínua. Ainda assim, se não for possível, que ao menos todos os ambientes do projeto sejam identificados e nominados, pois esta categoria de família

⁴⁵ Uma limitação neste caso é a dependência do software proprietário para uso dessas funcionalidades.

(*Family*) pode ser utilizada para encontrar a área e perímetro. Isso permitirá associar diversos serviços como contrapiso, piso, lajes, forros, rodapés, impermeabilização de pisos e paredes etc., a um único elemento, com edição de fórmulas para o ajuste mais preciso das quantidades (Por exemplo, *área de impermeabilização = área do ambiente + perímetro x altura de parede a impermeabilizar*). Quanto às camadas de materiais, é desejável ter três elementos de camada única justapostos, da seguinte forma: Uma categoria de família de piso para todos os serviços acima da laje; uma categoria de piso estrutural para representar a laje; e uma categoria de forro para representar os serviços abaixo da laje, como chapisco, emboço, pintura, forro de PVC, etc.

Para a modelagem de paredes, é suficiente normalmente modelar três justapostas, para revestimento externo, interno e alvenaria central. Em alguns casos pode ser desejável que os elementos sejam seccionados nas intersecções com outras paredes, para que a área seja computada por “*pano*” de parede. Esta ação normalmente não causa influência nas paredes que representam os revestimentos internos, pois eles são seccionados automaticamente nas mudanças de direção. Nas paredes que representam a alvenaria central a influência só é relevante se houver paredes extensas sem mudanças de direção. Nas paredes que representam os revestimentos externos, normalmente não causará influência, pois muitos desses serviços no SINAPI não consideram a área como fator de influência.

No caso das estruturas de concreto armado não há necessidade de maiores cuidados. O volume de concreto e área de fôrmas e escoramento são obtidos com base na geometria modelada. O aço pode ser obtido por uma taxa vinculada ao volume de concreto, ou simplesmente informado, caso tenha sido calculado fora do modelo, em programas de cálculo estrutural.

Outros elementos como aberturas também dispensam maiores cuidados. A simples modelagem, até mesmo num LOD mínimo como 100, será suficiente para se obter a contagem dos elementos e sua área, e destes dois parâmetros se obter serviços como fundos, pintura, e as próprias aberturas. Também pode se obter outros serviços como vergas e contravergas utilizando o parâmetro de largura das aberturas, com a devida edição dos acréscimos em fórmulas.

6.5 PARÂMETROS DE TEXTO

Quanto aos parâmetros de texto, esses são a forma mais simples para a aplicação do método, sendo preferível a criação de vários parâmetros em detrimento à modelagem de muitos elementos. Estes parâmetros podem servir para indicar a presença ou não de vãos, a especificação dos substratos e revestimentos de paredes, pisos, forros, coberturas, ou mesmo especificação de outros elementos como portas ou janelas. Isso facilita o processo de pesquisa no Navisworks, por meio do comando *Find Itens*, e associação dos serviços conforme a árvore de fatores do SINAPI. A grande vantagem do emprego de parâmetros é justamente definir regras de pesquisa entre parâmetros de texto informados pelo usuário e parâmetros de geometria importados do modelo, de forma igual à árvore de fatores do SINAPI, facilitando o processo de orçamentação.

Ainda, mesmo que o usuário opte por realizar parte do orçamento na própria ferramenta de modelagem, os princípios das contribuições propostas nesta pesquisa também podem ser aplicados diretamente no Revit, sendo possível obter as quantidades dos objetos modelados de forma agrupada conforme os parâmetros criados e área dos elementos. Desta forma, uma modelagem em nível menos elevado (até LOD 300) e a utilização de parâmetros de texto para indicar fatores de produtividade, especificação de materiais, e até mesmo o nome do elemento, como porta tipo P1, P2, etc., são suficientes para se obter os quantitativos dos serviços representativos observando a metodologia de árvore de fatores do SINAPI, podendo o orçamento e serviços vinculados aos serviços representativos serem finalizados num editor de planilhas convencional.

Finalmente, a Tabela 20 apresenta uma sugestão de criação de parâmetros básicos para aplicação do método de forma eficiente, os quais guardam relação com as árvores de fatores do SINAPI, podendo serem suprimidos, editados ou acrescentados conforme o caso.

Tabela 20 - Sugestão de parâmetros para aplicação do método

Categoria dos Elementos	Nome do Parâmetro	Lista Suspensa
Paredes (alvenaria e Revestimento)	Possui Vão:	Sim ou Não
	Tipo de Revestimento:	Cerâmica até teto Cerâmica meia altura Pintura PVA Pintura Acrílica
	Tipo de substrato	Chapisco Massa única Emboço
Pisos (azulejo, contrapiso, impermeabilização, Piso estrutural)	Tipo de área:	Área Seca ou Molhada
	Possui impermeabilização:	Sim ou Não
	Tipo de contrapiso	Comum Acústico Autonivelante
	Espessura	3cm 4cm 5cm 6cm 7cm
Forro	Tipo de Forro:	PVC Madeira Metálico Placas de Gesso Drywall ou acartonado
	Tipo de substrato	Chapisco Massa única Emboço
Laje	Tipo de Laje	Pré-moldada Maciça ou Nervurada Qualquer tipo de laje

Fonte: Autor

6.6 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Observaram-se algumas dificuldades na utilização da ferramenta BIM Navisworks. O relatório em *xls* exportado não mantém a mesma ordem da WBS criada no programa. Se os subitens dos serviços forem até 9, não haverá problemas. A partir de 10, o relatório vem na sequência 1; 10; 2; 20; 3; 4 [...], sendo necessário reordená-los. Também aparecem linhas vazias entre alguns itens que devem ser excluídas. Ao menos na pesquisa, não se conseguir automatizar este processo.

Uma limitação da Ferramenta BIM utilizada é não poder vincular a quantidade de um serviço a outro diretamente, sendo necessário editar as fórmulas e arrastar os Sets de pesquisa ou seleções sucessivas vezes para cada serviço. Isso ainda resulta em um relatório com milhares de linhas, devido à repetição dos objetos, as quais devem ser excluídas ou ocultadas, exceto se forem utilizadas como memórias de cálculo. Uma possibilidade que pode ser estudada pelo usuário é orçar na ferramenta BIM apenas os serviços vinculantes e no Excel orçar os demais serviços

vinculados. Isso permite a atualização dos dados vinculantes no Navisworks, no caso de edição do modelo BIM.

Também não é possível saber quais serviços estão vinculados aos Sets criados.

No tocante a encontrar a composição adequada a cada serviço utilizando a árvore de fatores do SINAPI, a pesquisa demonstrou a criação de um catálogo usando *template* do próprio programa, conforme demonstrado nos capítulos 3 e 4, o que poderia ser feito pela própria CEF. Porém, independentemente de ser uma solução BIM, a Instituição deveria disponibilizar algum tipo de ferramenta que permitisse pesquisar as composições seguindo a nova estruturação proposta, de árvore de fatores. O mais próximo atualmente são os cadernos em PDF, de trabalhosa utilização. Uma ferramenta online de pesquisa, um aplicativo de celular ou computador, ou mesmo uma reformulação no sistema SIPCI seria o mais indicado.

7 CONCLUSÕES

7.1 ATENDIMENTO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS

Conclui-se ser possível elaborar orçamento de referência de obras públicas observando a nova metodologia de árvore de fatores do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), utilizando a modelagem da informação da construção em quinta dimensão (BIM 5D) com os elementos do projeto modelados até um nível de desenvolvimento (LOD) de 300. Os orçamentos obtidos de acordo com as contribuições propostas atendem a legislação vigente acerca da engenharia de custos de obras públicas, em especial a Lei 8.666/1993 (*Lei de Licitações*), a Lei 12462/2011 (*Regime Diferenciado de Contratações*), a Lei 13303/2016 (*Lei das Estatais*), o Decreto Federal 7983/2013 (*Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência*), e o Acórdão 2622/2013 TCU Plenário (*BDI*). Deste modo a planilha orçamentária elaborada utilizando a Ferramenta BIM Navisworks, com o devido acréscimo de custos unitários e demais formatações no software Excel, é documento hábil para compor o edital do certame, como orçamento detalhado integrante do projeto básico de engenharia, nos termos do artigo 6º, inciso IX da Lei de Licitações, e artigo 2º, parágrafo único, do Regime Diferenciado de Contratações, exceto no regime de contratação integrada.

A afirmativa é embasada nos resultados obtidos com a simulação em uma edificação de pequeno porte (Guarita) e com a demonstração e testes das contribuições propostas por meio de três projetos integrantes do *Catálogo dos Projetos com Relatório de Custo por Característica Física* (CEF, 2016a). Os projetos são o 9672 (Prédio residencial de 4 andares), 10619 (CRAS/MDS) e 10639 (Creche FNDE Tipo C). A guarita foi modelada pelo autor da pesquisa utilizando a Ferramenta BIM Revit num nível LOD 300, e os três projetos testados foram modelados pela CEF também no Revit, num LOD superior a 300. No caso da Creche, a Instituição ressaltou que a modelagem ainda não estava concluída, mas optou-se pela sua utilização devido à maior complexidade deste projeto. Todas as modelagens testadas continham as disciplinas arquitetônico e estrutural.

Os orçamentos foram elaborados através da Ferramenta BIM de análise Navisworks, com a associação do custo unitário e formatação final realizados no Excel. Os valores orçados superaram 80% do valor total de cada projeto e foram comparados aos orçamentos disponibilizados no site

da própria CEF, item a item, sendo este o principal indicador de precisão e consistência das considerações propostas. Os serviços não orçados, inferiores a 20% do orçamento, eram referentes às instalações, as quais não estavam modeladas. Ou seja, conforme já informado no tópico 5.3, foram analisados 100% dos itens passíveis de teste, quais sejam, os serviços vinculados às disciplinas de arquitetura e estrutura modelados pela CEF.

7.2 RESULTADOS OBTIDOS COM OS PROCEDIMENTOS DE SIMULAÇÃO, DEMONSTRAÇÃO E TESTES

A simulação com a Guarita serviu para estrutura a obtenção do orçamento de referência nas premissas anteriormente citadas. Já a demonstração e testes serviram para testar a precisão e consistência das contribuições propostas na obtenção do orçamento em projetos reais e de maior escala. No caso dos testes, como o LOD da modelagem da maioria dos elementos era superior à 300, vários elementos e todas as camadas de materiais foram desconsideradas. Assim, com poucos elementos modelados foi possível obter os diversos serviços associados aos mesmos, com inserção de parâmetros de texto para facilitar a pesquisa utilizando o comando *Find Itens* do Navisworks, conforme a nova metodologia de árvore de fatores do SINAPI, e ainda, com criação de fórmulas que pudessem aumentar o grau de precisão das quantidades obtidas. Os quantitativos encontrados apresentaram resultados satisfatórios. O reflexo financeiro pode ser verificado a seguir. Utilizou-se como data-base Julho de 2017 (SINAPI Sintético Desonerado de Santa Catarina).

O Prédio foi o primeiro projeto testado, sem ter sido feita qualquer adequação no modelo. O total orçado pela CEF e Pesquisa foi respectivamente R\$ 1.015.074,01 e 1.012.373,65, resultando numa diferença a menor de apenas 0,3%. O CRAS foi o segundo projeto testado. A modelagem permaneceu a mesma, porém foi criado um parâmetro no Revit indicando presença ou não de vãos nas paredes. O total orçado pela CEF e Pesquisa foi respectivamente R\$ 225.583,81 e R\$ 226.065,49, resultando numa diferença a maior de apenas 0,2%. A Creche FNDE foi o último projeto testado. Neste caso, como a modelagem ainda não estava concluída, como já alertado pela CEF, foi refeita em arquivo separado toda a modelagem das paredes num LOD até 300, e utilizado como fonte de informações secundárias o próprio projeto 2D disponível no site do FNDE. Foram criados, ainda, três parâmetros para facilitar o processo de pesquisa e orçamentação, sendo: um nas paredes para indicar presença de vãos; um no piso para diferenciar as tipologias de granitina e

cerâmica; e um nas vigas, para orçar os serviços de impermeabilização das calhas. O total orçado pela CEF e Pesquisa foi respectivamente R\$ 1.076.348,49 e R\$ 983.234,38, resultando numa diferença a menor de 8,7%. Neste caso, a diferença significativa de valor não foi decorrente das contribuições propostas, mas sim por inconsistências verificadas no modelo e no próprio orçamento disponível no site da CEF, provavelmente porque tal orçamento não passou por revisão haja vista a modelagem do projeto da Creche ainda não ter sido concluída. Desta forma, a diferença encontrada pode ser vista de forma positiva, pois o teste serviu como ferramenta de análise de custos, permitindo uma análise de orçamento detalhado usando um projeto de baixa modelagem. Pelo exposto, e considerando como indicador a variação financeira entre os orçamentos testados, conclui-se que a utilização das contribuições propostas apresenta boa consistência e precisão.

7.3 COM RELAÇÃO ÀS DIRETRIZES E LIMITAÇÕES

Percebeu-se ainda que a utilização de parâmetros de texto para indicar fatores de produtividade, especificação de materiais, e até mesmo de geometria das peças, como presença de vãos, tipo de piso, ou espessura de contrapiso, respectivamente, facilita o processo de orçamentação com base na nova metodologia de árvore de fatores do SINAPI, não altera o aspecto visual do modelo BIM ou geração das plantas de engenharia, e diminui o esforço de modelagem. Esta é a principal diretriz e recomendação para utilização das contribuições propostas nesta pesquisa. O capítulo 6 apresenta outras, igualmente relevantes.

Ainda que as contribuições propostas pela pesquisa sejam de caráter geral, os procedimentos de simulação e testes foram realizados utilizando apenas as Ferramentas proprietárias Revit e Navisworks. Também não foi pesquisada a aplicação das contribuições propostas nas disciplinas de instalações. Logo, para fins científicos, as conclusões aqui relatadas são limitadas a essas ferramentas BIM, e as disciplinas de arquitetura e estrutura.

7.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Se for considerado como indicador o esforço de modelagem versus a criação de parâmetros para retornar os mesmos resultados de orçamento, possivelmente um projeto em LOD 300 com uso de parâmetros resultaria numa modelagem mais rápida e simples. Essa possibilidade poderia ser

objeto de pesquisa complementar, por exemplo, comparando o tempo de modelagem e a variação do orçamento de mesmos projetos modelados com projetistas diferentes, uns realizando a modelagem em LOD superior a 300, e outros até 300, com uso de parâmetros. Essa aplicação poderia ocorrer diretamente no Revit, sem utilização do Navisworks.

Uma outra sugestão para continuidade da pesquisa é o desenvolvimento de plug-in no Navisworks que permita associar o custo unitário, o BDI, e a visualização dos valores resultantes diretamente nesta Ferramenta. E ainda, que o orçamento possa ser estruturado na própria ferramenta, com possibilidade de exportação, considerando apenas as colunas default do Navisworks *WBS* (Numeração do orçamento), *Name* (SINAPI), *Description* (Descrição do SINAPI, idêntica ou editada), *Comments* (Comentários, de forma opcional), *Primary Quantity* (Quantidade primária e respectiva unidade), acrescido das colunas de Custo Unitário Sem e Com BDI, BDI e Total. No caso das linhas, que seja possível optar apenas pelas linhas dos macro itens e subitens para gerar o orçamento, ou também a dos objetos associados a cada serviço, para uso como memória de cálculo.

Considerando o aumento de complexidade na utilização do SINAPI pela metodologia de árvore de fatores, sugere-se a criação de uma ferramenta de pesquisa *on line*, independentemente de ser BIM. Um aplicativo de celular ou de computador, ou mesmo uma reformulação no sistema SIPCI, pela própria CEF, poderia ser solução para isso.

O Manual de Práticas DASP (Brasil, 1985) e o Manual de Obras Públicas-Edificações - Práticas da SEAP (SEAP, 1997) também poderiam ser revisados pelos órgãos competentes, e atualizados à nova metodologia do SINAPI, haja vista a exigência legal de sua utilização.

Finalmente, uma última sugestão é a utilização das contribuições propostas para realização de análises de custos por órgãos ou entidades públicas, como a CEF. Desta forma, poderiam ser implantados projetos pilotos em que os Tomadores de recursos entregassem o modelo BIM, e os analistas realizassem a verificação do modelo utilizando ferramentas BIM de análise, como o Navisworks. Como muitos projetistas poderiam ter resistência a compartilhar o projeto modelado, até mesmo por restrição contratual, poderia ser fornecido apenas arquivos de extensão *dwf*, os quais contém a geometria 3D com os principais parâmetros para quantificação, sem possibilidade de reversibilidade ao projeto e famílias modeladas. Um acompanhamento acadêmico poderia verificar a viabilidade desta sugestão.

REFERÊNCIAS

AIA (THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS). **Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents**. [n.i]: AIA, USA. 2013. 62 p. Disponível em: <<http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab095711.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2016. Rev. 052213

AGC. **The Contractors' Guide to BIM**, Associated General Contractors (AGC) of America. Disponível em: <www.agc.org>. Acesso em: 20 novembro 2011.

ALVES, Celestino et al. **O que são os BIM?** Turma 12MC08_03. Universidade do Porto. FEUP Faculdade de Engenharia. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/POST_12MC08_03.PDF>. Acesso em: 11/11/20174

ARAYICI, Y et al. Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 20, n. 2, p.189-195, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016>.

AYRES FILHO, Cervantes. **Acesso Ao Modelo Integrado Do Edifício**. 2009. 254 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós- graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721**: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653**: Avaliação de bens. Rio de Janeiro, 2011. v. 2.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-1**: Sistema de classificação da informação da construção - Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, 2011.

ALTOUNIAN, Cláudio Sarian. **Obras Públicas: Licitação, contratação, fiscalização e utilização**. 4. ed. São Paulo: Fórum, 2011. 539 p.

BAETA, André Pachioni. **Orçamento e controle de obras públicas**. São Paulo: Pini, 2012.

BAHIA. PM de Vitória da Conquista. **Administração Municipal vistoria obras da Educação na zona oeste da cidade**. 2015. <<http://www.pmvc.ba.gov.br/administracao-municipal-vistoria-obras-da-educacao-na-zona-oeste-da-cidade/>> Acesso em: 24/10/2017

BARISON, Maria Bernadete. **Introdução de modelagem da informação da construção (BIM) no currículo**: Uma contribuição para a formação do projetista. 2015. 387 f. Tese (Doutorado) - Curso de Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, Florianópolis, 2015.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. **O papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com a tecnologia BIM e as habilidades que devem ser ensinadas na universidade**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 103-120, jan./jun. 2016. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v11i1.102708>

BERNSTEIN, H. M., et al. **The business value of BIM for construction in major global markets**. Bedford: McGraw Hill Construction, 2014. 64p.

BIMFORUM. **Level of Development Specification Version: 2015**: For Building Information Models. 2015. Disponível em: <<http://bimforum.org/lod/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

BIOTTO, C. N. FORMOSO, C. T. E ISATTO, E. L. ENTAC - Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 14., 2012, Juiz de Fora. **Uso Da Modelagem BIM 4D No Projeto E Gestão De Sistemas De Produção Em Empreendimentos De Construção**. Juiz de Fora: Antac, 2012. 10 p.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. **Da administração pública burocrática à gerencial**. Brasília DF: BID, 1996. Trabalho apresentado ao seminário sobre Reforma do Estado na América Latina organizado pelo Ministério da Administração Federal e Reforma do Estado.

BRASIL. Decreto nº 92.100, de 10 de dezembro de 1985. Estabelece as condições básicas para a construção, conservação e demolição de edifícios públicos a cargo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema

de Serviços Gerais - SISG, e dá outras providências. **Executivo**. Brasília, DF.

BRASIL. Decreto-lei nº 2.300, de 21 de novembro de 1986. Dispõe sobre licitações e contratos da Administração Federal e dá outras providências. **Executivo**. Brasília, DF.

BRASIL. Constituição Federal. 1988. **Executivo** Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 8666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Lei de Licitações**. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 8987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no Art. 175 da Constituição Federal, e Dá Outras Providências. **Executivo**: Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 9478, de 06 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o conselho nacional de política energética e a Agência Nacional Do Petróleo e dá outras providências. **Executivo**. Brasília, DF.

BRASIL. Decreto nº 2745, de 24 de agosto de 1998. Aprova o regulamento do procedimento licitatório simplificado da petróleo brasileiro S.A. - PETROBRÁS Previsto no Art . 67 da Lei Nº 9.478, de 6 de Agosto de 1997. **Executivo**. Brasília, DF.

BRASIL. Lei Complementar nº 101, de 04 de maio de 2000. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. **Lei de Responsabilidade Fiscal**. 2000a. Brasília, DF.

BRASIL. Decreto nº 3555, de 8 de agosto de 2000. Aprova o regulamento para a modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns. **Executivo**. 2000b. Brasília, DF: Diário Oficial da União.

BRASIL. Lei nº 10520, de 17 de julho de 2002. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos Termos do Art. 37, Inciso XXI, da Constituição Federal, Modalidade de Licitação

Denominada Pregão, Para Aquisição de Bens e Serviços Comuns, e Dá Outras Providências. **Executivo.** Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 11079, de 30 de dezembro de 2004. Institui Normas Gerais Para Licitação e Contratação de Parceria Público-privada no âmbito da Administração Pública. **Executivo.** Brasília, DF.

BRASIL. Decreto nº 5450, de 31 de maio de 2005. Regulamenta o pregão, na forma eletrônica, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. **Executivo.** Brasília, DF: Diário Oficial da União,

BRASIL. Lei nº 11744, de 17 de setembro de 2008. Altera a legislação tributária federal [...]. **Executivo.** Brasília, DF.

BRASIL. Decreto nº 7581, de 11 de outubro de 2011. Regulamenta o Regime Diferenciado de Contratações Públicas - RDC, de que trata a Lei nº 12462, de 4 de agosto de 2011. 2011a. **Executivo.** Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 12546, de 14 de dezembro de 2011. Institui o Regime Especial de Reintegração de Valores Tributários para as Empresas Exportadoras (Reintegra) [...]. 2011b. **Executivo.** Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 12462, de 04 de agosto de 2011. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas - RDC. **Executivo.** 2011c. Brasília, DF.

BRASIL. Decreto nº 7983, de 8 de abril de 2013. Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e dá outras providências. 2013a. **Executivo.** Brasília, DF, 9 abr. 2013.

BRASIL. Decreto nº 7892, de 23 de janeiro de 2013. Regulamenta O Sistema de Registro de Preços Previsto no Art. 15 da Lei Nº 8.666, de 21 de Junho de 1993. 2013b. **Executivo.** Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 12844, de 19 de julho de 2013. Amplia o valor do Benefício Garantia-Safra para a safra de 2011/2012 [...]. 2013c. **Executivo.** Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 13161, de 31 de agosto de 2015. Vigência Altera as Leis nos 12546, de 14 de dezembro de 2011, quanto à contribuição previdenciária sobre a receita bruta [...]. **Executivo**. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 13249, de 13 de janeiro de 2016. Institui o Plano Plurianual da União para o período de 2016 a 2019. 2016a. **Executivo**: Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 13303, de 30 de junho de 2016. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.. 2016b. **Executivo**: Brasília, DF.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 424, DE 30 de dezembro de 2016. Estabelece normas para execução do estabelecido no Decreto nº 6.170/2007 [...]. 2016c. **Executivo**. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 13414, de 10 de janeiro de 2017. Estima a receita e fixa a despesa da União para o exercício financeiro de 2017. 2017a. **Executivo**: Brasília, DF.

BRASIL. Decreto nº 6170, de 25 de julho de 2017. Dispõe sobre as normas relativas às transferências de recursos da União mediante convênios e contratos de repasse, e dá outras providências. 2017b. **Executivo**. Brasília, DF.

BRASIL. Decreto s/n, de 5 de junho de 2017. Institui o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling. 2017c. **Executivo**. Brasília, DF.

CEF. Ministério da Fazenda. **Cadernos Técnicos de Composições Para: Concretagem para estruturas de concreto armado**. Lote 1. Versão 1: Caixa, 2015. Brasília, DF.

CEF 2016. Ministério da Fazenda. **Catálogo dos Projetos com Relatório de Custo por Característica Física**. CEF, 2016a. Brasília, DF.

CEF. Ministério da Fazenda. **Cadernos Técnicos de Composições Para: Alvenaria De Vedação**. Brasília: Caixa, 2016b. Brasília, DF.

CEF. Ministério da Fazenda. **SINAPI: Metodologia De Elaboração E Manutenção De Orçamentos Referenciais Edificações – Versão 1.** Caixa, 2017a. Brasília, DF.

CEF. Ministério da Fazenda. **SINAPI: Metodologia e conceitos:** Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil. Caixa, 2017b. Brasília, DF.

CEF. Ministério da Fazenda. **SINAPI: Custos de composição Analítico – SINAPI Referencial Desonerado Fevereiro/2017.** Caixa, 2017c. Brasília, DF.

CEF. Ministério da Fazenda. **Composição de encargos sociais.** Santa Catarina - Vigência a partir de Março/2016. Caixa, 2017d. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx> Acesso: 07/05/2017.

CEF. Ministério da Fazenda. **Cadernos Técnicos de Composições Para:** Revestimentos Chapisco, Emboço/Massa Única Interna, Emboço/Massa Única Externa, Monocapa, Gesso, Revestimento Cerâmico Interno, Revestimento Cerâmico. Caixa, 2017e. Brasília, DF.

CEF. Ministério da Fazenda. **Cadernos Técnicos de Composições Para:** Contrapiso, contrapiso acústico e contrapiso autonivelante. Caixa, 2017f. 204 p. Brasília, DF. Disponível em: www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-afetadas-lote1-habitacao-fundacoes-estruturas/SINAPI_CT_CONTRAPISO_LOTE1_v007.pdf. Acesso em: 12 mar. 2017

CEF. Ministério da Fazenda. **Cadernos Técnicos de Composições Para:** Telhamento e serviços complementares para cobertura. Lote 1. Versão 3: Caixa, 2017g. Brasília, DF.

CEF. Ministério da Fazenda. **Manual de Orientações aos Tomadores – Engenharia.** Repasse de Recursos do OGU: Caixa, 2017h. Brasília, DF. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/Downloads/ogu-modelos-de-engenharia/MANUAL_DE_ORIENTACOES_AOS_TOMADORES_ENGENHARIA_OGU.pdf. Acesso em: 17 dez. 2017

Calvert, N. 2013. **Why WE care about BIM**. Acesso em: 17/08/2016. Disponível em: <<http://www.directionsmag.com/entry/why-we-care-about-bim/368436>>

CARVALHO, Michael Antony ; SCHEER, S. . **O uso e eficiência do IFC entre produtos de proposta BIM no mercado atual**. In: V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 2011, Salvador. Anais do V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Salvador: FAUFBA, 2011. v. 1. p. 1-13.

CARVALHO, Ronaldo Rodrigues de; PINTO, David Silva. **Utilização do Revit para geração de Orçamentos de Referência utilizando a base de dados do SINAPI**. 2015. Autodesk University Brasil 2015. Disponível em: <<https://custom.cvent.com/FDBB345248B94F40BFFFCECF2FBE054E4/files/3e750d34ac4949ac9bbe78d50293b4bd.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

CARVALHO, Ronaldo Rodrigues de. **Utilização do Revit para geração de orçamentos de referência utilizando a base de dados do SINAPI**. 2015. Autodesk University Brasil 2015. Disponível em: <<https://custom.cvent.com/FDBB345248B94F40BFFFCECF2FBE054E4/files/3d6dadfed24946bd890fc4961473f6e9.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

CARDOSO, Roberto Sales. **Orçamento de obras em foco: um novo olhar sobre a engenharia de custos**. 3. ed. São Paulo: Pini, 2014.

CATELANI, W. S. (2016). **BIM = [inovação na construção]**. In Seminário Nacional Arquitetura e Urbanismo: Diálogo com o Futuro. Brasília DF. <http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2016/11/WILTON-Brasilia-CAU-BR-WS-27-10-2016-Resumed-R1.pdf>

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção C172c **Colaboração e integração BIM - Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/Câmara Brasileira da Indústria da Construção**.- Brasília: CBIC, 2016. 132 p.:il.

CEMESOVA, Alexandra; HOPFE, Christina J.; MCLEOD, Robert S.. **PassivBIM: Enhancing interoperability between BIM and low energy**

design software. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 57, p.17-32, set. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.014>.

CERON, L. C. **Notas sobre concepções de preço e valor nos custos da Arquitetura**. 2011. 153 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

CHEUNG, Franco K.t. et al. Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 27, p.67-77, nov. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.05.008>.

CHECCUCCI, E. S., AMORIM, A.L. **Modelagem da Informação da Construção como Inovação Tecnológica**. Anais do V TIC, 2011 – Salvador, BA. 15p.

CNM. Municípios, C. N. de. (2017). Estudos Técnicos/CNM – maio de 2017 **Obras paradas: cruzamento de base de dados de contratos de repasse (CEF) e Restos a Pagar (Siafi)**. Retrieved from [http://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/Obras paradas cruzamento de base de dados de contratos de repasse CEF e Restos a Pagar Siafi.pdf](http://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/Obras_paradas_cruzamento_de_base_de_dados_de_contratos_de_repasse_CEF_e_Restos_a_Pagar_Siafi.pdf)

COÊLHO, Ronaldo Sérgio de Araújo. **Orçamentação na construção de edificações**. São Luís: Uema, 2011.

CONGRESSO NACIONAL (2016). **Manual de Elaboração e Apresentação de Emendas Orçamento da União para 2017**. Congresso Nacional Setembro/2016 Consultoria de Orçamento e Fiscalização Financeira – Câmara dos Deputados Consultoria de Orçamentos, Fiscalização e Controle – Senado Federal http://www.camara.leg.br/internet/comissao/index/mista/orca/orcamento/or2017/emendas/Manual_Emendas2017-ATUALIZADO-7-10-14h40.pdf

COUTINHO, Rolzelin R. S. (2015). **O papel das construtoras e incorporadoras na adoção da tecnologia BIM na indústria da construção no brasil**: Um estudo prospectivo. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, DF, 94p.

DAS, Moumita; CHENG, Jack Cp; KUMAR, Srinath S. Social BIMCloud: a distributed cloud-based BIM platform for object-based

lifecycle information exchange. **Vis. In Eng.**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.1-20, 12 mar. 2015. Springer Science + Business Media. <http://dx.doi.org/10.1186/s40327-015-0022-6>.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos: metodologia de orçamentação para obras civis**. 5. ed. Curitiba: Copiarc, 2004.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos: Estimativa de Custo de Obras e Serviços de Engenharia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBEC, 2011.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA TERRESTRE. **Sistema De Custos Referenciais De Obras – SICRO**. Onerado, Julho/2017. 2017.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA TERRESTRE. **Manual de Custos Rodoviários: Metodologia e Conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Própria, 2003. 7 v.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p. Revisão técnica: Eduardo Toledo dos Santos.

EBC. Empresa Brasileira de Comunicação. **Caixa e BB inauguram datacenter e planejam novas parcerias**. 2013. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/economia/2013/03/caixa-e-bb-inauguram-datacenter-e-planejam-novas-parcerias>>. Acesso em: 09 maio 2017.

FENATO, Thalmus Magnoni. **Método de modelagem BIM com o emprego de Revit para a extração de quantitativos para orçamentos com abordagem operacional** / Thalmus Magnoni Fenato – Londrina, 2017.

FERRARI, F. A.; MELHADO, S. B. **O processo de inovação em um banco público brasileiro através do BIM**. In: Simpósio Brasileiro De Qualidade Do Projeto No Ambiente Construído. 2015, Viçosa-MG. Anais...Porto Alegre: ANTAC. p x-y.

FERRARI, Fernanda Andrade **A introdução da Modelagem da Informação da Construção em um banco público brasileiro** / F. A. Ferrari -- versão corr. -- São Paulo, 2016. 117 p.

FONSECA, Fabrício César Reis Fonseca. **Proposta de um método probabilístico de estimativa de custos de construção** / Fabrício César Reis Fonseca. - 2013. 106 f. Orientador: Cyro Alves Borges Júnior Coorientador: Ricardo Miyashita Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

FDTE. FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DE ENGENHARIA (São Paulo). Universidade de São Paulo. **Fundação faz aferição das composições de serviços do SINAPI para CEF.** 2013. Boletim Informativo da FDTE - Fevereiro de 2013 Número 01 - Ano I. Disponível em: <http://www.fdte.org.br/_receivedfiles/pdf/1ksPXqFDTE_Informa_01.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2016.

FU, Changfeng et al. IFC model viewer to support nD model application. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 15, n. 2, p.178-185, mar. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2005.04.002>.

GIL, Antonio Carlos, 1946 – **Como elaborar projetos de pesquisa** / Antonio Carlos Gil. – 5. Ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

GSA. GENERAL SERVICE ADMINISTRATION. **GSA BIM Guide Overview**: GSA BIM Guide Seies 01. Washington,: U.s. Gsa, 2007.

GERHARDT, Tatiana Engel. **Métodos de pesquisa** / [organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira: coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GUERRETTA, L. F.; SANTOS, E. T. Encontro Brasileiro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção, 7., 2015, Recife. **Comparação de orçamento de obra de sistemas prediais com e sem utilização de BIM.** Porto Alegre: Antac, 2015. 11 p.

GUIMARÃES, Fernando Vernalha. **Guia para as concessões e parcerias público-privadas.** Brasília: CBIC, 2016.

HATTAB, Malak Al; HAMZEH, Farook. Using social network theory and simulation to compare traditional versus BIM–lean practice for design error management. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 52, p.59-69, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.014>.

HELLUM, Maria Eriksen. **Increasing Utility Value of BIM in All Project Phases**. 2015. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Department Of Civil And Transport Engineering, Norwegian University Of Science And Technolog, Noruega, 2015. Cap. 2.

HIRSCHFELD, Henrique. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HUBAIDE, E. J. **Estudo do BDI sobre o preço de obras empreitadas**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2012, 100p.

IBEC. Instituto Brasileiro de Engenharia De Custos (Rio de Janeiro) (Org.). **Orientação Técnica OT-004/2013-IBEC**. Rio de Janeiro: Ibec, 2013.

IBRAOP. Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas. **Orientação Técnica OT - IBR 001/2006: PROJETO BÁSICO**. Florianópolis: Ibraop, 2006.

IFC (São Paulo). International Finance Corporation (Org.). **Estruturação de Projetos de PPP e Concessão no Brasil: Diagnóstico do modelo brasileiro e propostas de aperfeiçoamento**. São Paulo: IFC.org, 2015.

JACOSKI, C. A. (2003). **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações** - Uma implementação com IFC/XML. UFSC. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84527/198403.pdf?sequence=1>

KAMARDEEN, I (2010). **8D BIM modelling tool for accident prevention through design**. In: Egbu, C. (Ed) Procs 26th Annual ARCOM Conference, 6-8 September 2010, Leeds, UK, Association of Researchers in Construction Management, 281-289.

KOSKELA, L. (2000). “**An exploration towards a production theory and its application to construction.**” Ph.D. dissertation, VTT Publications, Espoo, Finland.

LAAKSO, Mikael; NYMAN, Linus. Exploring the Relationship between Research and BIM Standardization: A Systematic Mapping of Early Studies on the IFC Standard (1997–2007). **Buildings**, [s.l.], v. 6, n. 1, p.1-23, 6 fev. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/buildings6010007>.

LEE, A. MARSHALL-PONTING, A. J. AOUAD, G. et al. **Developing a Vision of nD-Enabled Construction.** Salford, 2002.

LIMA, Alexandre César Leão de et al. Aplicação da plataforma BIM como sistema de gestão e coordenação de projeto da Reserva Camará. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [s.l.], p.2140-2149, 11 nov. 2014. Marketing Aumentado. <http://dx.doi.org/10.17012/entac2014.487>.

LU, Qiqi; WON, Jongsung; CHENG, Jack C.p.. A financial decision making framework for construction projects based on 5D Building Information Modeling (BIM). **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 34, n. 1, p.3-21, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.09.004>.

MANZIONE, Leonardo **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM / L. Manzione.** -- versão corr. -- São Paulo, 2013. 325 p.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como Preparar Orçamentos de Obras:** Dicas para Orçamentistas - Estudos de Caso - Exemplos. São Paulo: Pini, 2006.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como Preparar Orçamentos de Obras:** Dicas para Orçamentistas - Estudos de Caso - Exemplos. São Paulo: Pini, 2014.

MATOS, Cleiton Rocha De. **O Uso do BIM na Fiscalização de Obras Públicas.** [Distrito Federal] 2016. xv, 140p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2016). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

MARCHIORI, Fernanda Fernandes. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação**

de obras de edificações / F.F. Marchiori. -- ed.rev. -- São Paulo, 2009. 237 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

MELLO, Ricardo Bianca de. **AUBR115 - Normalização Brasileira para BIM e sua aplicação em tecnologia Autodesk**. 2015. Autodesk University Brasil 2015. Disponível em: <<https://custom.cvent.com/FDBB345248B94F40BFFFCE2FBE054E4/files/079a0fb772b64daab44a227777b305bd.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, Sérgio; SANTOS, A. B.; PAULA, F. A.; GOUVEA, L. B. **Comunicação do modelo integrado com o planejamento de prazo e custo**. In: VI Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção, 2013, Campinas. Qualidade de projeto na era digital integrada. Campinas: Unicamp, 2013. v.1. p.1192 - 1201

MENEGOTTO, José Luis. **BIM – Modelo Digital da Edificação. Uma introdução**. 2015. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Apostila Disciplina BIM I – Modelo Digital da Edificação. Disponível em: <<https://sites.google.com/a/poli.ufrrj.br/bim/teoria>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

MENEZES, G. L. B. B.; LELIS, R. L. S.. **Desafios Da Padronização Nacional De Componentes BIM. Ix Congresso de Iniciação Científica do Rio Grande do Norte**, [n.i.], p.2474-2483, jul. 2013.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. **Automation in Construction**, v. 35, p. 238–253, nov. 2013. <<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.005>>

MDIC. **Relatório de Acompanhamento das Agendas Estratégicas Setoriais**. 2014. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Acompanhamento%20das%20Agendas%20Estrat%C3%A9gicas_PBM-outubro2014FINAL.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2017.

MPDG. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (2017). **5º Balanço do PAC 2015-2018**. <http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac/divulgacao-do-balanco>

MÜLLER, Leandro Sander. **Utilização da Tecnologia Bim (Building Information Modeling) Integrado a Planejamento 4D na Construção Civil**/ Leandro Sander Müller. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2015. XII, 84. il.; 29,7 cm. Orientador: Prof. Assed Naked Haddad Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Civil, 2015.

MULTIMÍDIAS, Render (Org.). **BIM: A evolução do CAD**. 2011. Disponível em: <<http://blog.render.com.br/diversos/bim-a-evolucao-do-cad/>>. Acesso em: 16 ago. 2016.

NIBS. NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National BIM Standard – United Stated Version 3. 2015**. Disponível em: <<https://www.nationalbimstandard.org>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

NADEEM, Abid; WONG, Andy K. D.; WONG, Francis K. W.. Bill of Quantities with 3D Views Using Building Information Modeling. **Arab J Sci Eng**, [s.l.], v. 40, n. 9, p.2465-2477, 26 abr. 2015. Springer Science + Business Media. <http://dx.doi.org/10.1007/s13369-015-1657-2>.

NEIVA NETO, Romeu da Silva; RUSCHEL, Regina Coeli. BIM aplicado ao projeto de fôrmas de madeira em estrutura de concreto armado. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 15, n. 4, p.183-201, dez. 2015. Fap/UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000400046>.

OLIVO, Rodolfo Leandro de Faria. **Análise de Investimentos**. Campinas: Alínea, 2013.

PESTANA, Ana Catarina V. M. F.; ALVES, Thaís da C. L.; BARBOSA, André R.. Application of Lean Construction Concepts to Manage the Submittal Process in AEC Projects. **Journal Of Management In Engineering**, [s.l.], v. 30, n. 4, p.050140061-050140069, jul. 2014. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000215](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000215).

PINI. **TCPO: Tabela de Composições de Preços Para Orçamentos**. São Paulo: PINI, 2003.

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico / Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PTÁČEK, Frantisek. **O custo de construção**. 3. ed. São Paulo: Hemus, 1967.

RAUEN. Fábio José. **Roteiros de iniciação científica: os primeiros passos da pesquisa científica desde a concepção até a produção e a apresentação**. Palhoça : Ed. Unisul, 2015

RYU, Jeongwon; LEE, Jiyong; CHOI, Jungsik. Development of Process for Interoperability Improvement of BIM Data for Free-form Buildings Design using the IFC Standard. **International Journal Of Software Engineering And Its Applications**, [s.l.], v. 10, n. 2, p.127-138, 28 fev. 2016. Science and Engineering Research Support Society. <http://dx.doi.org/10.14257/ijseia.2016.10.2.11>.

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

SAKAMORI, Marcelo Mino. **Modelagem 5D (BIM): processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil**/ Dissertação: Marcelo Mino Sakamori. – Curitiba, 2015. 178 f. : il. color. ; 30 cm.

SANTOS, Adriano Balduino dos; MACHADO, Gabriel Augusto Meyer; CARVALHO, Leonardo Bispo. Orientadora: GRAF, Helena Fernanda. **Criação de uma ferramenta para obtenção de composições de custos a partir da leitura de projetos e levantamento de quantidades em um modelo BIM (arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico)**. Trabalho Final de Curso (graduação) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, curso de Engenharia da Construção Civil. Defesa: Curitiba, 05/12/2013. Disponível em: <<https://dl.dropboxusercontent.com/u/47156971/TCC%20FINAL.pdf>>. Acesso em: 27/12/2013

Santos, H. de P. (2015). **Diagnóstico E Análise Das Causas De Aditivos Contratuais De Prazo E Valor Em Obras De Edificações Em Uma Instituição Pública**.

http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BU-BD-A9NQ7Y/disserta__o_henrique_santos__vers_o_final_assinada_.pdf?sequence=1

SACKS, Rafael et al. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 136, n. 9, p.968-980, set. 2010. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000203](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000203).

SEAP - SECRETARIA DE ESTADO DA ADMINISTRAÇÃO E PATRIMÔNIO. **Portaria 2296/1997 Ministério Da Administração Federal E Reforma Do Estado: Manual de obras públicas - Edificações - Práticas da SEAP**. Brasília, Df: Seap, 1997.

SACKS, R. **Evento do Dia do Gerente de Projetos**. Universidade de Tecnologia de Tallinn, 2012.

SILVA, Julio Cesar Bastos; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. **A Contribuição Dos Sistemas De Classificação Para A Tecnologia BIM - Uma Abordagem Teórica**. Salvador: V Tic - Bahia, 2011.

SILVA, Edna Lúcia da. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**/Edna Lúcia da Silva, Estera Muszkat Menezes. – 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2005. 138p

SILVA, Mozart Bezerra da. **Manual de BDI: Como incluir benefícios e despesas indiretas em orçamentos de obras de construção civil**. São Paulo: Blucher, 2005.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C.. Classification of rules for automated BIM rule checking development. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 53, p.69-82, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.003>.

STEHLLING, M; RUSCHEL, R. **Impactos da implantação do BIM no processo de fabricação digital: Estudo de caso de uma fábrica de móveis modulados**. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

SÉLLOS, Lysio; SANTOS, Danillo Araújo; LONGO, Orlando Celso. Considerações sobre o BIM como Agente Facilitador na Manutenção e Retrofit de Obras Civas. **Cirmare 2015: IV Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios**, Rio de Janeiro, p.1-13, set. 2015.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v.18,n.3, p.357-375, 2009a. ISSN 0926-5805

SUCCAR, B. Building information modelling maturity matrix. **Handbook of research on building information modeling and construction informatics: concepts and technologies**. 2009b, Capítulo 4, p. 65-103

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na Construção Civil**: Consultoria, Projeto e Execução. 2. ed. São Paulo: Pini, 2011. 470 p.

TCU. Tribunal de Contas da União. Decisão nº 907, de 26 de dezembro de 1997. **Rel. Min. Lincoln Magalhães da Rocha**. Brasília, DF: Diário Oficial da União.

TCU. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Acórdão nº 325, de 16 de março de 2007. **Legislativo**: Plenário. Brasília, DF, Regras sobre BDI. Brasília, DF.

TCU. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Súmula nº 253, de 31 de março de 2010. Comprovada a inviabilidade técnico-econômica de parcelamento do objeto da licitação [...]. 2010a. **Legislativo**. Brasília, DF.

TCU. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Súmula nº 254, de 31 de março de 2010. O IRPJ – Imposto de Renda Pessoa Jurídica – e a CSLL – Contribuição Social sobre o Lucro Líquido – não se consubstanciam em despesa indireta passível de inclusão na taxa de Bonificações e Despesas Indiretas [...]. 2010b. **Legislativo**. Brasília, DF.

TCU. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Súmula nº 258. Brasília, DF, 23 de janeiro de 2010. 201c. **Diário Oficial da União**. Brasília: Imprensa Oficial, 23 jul. 2010.

TCU. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Acórdão nº 2622, de 25 de setembro de 2013. **Legislativo:** Plenário. Brasília, DF, 25 set. 2013a. Regras sobre BDI. Brasília, DF.

TCU. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Obras Públicas:** Recomendações básicas para a contratação e fiscalização de obras de edificações públicas. 3. ed. Brasília, DF: TCU, SECOB, 2013b.

TCU. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Coordenação-geral de Controle Externo da Área de Infraestrutura e da Região Sudeste. **Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas.** Brasília, 2014. 145 p.

TCU. Tribunal de Contas da União. **Convênios e outros repasses / Tribunal de Contas da União. – 6ª .ed.** –Brasília : Secretaria-Geral de Controle Externo, 2016a. 80 p. Brasília, DF.

TCU. Tribunal de Contas da União (Org.). **Parceria público-privada do Complexo Datacenter.** 2016b. Brasília, DF. Disponível em: <http://portal3.tcu.gov.br/portal/page/portal/TCU/comunidades/regulacao/Parceria_Publico_Privada_Folh>. Acesso em: 26 jun. 2016.

TRISTÃO, A. M. D. (2005). **Classificação da informação na indústria da construção civil:** Uma aplicação em placas cerâmicas para revestimento, 269. Tese. UFSC

TSE, T. C. K., Wong, K. D. A., & Wong, K. W. F. (2005). **The utilisation of Building Information Models in nD modelling:** A study of data interfacing and adoption barriers. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 10(February), 85–110.

VANDEZANDE, J., READ, P. & KRYGIEL, E. 2011. **Mastering Autodesk Revit architecture 2012**, Indianapolis, IN, Wiley. Acesso em: 17/08/2016. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=QGnD64O6TCYC&oi=fnd&pg=PT14&dq=Mastering+Autodesk+Revit+architecture+&ots=rThtwGWAsy&sig=Bb7HLvCpYwTk9-SJ13r0OdItJY#v=onepage&q=Mastering%20Autodesk%20Revit%20architecture&f=true>>

WANG, Xiangyu et al. An innovative method for project control in LNG project through 5D CAD: A case study. **Automation In Construction**,

[s.l.], v. 45, p.126-135, set. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.011>.

WITICOVSKI, Lilian Cristine **Levantamento de quantitativos em projeto: uma análise comparativa do fluxo de informações entre as representações em 2D e o modelo de informações da construção (BIM)** / Lilian Cristine Witicovski. – Curitiba, 2011. 199 f.: il., tab.

WONG, A.K.D; WONG, F.K.W.; NADEEM, A. **Comparative Roles of Major Stakeholders for the Implementation of BIM in Various Countries**. Integration and Collaboration 3, Changing Roles. 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Francis_Wong3/publication/228743459_Comparative_Roles_of_Major_Stakeholders_for_the_Implementation_of_BIM_in_Various_Countries/links/55345ebe0cf20ea0a076ad84.pdf. Acesso em: 13/08/2016.

YODERS, Jeff. **BIM + Lean Construction: Powerful Combination**. Building Design & Construction 1 Oct. 2009: 54. Academic OneFile. Disponível em: <http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA210096805&v=2.1&u=capes&it=r&p=AONE&sw=w&asid=33f00fcabc94a11704f0cd998a608db6>. Acesso em: 13/08/2016.

Observação: Lista de autores pesquisados por Wang (2014) abordando BIM 5D com e sem calibração, reproduzidos nesta dissertação, conforme Tabela 6 e Tabela 7.

S.M. Abdelmohsen, J.K. Lee, C.M. Eastman, **Automated cost analysis of concept design BIM models**, in: P. Leclercq PUL, A. Heylighen, G. Martin (Eds.), Designing Together: CAAD Futures, 2011, pp. 403–418.

R. Jongeling, M. Emborg, T. Olofsson, **nD modelling in the development of cast in place concrete structures**, ITcon 10 (2005) 27–41.

T. Kala, O. Seppänen, C. Stein, **Using an integrated 5D & location-based planning system in a large hospital construction project**, Lean Constr. J. (2010) 102–112.

I.S. Panushev, S.N. Pollalis, **A framework for delivery of integrated building formation modeling**, Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, 2006, pp. 2814–2822, (Montreal, Canada).

A.M. Tanyer, G. Aouad, **Moving beyond the fourth dimension with an IFC-based single project database**, *Autom. Constr.* 14 (2005) 15–32.

M.E. Haque, R. Mishra, **5D virtual construction: designer/constructor's perspective**, 10th International Conference on Computer and Information Technology, 2007, (Dhaka).

D. Mitchell, **The 5D QS: today's methodology in cost certainty**, RICS COBRA, 2012, pp. 1198–1206, (Las Vegas, USA).

F.K.T. Cheung, et al., **Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models**, *Autom. Constr.* 27 (2012) 67–77.

D. Kehily, T. Woods, F. McDonnell, **Linking effective whole life cycle cost data to parametric building information models using BIM technologies**, CITA BIM Gathering 2013, 2013, (Dublin).

Z. Shen, R.R.A. Issa, **Quantitative evaluation of the BIM-assisted construction detailed cost estates**, *J. Inf. Technol. Constr.* 15 (2010) 234–257.

APÊNDICE A - ORÇAMENTO CRAS: CEF X PESQUISA⁴⁶

⁴⁶ Com destaque em amarelo para os quantitativos que tiveram diferenças significativas entre os orçados pela CEF e os levantados nesta Pesquisa. As razões constam no Capítulo 5 Validação do Método Proposto.

PCI.823.01- ORÇAMENTO ANALITICO DATA DE EMISSAO: 01/09/2017 17:55:47

DATA DE REFERENCIA TECNICA: 12/08/2017

REFERENCIA COLETA : MEDIANO DATA DE PREÇO: 07/2017

DADOS GERAIS DO PROJETO

CODIGO : 10619

SIGLA : CRAS

SITUACAO : ATIVO

ABRANGENCIA : NACIONAL

LOCALIDADE : FLORIANOPOLIS

INSTITUICAO : CAIXA REFERENCIAL

CLASSE : EDIF - EDIFICACOES

TIPO : 0021 - OUTROS

DESCRICAO :

EDIFICACÃO RIFADO, COPA E 2 SANITÁRIOS.

MÃO DE OBRA SEM ENCARGOS	45.623,89	20,2248069 %
ENCARGOS SOCIAIS ... (H): 114,71 % (M): 72,43 %:	52.488,61	23,2678990 %
MÃO DE OBRA COM ENCARGOS	98.112,50	43,4927059 %
SERVIÇOS DE TERCEIROS	0,00	0,0000000 %
MATERIAL	126.453,17	56,0559559 %
EQUIPAMENTOS	960,01	0,4255681 %
OUTROS	58,13	0,0257701 %
TOTAL GERAL DO ORÇAMENTO.....	225.583,81	100,0000000 %

ORÇAMENTO ANALÍTICO PROJETO	LEVANTAMENTO
10619 CRAS	CEF

LEVANTAMENTO
NAVISWORKS

Item	SINAPI	DESCRIÇÃO	UNI D.	QDADE	PREÇO	CUSTO TOTAL	(%)
2		SERVIÇOS PRELIMINARES DE OBRA				3.911,81	,73%
2.1	3948/16	LIMPEZA MANUAL DO TERRENO (C/ RASPAGEM SUPERFICIAL)	M2	450,00	3,97	1.786,50	,79%
2.2	3992/1	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, ATRAVÉS DE GABARITO DE TABUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 1,50M, SEM REAPROVEITAMENTO	M2	228,53	9,30	2.125,31	,94%
3		INFRAESTRUTURA				13.417,64	,95%
3.1	970	FORMA TABUA PARA CONCRETO EM FUNDACAO, C/ REAPROVEITAMENTO 2X.	M2	89,17	59,38	5.295,15	,35%
3.2	92741	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA, COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M² -	M3	5,95	498,20	2.961,79	,31%

QDADE	PREÇO	CUSTO TOTAL	(%)	CRITÉRIO DE CÁLCULO
		3.911,83	,73%	
450,00	3,97	1.786,50	,79%	
228,53	9,30	2.125,33	,94%	
		13.660,40	,04%	
92,69	59,38	5.503,95	,43%	Comp. Baldrame x 0,35cm x 2 lados
5,95	498,20	2.961,83	,31%	Volume baldrame

		LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015											
3.3	93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS. AF_03/2016	M3	12,40	62,86	779,33	,35%	12,51	62,86	786,58	,35%	Largura: 0,35m; Prof: 0,27; Comp: = Baldrame	
3.4	93382	REATERRO MANUAL DE VALAS COM COMPACTAÇÃO MECANIZADA. AF_04/2016	M3	6,74	26,00	175,21	,08%	6,57	26,00	170,77	,08%	Vol. Esc. Manual - Vol. Baldrame	
3.5	94103	LASTRO DE VALA COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MENOR QUE 1,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MANUAL, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M3	1,04	200,29	208,30	,09%	1,06	200,29	212,92	,09%	Comp. Baldrame x Larg. Viga x 5cm de esp.	
3.6	73990/1	ARMAÇÃO ACO CA-50 P/1,0M3 DE CONCRETO	UN	5,95	525,14	3.121,95	,38%	5,95	525,14	3.121,99	,38%	Volume baldrame	
3.7	74106/1	IMPERMEABILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS ENTERRADAS, COM TINTA ASFALTICA, DUAS DEMAOS.	M2	97,76	8,96	875,91	,39%	100,71	8,96	902,36	,40%	Comp. Baldrame x (2*Prof. + largura)	
4		SUPRAESTRUTURA				36.656,95	6,25%			36.506,43	6,15%		
4.1	92414	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MENOR OU IGUAL A 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	M2	50,39	96,09	4.842,26	,15%	52,48	96,09	5.042,55	,23%	Perímetro pilar x (altura entre níveis - Altura viga superior)	
4.2	92451	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	M2	119,07	98,91	11.777,41	,22%	115,51	98,91	11.425,18	,05%	Comp. Vigas demais níveis x altura x demais lados	
4.3	92720	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² -	M3	3,18	343,72	1.091,99	,48%	3,18	343,72	1.092,19	,48%	Volume Pilar	

		LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015											
4.4	92723	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	M3	7,61	332,19	2.527,63	,12%	7,61	332,19	2.528,05	,12%	Volume Vigas	
4.5	73990/1	ARMAÇÃO AÇO CA-50 P/1,0M3 DE CONCRETO	UN	10,79	525,14	5.664,16	,51%	10,79	525,14	5.665,11	,51%	Volume Pilar + Volume Vigas	
4.6	74202/2	LAJE PRE-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, C/LAJOTAS E CAP.C/CONC FCK=20MPA, 4CM, INTEREIXO 38CM, C/ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA	M2	160,62	66,95	10.753,50	,77%	160,62	66,95	10.753,35	,76%	Área das lajes + (Perímetro de lajes x 0,15)	
5		PAREDES				18.589,72	,24%			18.568,13	,21%		
5.1	87495	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	61,07	69,18	4.224,82	,87%	63,58	69,18	4.398,48	,95%	Área das paredes < 6m2 Sem Vão	
5.2	87503	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	98,17	59,10	5.801,84	,57%	97,93	59,10	5.787,88	,56%	Área das paredes >= 6m2 Sem Vão	
5.3	87511	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² COM	M2	41,89	77,97	3.266,16	,45%	39,39	77,97	3.071,07	,36%	Área das paredes < 6m2 Com Vão	

		VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014											
5.4	87519	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	81,97	64,62	5.296,90	,35%	82,18	64,62	5.310,70	,35%	Área das paredes >= 6m2 Com Vão	
20		ESQUADRIAS				22.123,77	,81%			24.160,26	0,69%		
20.1	68050	PORTA DE CORRER EM ALUMINIO, COM DUAS FOLHAS PARA VIDRO, INCLUSO VIDRO LISO INCOLOR, FECHADURA E PUXADOR, SEM GUARNICAO/ALIZAR/VISTA	M2	3,36	646,81	2.173,28	,96%	6,72	646,81	4.346,56	,92%	Altura Bruta x Largura Bruta. Obs. CEF orçou uma porta de 160 x 210, e projeto prevê duas;	
20.2	90841	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 60X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	UN	2,00	588,51	1.177,02	,52%	2,00	588,51	1.177,02	,52%	Qtidade de portas	
20.3	90843	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 80X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	UN	8,00	656,35	5.250,80	,33%	8,00	656,35	5.250,80	,32%	Qtidade de portas	
20.4	91304	FECHADURA DE EMBUTIR COM CILINDRO, EXTERNA, COMPLETA, ACABAMENTO PADRÃO POPULAR,	UN	2,00	67,85	135,70	,06%	2,00	67,85	135,70	,06%	Atribuido (Apenas	

		INCLUSO EXECUÇÃO DE FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015											duas portas de 80x210)
20.5	94581	JANELA DE ALUMÍNIO MAXIM-AR, FIXAÇÃO COM ARGAMASSA, COM VIDROS, PADRONIZADA. AF_07/2016	M2	2,94	623,87	1.834,17	,81%	1,44	623,87	898,37	,40%	Altura Bruta x Largura Bruta	
20.6	94585	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER, 4 FOLHAS, FIXAÇÃO COM ARGAMASSA, COM VIDROS, PADRONIZADA. AF_07/2016	M2	19,62	532,66	10.450,78	,63%	21,12	532,66	11.249,78	,98%	Altura Bruta x Largura Bruta	
20.7	73910/8	PORTA DE MADEIRA COMPENSADA LISA PARA PINTURA, 120X210X3,5CM, 2 FOLHAS, INCLUSO ADUELA 2A, ALIZAR 2A E DOBRADICAS	UN	2,00	551,01	1.102,02	,49%	2,00	551,01	1.102,02	,49%	Qtidade de portas	
21		COBERTURA E PROTEÇÕES				30.161,29	3,37%			25.222,42	1,16%		
21.1	55960	IMUNIZACAO DE MADEIRAMENTO PARA COBERTURA UTILIZANDO CUPINICIDA INCOLOR	M2	128,89	4,72	608,36	,27%	128,89	4,72	608,38	,27%	Área telhado fibrocimento	
21.2	83737	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MANTA ASFALTICA (COM POLIMEROS TIPO APP), E=3 MM	M2	188,54	53,43	10.073,69	,47%	184,71	53,43	9.869,07	,37%	Área de laje x 1,15 (Aproximado . Representa perímetro *0,3m)	
21.3	83742	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM EMULSAO ASFALTICA A BASE D'AGUA	M2	188,54	23,25	4.383,55	,94%	184,71	23,25	4.294,52	,90%	Área de laje x 1,15 (Aproximado . Representa perímetro *0,3m)	
21.4	87755	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS MOLHADAS SOBRE IMPERMEABILIZAÇÃO, ESPESSURA 3CM. AF_06/2014	M2	160,21	36,80	5.895,72	,61%	31,72	36,80	1.167,46	,52%	Área de laje - Área de Telhado (Obs. CEF orçou contrapiso inclusive sob telhado)	
21.5	92543	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA	M2	127,47	15,38	1.960,48	,87%	128,89	15,38	1.982,38	,88%	Área telhado fibrocimento	

		OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_12/2015										
21.6	94207	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MAIOR QUE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_06/2016	M2	127,47	31,39	4.001,28	,77%	128,89	31,39	4.045,96	,79%	Área telhado fibrocimento
21.7	94223	CUMEEIRA PARA TELHA DE FIBROCIMENTO ONDULADA E = 6 MM, INCLUSO ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO E IÇAMENTO. AF_06/2016	M	12,18	39,91	486,10	,22%	12,01	39,91	479,12	,21%	Comprimento parede equivalente
21.8	94227	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 33 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_06/2016	M	30,66	31,50	965,79	,43%	30,57	31,50	962,96	,43%	Comprimento paredes adjacentes
21.9	94450	RUFO EM FIBROCIMENTO PARA TELHA ONDULADA E = 6 MM, ABA DE 26 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_06/2016	M	37,41	47,75	1.786,32	,79%	37,96	47,75	1.812,59	,80%	Comprimento paredes adjacentes
22		REVESTIMENTOS INTERNOS				15.392,67	,82%			15.438,08	,83%	
22.1	87264	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 20X20 CM APLICADAS EM AMBIENTES DE ÁREA MENOR QUE 5 M² NA ALTURA INTEIRA DAS PAREDES. AF_06/2014	M2	58,78	46,33	2.723,27	,21%	63,07	46,33	2.922,14	,29%	Seleção manual: Banheiros e Copa; Área <5m²
22.2	87265	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 20X20 CM APLICADAS EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 5 M² NA ALTURA INTEIRA DAS PAREDES. AF_06/2014	M2	19,94	40,13	800,19	,35%	15,65	40,13	627,84	,28%	Seleção manual: Banheiros e Copa; Área entre 5 e 10m²

22.3	87545	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA MENOR QUE 5M2, ESPESSURA DE 10MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M2	58,78	19,89	1.169,13	,52%	63,07	19,89	1.254,51	,55%	Seleção manual: Banheiros e Copa; Área <5m²
22.4	87547	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 10MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M2	240,71	16,88	4.063,18	,80%	240,74	16,88	4.063,74	,80%	Seleção manual: Demais ambientes
22.5	87549	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA ENTRE 5M2 E 10M2, ESPESSURA DE 10MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M2	19,94	15,80	315,05	,14%	15,65	15,80	247,20	,11%	Seleção manual: Banheiros e Copa; Área entre 5 e 10m²
22.6	87874	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA TRAÇO 1:4 E EMULSÃO POLIMÉRICA (ADESIVO) COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M2	319,41	3,71	1.185,01	,53%	319,46	3,71	1.185,20	,52%	Seleção manual: Todos os ambientes
22.7	88485	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM PAREDES, UMA DEMÃO. AF_06/2014	M2	240,71	1,88	452,53	,20%	240,74	1,88	452,60	,20%	Seleção manual: Demais ambientes
22.8	88489	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_06/2014	M2	240,72	10,61	2.554,03	,13%	240,74	10,61	2.554,28	,13%	Seleção manual: Demais ambientes

22.9	88495	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM PAREDES, UMA DEMÃO. AF_06/2014	M2	240,71	8,85	2.130,28	,94%	240,74	8,85	2.130,58	,94%	Seleção manual: Demais ambientes
30		PAVIMENTAÇÃO				13.926,43	,17%			17.198,66	,61%	
30.1	68053	FORNECIMENTO/INSTALACAO LONA PLASTICA PRETA, PARA IMPERMEABILIZACAO, ESPESSURA 150 MICRAS.	M2	148,78	5,65	840,60	,37%	148,66	5,65	839,94	,37%	Área do Lastro de Concreto / Brita
30.2	84161	SOLEIRA DE MARMORE BRANCO, LARGURA 15CM, ESPESSURA 3CM, ASSENTADA SOBRE ARGAMASSA TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA)	M	13,20	66,08	872,25	,39%	13,20	66,08	872,26	,39%	Largura das portas
30.3	87246	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 35X35 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA MENOR QUE 5 M2. AF_06/2014	M2	22,08	39,81	879,00	,39%	21,63	39,81	861,00	,38%	Área de forro < 5m²
30.4	87247	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 35X35 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA ENTRE 5 M2 E 10 M2. AF_06/2014	M2	10,81	34,32	370,99	,16%	5,05	34,32	173,28	,08%	Área de forro entre 5 e 10m²
30.5	87248	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 35X35 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 10 M2. AF_06/2014	M2	121,56	29,76	3.617,62	,60%	125,69	29,76	3.740,63	,65%	Área de forro > 10m²
30.6	87640	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 4CM. AF_06/2014	M2	117,87	35,44	4.177,31	,85%	110,08	35,44	3.901,39	,73%	Área de forro + (Perímetro de forro x 1,5cm)
30.7	87745	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS MOLHADAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 3CM. AF_06/2014	M2	41,90	39,52	1.655,88	,73%	45,16	39,52	1.784,83	,79%	Área de forro + (Perímetro de forro x 1,5cm)

30.8	88648	RODAPÉ CERÂMICO DE 7CM DE ALTURA COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 35X35CM. AF_06/2014	M	118,14	4,66	550,53	,24%	118,33	4,66	551,39	,24%	Perímetro de forro dos ambientes secos (Contrapiso 4cm)
30.9	94107	LASTRO COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MANUAL, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M3	4,46	180,49	805,52	,36%	7,43	180,49	1.341,61	,59%	Área do Lastro de Concreto / Brita x 0,05m. Obs. Possivelmente incorreto, pois $148,66 \times 0,05 = 7,43m^2$
30.10	95241	LASTRO DE CONCRETO, E = 5 CM, PREPARO MECÂNICO, INCLUSOS LANÇAMENTO E ADENSAMENTO. AF_07_2016	M2	7,44	21,07	156,73	,07%	148,66	21,07	3.132,32	,39%	Área do Lastro de Concreto / Brita. (Obs. Possivelmente CEF usou quantidade do item anterior)
31		INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS	E			19.398,40	,60%			19.398,44	,58%	
32		INSTALAÇÕES SANITÁRIAS				7.217,52	,20%			7.217,58	,19%	
33		INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS				4.674,17	,07%			4.674,19	,07%	
34		INSTALAÇÕES DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO				227,60	,10%			227,60	,10%	
35		LOUÇAS E METAIS				3.509,27	,56%			3.509,27	,55%	
37		COMPLEMENTAÇÕES				456,20	,20%			456,21	,20%	
38		REVESTIMENTOS EXTERNOS				19.033,48	,44%			18.721,20	,28%	
38.1	87775	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS	M2	93,07	41,24	3.838,20	,70%	86,47	41,24	3.566,04	,58%	Reve. Ext. com Vão

		DE FACHADA COM PRESENÇA DE VÃOS, ESPESSURA DE 25 MM. AF_06/2014											
38.2	87792	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS CEGOS DE FACHADA (SEM PRESENÇA DE VÃOS), ESPESSURA DE 25 MM. AF_06/2014	M2	250,27	26,41	6.609,63	,93%	252,71	26,41	6.673,98	,95%	Reve. Ext. sem Vão	
38.3	87889	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (SEM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA TRAÇO 1:4 E EMULSÃO POLIMÉRICA (ADESIVO) COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M2	254,48	4,89	1.244,40	,55%	252,71	4,89	1.235,74	,55%	Reve. Ext. sem Vão	
38.4	87900	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (COM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA TRAÇO 1:4 E EMULSÃO POLIMÉRICA (ADESIVO) COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M2	88,93	5,93	527,35	,23%	86,47	5,93	512,77	,23%	Reve. Ext. com Vão	
38.5	88415	APLICAÇÃO MANUAL DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM PAREDES EXTERNAS DE CASAS. AF_06/2014	M2	343,27	2,20	755,19	,33%	339,18	2,20	746,19	,33%	Reve. Externo	
38.6	88431	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA TEXTURIZADA ACRÍLICA EM PAREDES EXTERNAS DE CASAS, DUAS CORES. AF_06/2014	M2	343,27	17,65	6.058,71	,69%	339,18	17,65	5.986,48	,65%	Reve. Externo	
39		REVESTIMENTOS DE TETO				8.470,96	,76%			8.872,19	,92%		
39.1	87882	CHAPISCO APLICADO NO TETO, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA TRAÇO 1:4 E EMULSÃO POLIMÉRICA (ADESIVO) COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M2	141,94	3,62	513,82	,23%	148,66	3,62	538,16	,24%	Área do Lastro de Concreto / Brita	

39.2	88484	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM TETO, UMA DEMÃO. AF_06/2014	M2	141,94	2,22	315,10	,14%	148,66	2,22	330,03	,15%	Área do Lastro de Concreto Brita
39.3	88488	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM TETO, DUAS DEMÃOS. AF_06/2014	M2	141,94	12,16	1.725,99	,77%	148,66	12,16	1.807,74	,80%	Área do Lastro de Concreto Brita
39.4	88494	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM TETO, UMA DEMÃO. AF_06/2014	M2	141,94	16,25	2.306,52	,02%	148,66	16,25	2.415,77	,07%	Área do Lastro de Concreto Brita
39.5	90408	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM TETO, ESPESSURA DE 10MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_03/2015	M2	141,94	25,43	3.609,53	,60%	148,66	25,43	3.780,49	,67%	Área do Lastro de Concreto Brita
40		VERGAS/CONTRAVERGAS/PEITORIS				3.991,38	,77%			3.898,02	,72%	
40.1	84088	PEITORIL EM MARMORE BRANCO, LARGURA DE 15CM, ASSENTADO COM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA MÉDIA), PREPARO MANUAL DA ARGAMASSA	M	21,25	91,83	1.951,38	,87%	22,25	91,83	2.043,22	,90%	Largura da abertura + (2x20cm), exceto Janelas Basculante / Maximiar
40.2	93182	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	9,00	23,73	213,57	,09%	9,80	23,73	232,55	,10%	Largura da abertura + (2x20cm)
40.3	93183	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM MAIS DE 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	17,45	30,18	526,64	,23%	17,45	30,18	526,64	,23%	Largura da abertura + (2x20cm)
40.4	93184	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	12,40	18,09	224,31	,10%	14,80	18,09	267,73	,12%	Largura da abertura + (2x20cm)
40.5	93185	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA PORTAS COM MAIS DE 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	4,00	29,65	118,60	,05%	4,00	29,65	118,60	,05%	Largura da abertura + (2x20cm)
40.6	93194	CONTRAVERGA PRÉ-MOLDADA PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	13,80	23,39	322,78	,14%	9,80	23,39	229,22	,10%	Largura da abertura + (2x20cm)

40.7	93195	CONTRAVERGA PRÉ-MOLDADA PARA VÃOS DE MAIS DE 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	23,05	27,51	634,10	,28%	17,45	27,51	480,05	,21%	Largura da abertura + (2x20cm)
41		INSTALAÇÕES HIDRAULICAS				4.424,55	,96%			4.424,57	,96%	
		TOTAL SEM BDI - ONERADO - DATA BASE: JULHO/2017 SC				225.583,81				226.065,49		

