

VINÍCIUS YOSHINORI HONDA

**AVALIAÇÃO DO *SOFTWARE* AUTODESK REVIT 2016 PARA QUANTIFICAÇÃO
POR MEIO DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO**

Guaratinguetá – SP

2016

Vinícius Yoshinori Honda

AVALIAÇÃO DO *SOFTWARE* AUTODESK REVIT 2016 PARA QUANTIFICAÇÃO POR MEIO DA
MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Márcia Regina de Freitas

Guaratinguetá

2016

H771a Honda, Vinícius Yoshinori
Avaliação do software Autodesk Revit 2016 para quantificação por meio da modelagem da informação da construção / Vinícius Yoshinori
Honda – Guaratinguetá , 2016.
108 f. : il.
Bibliografia : f. 106-107

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.
Orientadora: Profª Drª Márcia Regina de Freitas

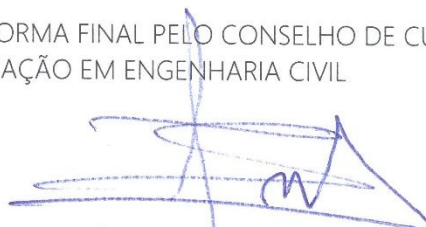
1. Construção civil 2. Projeto auxiliado por computador 3. Processo decisório 4. Desenho tridimensional I. Título

CDU 69

Vinícius Yoshinori Honda

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Prof. Dr. GEORGE DE PAULA BERNARDES
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dra. MÁRCIA REGINA DE FREITAS
Orientadora / UNESP-FEG



Prof. Dr. PAULO VALLADARES SOARES
UNESP-FEG



Prof. Dr. YZUMI TAGUTI
UNESP-FEG

Março de 2016.

Dedico este Trabalho às pessoas que amo incondicionalmente, motivo pelo qual isto foi possível: Meus pais, Denise e Missao, meu tio Juarez e meu irmão Eduardo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Senhor das nossas vidas, porto seguro nos momentos de fraqueza, por todas as bênçãos concedidas.

A toda minha família, pelo apoio ilimitado durante toda minha graduação. A minha avó Yoshiko pela preocupação na realização desse trabalho. À vó Ester pelas orações. À tia Saemi pela ajuda e suporte.

Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Márcia Regina de Freitas, pela inspiração e estímulo ao tema estudado e por todo suporte e incentivo para a realização desse trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Civil, docentes e técnicos, pela formação acadêmica de excelência que me permite conferir grau como Engenheiro Civil.

À minha família, República Arrancabaço, pelos longos anos vividos intensamente que me conferiram uma formação tão importante quanto a que tive dentro das salas de aula. Foi uma honra fazer parte dos 26 anos de existência dessa República e por contribuir na formação de várias gerações de bixos.

Aos grandes amigos que fiz ao longo do curso, pelas incontáveis noites de estudo, pelos churrascos e festas que contribuíram para continuar nessa caminhada. Em especial, aos amigos da República Palace II que, além de parceiros de faculdade, hoje são parceiros profissionais.

Ao Centro Acadêmico da Engenharia Civil pelos anos de trabalho e experiência adquiridos e compartilhados.

Aos Professores Enos Arneiro e Yzumi Taguti, que além da formação acadêmica proporcionaram uma formação humana.

Aos amigos e diretores da DOX Planejamento, Gestão e Desenvolvimento Imobiliário, pela oportunidade oferecida. Notadamente, o Eng. Eduardo Scarpinelli por acreditar em meu trabalho e ao Alexandre Abdala pelo suporte e motivação, meus sinceros agradecimentos.

"Até aqui nos ajudou o Senhor"

I Samuel 7:12

HONDA, V. Y. *Avaliação do software Autodesk Revit 2016 para quantificação por meio da modelagem da informação da construção*. 2016. 110 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

A elaboração de orçamentos de obra de forma rápida e precisa é um desafio encontrado pelas empresas do setor. O processo de orçamentação é realizado a partir dos levantamentos de quantitativos e esse processo de quantificação, historicamente, feito a partir da análise do projeto, escopo de trabalho e do conjunto de informações de projeto contidos em desenhos CAD 2D, arquivos de textos e planilhas eletrônicas. Esse método, em muitos casos, apresenta-se falho, influenciando na tomada de decisão de gestores, uma vez que está estritamente atrelado à gestão de custos e de tempo. Neste cenário, este trabalho pretende fazer uma análise crítica do processo de extração de quantitativos convencional, a partir da quantificação por meio de projetos 2D e com o uso do *software* Autodesk Revit 2016, que utiliza os conceitos de modelagem da informação da construção para extração automatizada de quantitativos do modelo 3D de construção. Constata-se que o processo de modelagem 3D deve estar alinhado com os objetivos de orçamentação. O uso de programas de tecnologia BIM proporciona inúmeros benefícios em relação aos processos tradicionais de quantificação, representando ganhos em produtividade, transparência e assertividade.

PALAVRAS-CHAVE: Levantamento de quantitativos. *Building Information Modeling*. BIM 5D.

HONDA, V. Y. Autodesk Revit 2016 software evaluation to quantity takeoff through building information modeling. 2016. 110 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

The building budgeting quickly and accurately is a challenge faced by the companies in the sector. The cost estimation process is performed from the quantity takeoff and this process of quantification, historically, through the analysis of the project, scope of work and project information contained in 2D design, text files and spreadsheets. This method, in many cases, present itself flawed, influencing the making management decisions, once it is closely coupled to time and cost management. In this scenario, this work intends to make a critical analysis of conventional process of quantity takeoff, from the quantification through 2D designs, and with the use of the software Autodesk Revit 2016, which uses the concepts of building information modeling for automated quantity takeoff of 3D model construction. It is noted that the 3D modeling process should be aligned with the goals of budgeting. The use of BIM technology programs provides several benefits compared to traditional quantity takeoff process, representing gains in productivity, transparency and assertiveness.

KEYWORDS: Quantity takeoff. Building Information Modeling. BIM 5D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de vida do empreendimento	32
Figura 2 – Apresenta uma modelagem 4D no <i>software</i> Naviswork da Autodesk.....	34
Figura 3 – Disposição dos ícones na tela do programa Revit 2016.....	50
Figura 4 – Famílias pré-carregadas disponíveis no Revit 2016	51
Figura 5 – Tipos de paredes da família de paredes arquitetônicas	52
Figura 6 – Tipos de paredes criadas pelo autor	52
Figura 7 – Ícone para geração de tabelas de quantitativos no Revit 2016	53
Figura 8 – Criando tipo de parede arquitetônica.....	55
Figura 9 – Configuração no navegador de materiais	56
Figura 10 – Composição das camadas internas de piso.....	57
Figura 11 – Lista de elementos criados na família de portas.....	57
Figura 12 – Inclusão do material concreto usinado no projeto	58
Figura 13 – Tipos de lajes criadas para o projeto.....	59
Figura 14 – Propriedades do tubo de cobre classe A	61
Figura 15 – Importação do projeto 2D a modelagem no Revit.....	62
Figura 16 – Propriedades do duto	63
Figura 17 – Arquitetura modelada – Vista fachada norte	64
Figura 18 – Arquitetura modelada – Vista Fachada sul.....	65
Figura 19 – Arquitetura modelada – Vista superior com forro oculto.....	65
Figura 20 – Arquitetura modelada – Vista superior com forro oculto.....	65
Figura 21 – Modelagem de paredes de alvenaria e <i>drywall</i>	66
Figura 22 – Forro de gesso e modular.....	67
Figura 23 – Pisos no modelo 3D.....	68

Figura 24 – Portas inseridas no modelo 3D	69
Figura 25 – Modelagem da superestrutura	69
Figura 26 - Instalações hidráulica de água fria e quente.....	71
Figura 27 – Instalações hidráulica de água fria e quente e parte da arquitetura.....	71
Figura 28 – Instalações de água fria	72
Figura 29 – Modelo de instalações hidráulicas de água quente	73
Figura 30 – Modelo 3D de instalações de gases medicinais – Sistema isolado.....	75
Figura 31 – Modelagem de gases medicinais – Com arquitetura.....	75
Figura 32 – Modelagem da instalação de oxigênio	76
Figura 33 – Modelagem do sistema de vácuo	77
Figura 34 – Modelagem do sistema de ar comprimido.....	78
Figura 35 – Modelagem da climatização do pavimento – Apenas sistema de climatização.....	80
Figura 36 – Modelo 3D de climatização – Com arquitetura parcial do pavimento.....	80
Figura 37 – Modelagem do sistema de admissão de ar externo	81
Figura 38 – Modelagem 3D do sistema de exaustão de ar	82
Figura 39 – Modelagem do sistema de retorno de ar	84
Figura 40 – Sistema de insuflamento modelado no Revit 2016	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – OmniClass – Relação de tabelas.....	25
Quadro 2 – Sistema de classificação UniFormat.....	27
Quadro 3 – LOD em virtude do uso do BIM.....	31
Quadro 4 – Principais softwares baseados no conceito BIM.....	43
Quadro 5 – Disciplinas de projeto do empreendimento.....	47
Quadro 6 – Disciplinas consideradas na modelagem 3D.....	48
Quadro 7 – Disciplinas e sistemas contemplados na modelagem.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantitativos de alvenarias e vedações extraídas do Revit 2016.....	66
Tabela 2 – Quantitativo de forro	67
Tabela 3 – Quantitativo de piso extraído do programa Revit	68
Tabela 4 – Quantitativo de portas extraído do modelo.....	68
Tabela 5 – Quantitativo de superestrutura extraído do Revit.....	70
Tabela 6 – Quantitativo de água fria	72
Tabela 7 – Quantitativos de instalações de água quente.....	74
Tabela 8 – Quantitativos de instalações gases medicinais – oxigênio.....	76
Tabela 9 – Quantitativo da instalação de gases medicinais – Sistema de vácuo.....	77
Tabela 10 – Quantitativo do sistema de ar comprimido de gases medicinais.....	78
Tabela 11 – Quantitativo do sistema de admissão e ar externo.....	81
Tabela 12 – Quantitativo do sistema de exaustão de ar.....	81
Tabela 13 – Quantitativos do sistema de retorno de ar	83
Tabela 14 – Extração de quantitativos do sistema de insuflamento de ar	84
Tabela 15 – Quantitativo dos materiais para rede hidráulica de climatização.....	86
Tabela 16 – Quantitativo de arquitetura pelo método tradicional.....	87
Tabela 17 – Quantitativo de superestrutura.....	89
Tabela 18 – Quantitativo de água fria realizado atualizando o projeto CAD.....	89
Tabela 19 – Quantitativo de água quente realizado pelo método usual de orçamentação.....	90
Tabela 20 – Quantitativos do sistema de gases medicinais realizado pelo método tradicional.....	91
Tabela 21 – Levantamento de quantitativo de climatização elaborado pela construtora.....	92
Tabela 22 – Comparação dos quantitativos de arquitetura.....	93
Tabela 23 – Comparação dos quantitativos de superestrutura	95

Tabela 24 – Comparação entre os quantitativos de água fria	97
Tabela 25 – Comparação entre os quantitativos de água quente.....	98
Tabela 26 – Comparação entre quantitativo de gases medicinais	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRASIP	Associação Brasileira de Sistemas Prediais
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BDS	<i>Building Description System</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CEE	Comissão de Estudo Especial
CSC	<i>Construction Specifications Canada</i>
CSI	<i>Construction Specifications Institute</i>
FM	<i>Facilities Management</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LOD	<i>Level of Detail</i> ou <i>Level of Development</i>
NIBS	<i>National Institute of Building Sciences</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1	BIM – <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i>	19
2.1.1	Breve histórico do BIM.....	19
2.1.2	Conceitos BIM.....	20
2.1.3	Modelagem paramétrica.....	21
2.1.4	Interoperabilidade.....	22
2.1.4.1	O IFC – <i>Industry Foundation Classes</i>	23
2.1.5	Sistemas de classificação da informação.....	23
2.1.5.1	Sistema de Classificação <i>OmniClass</i>	24
2.1.5.2	Sistema de Classificação UniFormat.....	25
2.1.5.3	Sistema de Classificação MasterFormat.....	28
2.1.5.4	Sistema brasileiro de classificação – ABNT NBR 15965.....	29
2.1.6	LOD – Level of detail.....	30
2.1.7	Usos de BIM.....	32
2.1.7.1	BIM 3D.....	33
2.1.7.2	BIM 4D.....	33
2.1.7.3	BIM 5D.....	37
2.1.7.4	BIM 6D.....	39
2.1.8	Estágios de adoção BIM.....	40
2.1.8.1	Pré-BIM – Estágio zero.....	40
2.1.8.2	Modelagem – Estágio um.....	40
2.1.8.3	Estágio dois.....	41

2.1.8.4	Integração – Estágio três	41
2.1.8.5	IPD – Estágio quatro	41
2.2	SOFTWARES DE MODELAGEM.....	42
2.2.1	Autodesk Revit Architecture	43
2.3	MÉTODO CONVENCIONAL DE ORÇAMENTAÇÃO	44
3	EMPREENHIMENTO USADO PARA ESTUDO DE CASO	46
3.1	PROJETO PARA MODELAGEM 3D.....	46
3.2	DESCRIÇÃO DO EMPREENHIMENTO	46
3.3	DOCUMENTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	47
3.4	PROJETOS CONSIDERADOS PARA MODELAGEM 3D.....	48
4	MODELAGEM 3D.....	49
4.1	<i>SOFTWARE</i> AUTODESK REVIT 2016.....	49
4.1.2	Visão geral do Revit 2016	49
4.1.2	“Famílias” do Revit.....	50
4.1.3	Tabelas de quantitativos.....	53
4.1.4	Exportação do arquivo Revit.....	53
4.2	MODELAGEM DA ARQUITETURA	54
4.2.1	Inserção de níveis	54
4.2.2	Inserção de paredes e revestimentos.....	55
4.2.3	Inserção de pisos.....	56
4.2.4	Inserção de portas.....	57
4.3	MODELAGEM DA ESTRUTURA	58
4.3.1	Inserção de pilares e vigas.....	58
4.3.2	Inserção de lajes	59
4.4	MODELAGEM DAS INSTALAÇÕES.....	59

4.4.1	Modelagem de Hidráulica	60
4.4.2	Modelagem dos Gases Medicinais	61
4.4.3	Modelagem de Climatização	61
5	EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS.....	64
5.1	EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS ATRAVÉS DO REVIT 2016.....	64
5.1.1	Quantitativo de arquitetura	64
5.1.1.1	Quantitativo de alvenarias e vedações.....	66
5.1.1.2	Quantitativo de forros	66
5.1.1.3	Quantitativo de pisos.....	67
5.1.1.4	Quantitativo de portas	68
5.1.2	Quantitativo de superestrutura	69
5.1.3	Quantitativo de hidráulica.....	71
5.1.3.1	Quantitativo de água fria.....	72
5.1.3.2	Quantitativo de água quente	73
5.1.4	Quantitativo de gases medicinais	74
5.1.4.1	Quantitativo de gás medicinal - Oxigênio.....	76
5.1.4.2	Quantitativo de gás medicinal - Vácuo.....	77
5.1.4.3	Quantitativo de gás medicinal – Ar comprimido.....	78
5.1.5	Quantitativo de climatização.....	79
5.1.5.1	Quantitativo do sistema de admissão de ar externo.....	80
5.1.5.2	Quantitativo do sistema de exaustão de ar.....	81
5.1.5.3	Quantitativo do sistema de retorno de ar	83
5.1.5.4	Quantitativo do sistema de insuflamento de ar	84
5.1.5.5	Quantitativo do sistema hidráulico de água para climatização.....	85
5.2	EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS PELO MÉTODO TRADICIONAL.....	87

5.2.1	Quantitativo de Arquitetura.....	87
5.2.2	Quantitativo de Superestrutura	88
5.2.2	Quantitativo de hidráulica	89
5.2.3	Quantitativo de Gases Medicinais.....	91
5.2.4	Quantitativo de climatização.....	92
5.3	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	93
5.3.1	Arquitetura.....	93
5.3.2	Superestrutura	95
5.3.3	Hidráulica	96
5.3.4	Gases medicinais.....	100
5.3.5	Climatização.....	101
6	CONCLUSÃO.....	103
	REFERÊNCIAS.....	106
	ANEXO I.....	108

1 INTRODUÇÃO

O levantamento de quantitativos de uma edificação tem influência em diferentes fases do ciclo de vida do empreendimento. Nas fases iniciais de concepção do projeto, o levantamento de quantidades é realizado para se obter as estimativas de custos que embasam o estudo de viabilidade do empreendimento. Na fase de concorrência de obra, seus dados apoiam tanto o orçamento do empreendimento, quanto a elaboração do planejamento e definição da duração da obra. Já na fase de execução, o quantitativo é importante para a gestão de custos da obra e gerenciamento do projeto, fornecendo indicadores de custos, prazo e produtividade.

Convencionalmente, a elaboração dos quantitativos de obra é feita a partir da leitura e interpretação da documentação da obra, contida nos projetos e memoriais descritivos das diversas disciplinas de construção e segundo o escopo definido. Através do projeto em duas dimensões, impresso ou digital, o orçamentista mede todos os elementos do projeto, identificando-os por código e agrupando-os em uma tabela. Esse processo manual é susceptível a equívocos como a interpretação pessoal do orçamentista e a negligência de quantificar itens e serviços, devido à descentralização das informações, sendo necessária a consulta a diversos projetos CAD, arquivos de texto e planilhas eletrônicas. Essa atividade também tem impacto na elaboração do cronograma de execução da obra. Normalmente o prazo de elaboração de orçamentos é enxuto e deve ter início rápido, não permitindo o detalhamento de quantidades conforme o ataque dos serviços pela obra, resultando em cronogramas com baixo nível de detalhes.

Com a proposta de revolucionar os métodos e processos da cadeia da indústria da Construção Civil, o BIM – *Building Information Modeling* -, ou Modelagem da Informação da Construção, destaca-se com seu grande potencial. Essa tecnologia possibilita realizar diversos tipos de análises antes, durante e após a construção do empreendimento, atuando ao longo de toda vida da construção. O modelo BIM criado é um banco de dados repleto de informações de construção, onde quaisquer informações relacionadas ao edifício podem ser criadas ou extraídas (SANTOS et al., 2014).

Com base no modelo de construção criado, onde seus elementos não são apenas representações geométricas, mas contém informações de composição, montagem, manutenção e operação, podem ser realizadas análises para gestão do tempo (BIM 4D), gestão de custos (BIM 5D)

e gestão de uso e operação (BIM 6D). A fim de avaliar a integração entre o modelo e a gestão de custos, através da extração de quantitativos do modelo gerado, com este trabalho procurou-se analisar essa integração e os benefícios e dificuldades no processo.

O foco do presente trabalho foi examinar, por meio do método comparativo, o processo de levantamento de quantitativos por ferramentas manuais e o processo automatizado, aplicando os conceitos da tecnologia BIM, focando nas limitações do uso de uma ferramenta disponível no mercado, o Autodesk Revit 2016, para extração de tabela de quantidades. Para tanto, inicialmente foi desenvolvida uma revisão bibliográfica dos assuntos tratados nesse trabalho. Em seguida, escolheu-se um empreendimento em construção, uma obra hospitalar localizada na cidade de São Paulo, na qual foram utilizados processos convencionais de projeto e orçamentação, baseado em projetos CAD 2D. A partir do conhecimento da obra e dos projetos foram desenvolvidos os modelos BIM das disciplinas de estrutura de concreto, arquitetura, hidráulica, gases medicinais e climatização no *software* Autodesk Revit 2016. Após a modelagem das disciplinas de projeto, utilizou o mesmo *software*, o Revit, para extração automatizada de tabelas de quantitativos. Os quantitativos extraídos de forma manual realizados pela construtora da obra, com uso de desenhos em plataforma CAD 2D, foram comparados com os gerados pelo programa BIM e, completando, analisou-se as limitações que surgiram no processo e qual a natureza da limitação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIM – *BUILDING INFORMATION MODELING*

Voltado para a indústria da construção civil, o BIM (*Building Information Modeling*) ou Modelagem da Informação da Construção é uma tecnologia que envolve, fundamentalmente, a criação de modelos virtuais de empreendimentos baseados nas informações de construção. O modelo digital gerado é inteligente, pois é capaz de parametrizar todas as informações e elementos de um empreendimento antes da fase de construção. Os conceitos principais do BIM é a modelagem 3D paramétrica, o processo colaborativo de criação e a interoperabilidade. Além das vantagens do processo integrado na fase de projeto e execução, do modelo BIM é possível extrair informações para fins de operação e manutenção ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

2.1.1 Breve histórico do BIM

Segundo Eastman et al. (2014), o professor do Instituto de Tecnologia da Georgia, Charles M. Eastman, juntamente com uma equipe de estudiosos criaram em 1974 o conceito BDS (*Building Description System*) ou Sistema de Descrição da Construção. Esse sistema incluía conceitos BIM como derivar seções, planos, isométricos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos. E ainda, afirmava que qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos, sendo assim, todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes. Neste mesmo trabalho, Eastman discorre sobre análise de quantitativo que poderia ser feita através da descrição dos objetos, permitindo a elaboração de estimativas de custo ou quantidades. Esses e outros conceitos abordados pelo professor Eastman em 1975, são a essência do BIM.

O termo *Building Information Modeling* com o sentido usado atualmente, foi abordado em meados da década de 80 num artigo de autoria de Robert Aish. Neste artigo, Robert Aish abordou os conceitos conhecidos como BIM à modelagem tridimensional, à geração automática de desenhos, componentes paramétricos, os bancos de dados relacionais e à descrição temporal das fases do processo construtivo (AISH, 1986).

2.1.2 Conceitos BIM

Para M. A. Mortenson Company (EASTMAN et al., 2014, p. 13), BIM é uma simulação inteligente da arquitetura. Essa simulação deve conter seis características principais:

- Digital;
- Espacial (3D);
- Mensurável (quantificável, dimensionável e consultável);
- Abrangente (incorporando e comunicando a intenção de projeto, o desempenho da construção, a construtibilidade, e incluir aspectos sequenciais e financeiros de meios e métodos);
- Acessível (a toda a equipe do empreendimento e ao proprietário por meio de uma interface interoperável e intuitiva);
- Durável (utilizável ao longo de todas as fases da vida de uma edificação).

Nos modelos BIM, os objetos não são apenas elementos gráficos (linhas, circunferências, arcos ou curvas) como num modelo 3D convencional, mas uma representação do que se pretende executar como paredes, portas, janelas, pisos do edifício e outros elementos. Ademais, cada elemento pode agregar uma gama de informações e detalhes que podem ser utilizada por outros aplicativos, como os de estimativa de custo, simulações de segurança (estrutura e contra incêndio), de habitabilidade (estanqueidade, desempenho térmico, acústico e lumínico) e de sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental).

Segundo Nederveen, Beheshti e Gielingh¹(2010 apud MANZIONE, 2013, p. 56), BIM é um modelo de informação sobre um edifício que compreende informação completa e suficiente para dar suporte aos processos do ciclo de vida do edifício, e que pode ser interpretado diretamente por aplicativos de computador. Essa tecnologia integra informações sobre o edifício e seus

¹ NEDERVEEN, S.; BEHESHTI, R.; GIELINGH, W. **Modeling concepts for BIM. Building information modeling and construction informatics – concepts and technologies.** New York: Information Science Reference, 2010 apud MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** 2013. 325 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

componentes, e contém informações sobre propriedades como funções, formas, materiais e processos.

O *National Institute of Building Sciences* (NIBS) descreve o BIM em três níveis:

- BIM como produto: Refere-se a um modelo da edificação;
- BIM como ferramenta: Refere-se às aplicações que interpretam o modelo da edificação e agregam a ele informações e representações;
- BIM como processo: Refere-se às atividades desenvolvidas durante todo o ciclo de vida da edificação.

2.1.3 Modelagem paramétrica

O conceito de modelagem paramétrica, e como consequência seus objetos paramétricos, é fundamental para a compreensão da tecnologia BIM e a diferenciação dos objetos 2D tradicionais. Um objeto é definido como paramétrico quando possui um conjunto de regras que definem seu comportamento e o seus relacionamentos entre os componentes do modelo.

Ayres (2009) discorre sobre dois tipos de parâmetros: parâmetros que armazenam informações sobre a forma dos elementos – posição, dimensões ou transformações geométricas – e parâmetros que armazenam características funcionais dos elementos – materiais, especificações, requisitos legais, procedimento de montagem, preço, fabricante etc.

Segundo Eastman et al. (2014), objetos paramétricos são definidos da seguinte maneira:

- Consistem em definições geométricas e dados e regras associados.
- A geometria é integrada de maneira não redundante e não permite inconsistências. Quando um objeto é mostrado em 3D, a forma não pode ser representada internamente de maneira redundante, por exemplo, como múltiplas vistas 2D. Uma planta e uma elevação de dado objeto devem sempre ser consistentes. As dimensões não podem ser “falsas”.

- As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente as geometrias associadas quando inseridas em um modelo de construção, ou quando modificações são feitas em objetos associados. Por exemplo, uma porta se ajusta imediatamente a uma parede, um interruptor se localizará automaticamente próximo ao lado certo da porta, uma parede automaticamente se redimensionará para se juntar a um teto ou telhado etc.
- Os objetos podem ser definidos em diferentes níveis de agregação, então podemos definir uma parede, assim como seus respectivos componentes. Os objetos podem ser definidos e gerenciados em qualquer número de níveis hierárquicos. Por exemplo, se o peso de um subcomponente de uma parede muda, o peso de toda parede também deve mudar.
- As regras dos objetos podem identificar quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto no que diz respeito a: tamanho, construtibilidade etc.
- Os objetos têm a habilidade de vincular-se a ou receber, divulgar ou exportar conjuntos de atributos, por exemplo, materiais estruturais, dados acústicos, dados de energia etc. para outras aplicações e modelos.

2.1.4 Interoperabilidade

Em BIM, interoperabilidade é a capacidade de transmissão de dados entre os diferentes aplicativos, partilha de informações, assim como a capacidade desses aplicativos processarem essas informações e trabalharem de forma integrada. A interoperabilidade dos aplicativos é muito importante posto que o BIM abrange desde a fase de viabilidade do empreendimento até seu uso e operação. Assim sendo, a troca de informações entre as fases do empreendimento pelos diversos aplicativos exige um padrão que possa ser reconhecido por todos esses.

Durante todo ciclo de vida do empreendimento, cada especialista utiliza diferentes aplicativos computacionais no desenvolver de sua atividade, e as informações geradas precisam ser intercambiáveis, ou seja, outros aplicativos utilizados pelos demais especialistas devem reconhecer as informações recebidas. A interoperabilidade elimina o retrabalho de replicar dados de projeto que já tenham sido gerados e facilita, de forma automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos durante o processo de projeto (RUSCHEL, 2009).

2.1.4.1 O IFC – *Industry Foundation Classes*

O *Industry Foundation Classes*, IFC, é uma especificação da norma ISO desenvolvido pela buildingSMART, em linguagem EXPRESS, e define uma estrutura de como todos os objetos e suas propriedades podem ser definidos dentro de um projeto de engenharia civil. O IFC é um modelo de dados de tradução, em formato não proprietário. Ele, porém, não padroniza as estruturas de dados em aplicações de software, restringindo-se apenas à padronização das informações compartilhadas.

O IFC é definido pela buildingSMART como um esquema de dados que torna possível conter dados e trocar informações entre diferentes aplicativos para BIM. O esquema IFC é extensível e compreende informações cobrindo as muitas disciplinas que contribuem para um empreendimento durante seu ciclo de vida. As implementações de troca em IFC devem seguir o que se entende por “requisitos de troca” que especificam a informação que precisa estar presente em uma troca de dados, em determinado estágio de um projeto (MANZIONE, 2013). O uso do IFC para troca e o compartilhamento de informações entre softwares baseados na tecnologia BIM é o modo mais adequado para que se possa abrir e examinar tais dados, sem necessitar dos softwares nativos usados por cada integrante do projeto.

2.1.5 Sistemas de classificação da informação

Segundo Lopes (2003), um sistema se propõe a ordenar e hierarquizar o objeto de estudo, dividindo por classes e/ou princípios de especialização, agrupando-o de forma coerente e de fácil entendimento e, evitando por parte do interlocutor desse objeto de estudo, interpretações dúbias.

Diversos sistemas de classificação da informação foram desenvolvidos para auxiliar os processos da construção civil e, principalmente, do BIM. A importância de um sistema de classificação em BIM é que todos os objetos de um edifício se vinculem de modo a facilitar a interoperabilidade.

2.1.5.1 Sistema de Classificação *OmniClass*

Resumidamente, a OmniClass é um padrão de toda a informação para a construção. Ela classifica todo o ambiente construído, bem como é projetado para fornecer uma base padronizada para classificar informações durante todo ciclo de vida da edificação, desde a concepção até a demolição ou reutilização, e abrangendo todos os diferentes tipos de construção que compõem o ambiente construído.

Esse sistema de classificação tem como base a norma ISO 12006 (2007) que está disponível no catálogo da ABNT com o nome ABNT NBR ISO 12006-2 – Construção de edificação: Organização de informação da construção - Parte–2: Estrutura para classificação de informação.

A OmniClass é utilizada na organização de bibliotecas e arquivos, para preparação de informações de projeto, comunicação e troca de informações, informações de custo, informação de especificação, e outras informações que são geradas ao longo do ciclo de vida da construção. Segundo Pereira (2013), os principais contributos e pontos de interesse são:

- Possui padrão aberto e extensível a toda indústria de engenharia;
- Aberto à participação no setor, permitindo a troca de informação entre os intervenientes;
- Aberto a qualquer pessoa ou organização;
- Focado nas práticas e convenções norte-americanas, mas, ainda assim, compatível com outros sistemas internacionais;
- Os sistemas existentes, as referências e materiais de pesquisa são considerados no desenvolvimento da sua formulação.

Outras vantagens para AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), conforme elencados por Amorim e Silva (2010), são:

- Auxilia o gerenciamento do projeto – especialmente custos e suprimentos;
- Facilita a comunicação entre os diversos sistemas do setor construtivo – interoperabilidade;
- Facilita os comparativos entre as bases conceituais de sistemas estrangeiros distintos – intercambialidade;

- Para o desenvolvimento do BIM, os autores relacionam vantagens nos seguintes processos de trabalho: orçamentação; controle de custos; colaboração; especificação; controle do desenvolvimento do empreendimento; e rastreabilidade.

Esse sistema mescla informações e conceitos de outros sistemas de classificação para composição de suas tabelas: o MasterFormat, para classificar os resultados do trabalho, o Unifomat para classificar os sistemas e componentes de um edifício e o EPIC para os produtos.

A OmniClass é formada por 15 tabelas hierárquicas, onde cada uma apresenta um aspecto diferente da informação na construção e seu uso pode ser independente ou combinado com informações de outras tabelas para assuntos de maior complexidade. O Quadro 1 apresenta a relação de tabelas desse sistema de classificação.

Quadro 1 – OmniClass – Relação de tabelas

SÉRIE	TABELA	DESCRIÇÃO
10	11	Entidades de construção pela função
	12	Entidades de construção pela forma
	13	Espaços pela função
	14	Espaços pela forma
20	21	Elemento
	22	Resultados do trabalho
	23	Produtos
30	31	Fases
	32	Serviços
	33	Disciplinas
	34	Funções organizacionais
	35	Ferramentas e equipamentos
40	41	Materiais
	49	Propriedades

Fontes: (OmniClass, 2006; CSI, 2012 apud Manzione, 2013).

2.1.5.2 Sistema de Classificação UniFormat

O UniFormat é um sistema de classificação desenvolvido pela instituição canadense CSC – *Construction Specifications Canada* e pela instituição americana CSI - *Construction Specifications Institute* e tem função de complementar outro sistema de classificação, o MasterFormat. De acordo com Pereira (2013), o UniFormat é um sistema que tem como objetivo estruturar as informações de construção com base nas partes físicas de uma edificação, denominada de sistemas e construções,

cuja caracterização é feita pela sua função, mas sem identificar os produtos que os compõem.

As regras para classificação das partes de construção são as seguintes:

- A classificação aplica-se a qualquer tipo de construção, embora seja concebido para edifícios comerciais;
- Permite o detalhe específico necessário para descrever edifícios complexos;
- Separa a classificação dos elementos de construção, a partir da classificação de trabalhos de construção e trabalhos de preparação da construção, como estaleiro e trabalhos preliminares.

Embora fosse desenvolvido para estimativas de fase de projeto é aplicável a todas as fases do ciclo de vida, que são:

- Estimativas de planeamento;
- Especificações de desempenho;
- Programa de requisitos técnicos;
- Descrição de programas preliminares;
- Cronogramas de construção;
- Relatórios de análise do ciclo de vida;
- Organização de engenharia, design e informações de custo para bases de dados;
- Organização e manutenção do ciclo de vida de dados de custos.

Esse sistema de classificação organiza-se em níveis:

- Nível 1: Compreende os maiores grupos de elementos do edifício;
- Nível 2: Detalha o nível 1 em grupos menores;
- Nível 3: Apresenta o nível de cada um dos elementos individuais do edifício.

O Quadro 2 apresenta a classificação UniFormat.

Quadro 2 – Sistema de classificação UniFormat

NÍVEL 1		NÍVEL 2		NÍVEL 3			
		Grupos de elementos		Elementos individuais			
A	Infraestrutura	A10	Fundações	A1010	Fundações comuns		
				A1020	Fundações especiais		
				A1030	Lajes inclinadas		
		A20	Construção do subsolo	A2010	Escavação de subsolo		
A2020	Paredes cortina de subsolo						
B	Envoltória	B10	Superestrutura	B1010	Construção do piso		
				B1020	Construção de cobertura		
		B20	Fechamento externo	B2010	Paredes externas		
				B2020	Janelas externas		
				B2030	Portas externas		
		B30	Cobertura	B3010	Acabamentos da cobertura		
				B3020	Aberturas da cobertura		
		C	Interiores	C10	Construções internas	C1010	Vedações
						C1020	Portas internas
C1030	Acessórios						
C2010	Construção de escada						
C2020	Acabamentos da escada						
C3010	Acabamentos de paredes						
C3020	Acabamentos de piso						
C3030	Acabamentos de forro						
D	Serviços	D10	Transporte	D1010	Elevadores		
				D1020	Escadas rolantes		
				D2010	Fixação de tubulações		
		D20	Sistemas Hidráulicos	D2020	Distribuição doméstica de água		
				D2030	Esgoto sanitário		
				D2040	Drenagem de águas pluviais		
				D2090	Outros sistemas hidráulicos		
				D3010	Suprimento de energia		
		D30	Sistemas de Climatização	D3020	Sistemas de geração de calor		
				D3030	Sistemas de refrigeração		
				D3040	Sistemas de distribuição		
				D3050	Terminais		
				D3060	Controles e instrumentação		
				D3070	Testes e balanceamento		
				D3090	Outros sistemas		
		D40	Proteção contra incêndio	D4010	Sprinklers		
				D4020	Tubulações		
				D4030	Sistemas especiais de proteção		
				D4090	Outros sistemas		
		D50	Sistemas elétricos	D5010	Distribuição elétrica		
				D5020	Iluminação e cabeamento		
				D5030	Comunicações e segurança		
				D5090	Outros sistemas		
E1010	Equipamentos comerciais						
E	Equipamentos e mobiliário	E10	Equipamentos	E1020	Equipamentos institucionais		
				E1030	Equipamentos de veículos		
				E1090	Outros equipamentos		
				E2010	Mobiliários fixos		
		E20	Mobiliário				

				E2020	Mobiliários removíveis
F	Construção especial e Demolições	F10	Construção especial	F1010	Estruturas especiais
				F1020	Construções integradas
				F1030	Sistemas de construções especiais
				F1040	Sistemas de instalações especiais
				F1050	Controles especiais e instrumentação
		F20	Demolição seletiva	F2010	Demolição de elementos do edifício
F2020	Demolição de elementos perigosos				
G	Canteiro de obras	G10	Preparação do canteiro	G1010	Limpeza do terreno
				G1020	Demolições
				G1030	Terraplenagem
				G1040	Remoção de resíduos perigosos
		G20	Melhorias do canteiro	G2010	Acessos
				G2020	Estacionamento
				G2030	Acessos para pedestres
				G2040	Desenvolvimento do canteiro
				G2050	Paisagismo
		G30	Utilidades civis e mecânicas	G3010	Suprimento e distribuição de água
				G3020	Sistemas de esgoto sanitário
				G3030	Captação de águas de chuva
				G3040	Distribuição de aquecimento
				G3050	Distribuição de resfriamento
				G3060	Distribuição de combustível
				G3090	Outras utilidades
		G40	Utilidades elétricas do canteiro	G4010	Distribuição elétrica
				G4020	Iluminação do canteiro
				G4030	Comunicações e segurança
				G4090	Outras utilidades elétricas
G50	Outras construções	G5010	Túneis		
		G5090	Outros sistemas e equipamentos		

Fonte: (Adaptado de ASTM E1557, 2005).

2.1.5.3 Sistema de Classificação MasterFormat

O MasterFormat é um sistema para ser utilizado na organização de informações sobre os requisitos de construção, padronizando a codificação de recursos, produtos e atividades de construção. Apresenta estruturação de informação semelhante ao UniFormat e, de acordo com Pereira (2013), apresenta as seguintes vantagens:

- Facilitar a comunicação entre arquitetos, especificadores, prestadores de serviço e fornecedores;
- Organizar manuais de projeto, informações de custo detalhado e outras informações e especificações em fases posteriores de projeto.

A classificação MasterFormat possui 43 divisões que estão divididas em 4 sub-grupos: construção, instalações, locação de obra e infraestrutura e equipamentos.

2.1.5.4 Sistema brasileiro de classificação – ABNT NBR 15965

Em desenvolvimento desde 2009, a Norma Brasileira de classificação ABNT NBR 15965 – Sistema de classificação da informação da construção – estabelece, por meio de 13 tabelas, termos padronizados e codificados para serem utilizados em projetos e estudos de viabilidade de uma construção. O objetivo é possibilitar o uso do BIM de forma confiável e sem perda de informações entre as diversas fases de planejamento e execução. É uma iniciativa para garantir que um usuário envolvido numa fase inicial de um empreendimento, ao utilizar os termos com a padronização estabelecida pela norma, passe informações perfeitamente entendíveis aos usuários envolvidos nas fases posteriores. A norma pode ser aplicada por toda cadeia da construção civil, desde o setor de edificações até o setor industrial.

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15965 está sendo desenvolvida pela Comissão de Estudo Especial 134 (CEE-134) de Modelagem da Informação da Construção, e congrega diversos profissionais ligados a AEC – pesquisadores de Universidades, empresários da construção, arquitetos, engenheiros e representantes de empresas.

A NBR 15965 será dividida em sete partes, conforme elencadas abaixo:

- Parte 1: Terminologia e estrutura;
- Parte 2: Características dos objetos da construção;
- Parte 3: Processos da construção;
- Parte 4: Recursos da construção;
- Parte 5: Resultados da construção;
- Parte 6: Unidades da construção;
- Parte 7: Informação da construção.

2.1.6 LOD – Level of detail

Um dos conceitos mais importantes de BIM é o *Level of Detail* ou *Level of Development* - LOD - (nível de detalhe ou nível de desenvolvimento). LOD é a quantidade de informação e pormenorização fornecida pelo autor do projeto e varia conforme a fase do projeto. A definição do nível de detalhamento das informações do modelo deve ser feita no estágio inicial da modelagem, dependendo da finalidade e dos resultados do modelo virtual.

O conceito de LOD foi desenvolvido pela AIA – *American Institute of Architects* em 2008 e foi incorporado em um documento conhecido como *BIM Protocol Exhibit* (2008), que formaliza o processo de desenvolvimento e os usos do BIM.

Os níveis de detalhes do modelo são representados em uma escala que varia em cinco graus, que vão desde o modelo de concepção até o modelo "*As-built*". Os níveis são:

- LOD 100 – Modelo conceitual;
- LOD 200 – Modelo de geometria aproximada;
- LOD 300 – Modelo de geometria mais precisa;
- LOD 400 – Modelo de execução ou fabricação;
- LOD 500 – Obra concluída – *As-built*.

O AIA elaborou diretrizes (Quadro 3) para os diversos LOD em virtude de alguns usos do BIM para projeto e outros usos associados, como planejamento, custos, cumprimento de escopo, entre outros.

Quadro 3 – LOD em virtude do uso do BIM

NÍVEIS	CONTEÚDO DO MODELO	PROJETO E COORDENAÇÃO	USOS RECOMENDADOS				
			PLANEJAMENTO	ESTIMATIVA DE CUSTOS	CUMPRIMENTO DE ESCOPO	MATERIAIS SUSTENTÁVEIS	ANÁLISES E SIMULAÇÕES
LOD 100	Modelo Conceitual	Estudos de massa, volumes, zonas, modelados em 3 dimensões ou representados por outros dados	Duração global da obra. Macro-planejamento. Fases e maiores elementos.	Custos estimados: exemplo de R\$/m ² de construção, R\$/leitos hospitalares, R\$/quartos de hotel	Áreas brutas dos diversos setores	Estratégias para atendimento requisitos para certificações.	Estratégia e critérios de desempenho baseado em áreas e volumes
LOD 200	Modelo de geometria aproximada	Os elementos são modelados de forma genérica e aproximadas de suas dimensões, peso, quantidades, orientações e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.	Escala de tempo, apresentação ordenada dos elementos principais.	Custo estimado baseado em dimensões de elementos genéricos como paredes, lajes, etc.	Requisitos específicos de cada um dos ambientes	Quantidades aproximadas de materiais organizados pelas categorias das certificações sustentáveis.	Projeto conceitual baseado na geometria aproximada e predefinições de sistemas.
LOD 300	Modelo de geometria mais precisa	Os elementos são modelados de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.	Apresentação ordenada pelo tempo das atividades principais e conjuntos detalhados.	Custos baseados em dimensões precisas e especificações completas e detalhadas.	Casos específicos, instalações e conexões.	Quantidades precisas de materiais com a porcentagem de materiais reciclados	Simulação aproximada baseada em sistemas projetados
LOD 400	Modelo de fabricação / execução	Os elementos são modelados com o objetivo de montagem, de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização contendo o detalhamento completo de fabricação e montagem. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.	Fabricação e detalhes de modelagem, incluindo meios e métodos de construção (gruas, elevadores, escoramentos, etc)	Preços confirmados em propostas de fornecedores		Seleção dos fornecedores específicos	Simulação precisa baseada nas especificações do fabricante e em detalhes dos componentes dos sistemas.
LOD 500	Obra concluída - As-built	Os elementos são modelados conforme construídos com informações precisas e exatas das dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.		Custos realizados		Documentação das compras e especificações.	Comissionamento e registro dos resultados obtidos.

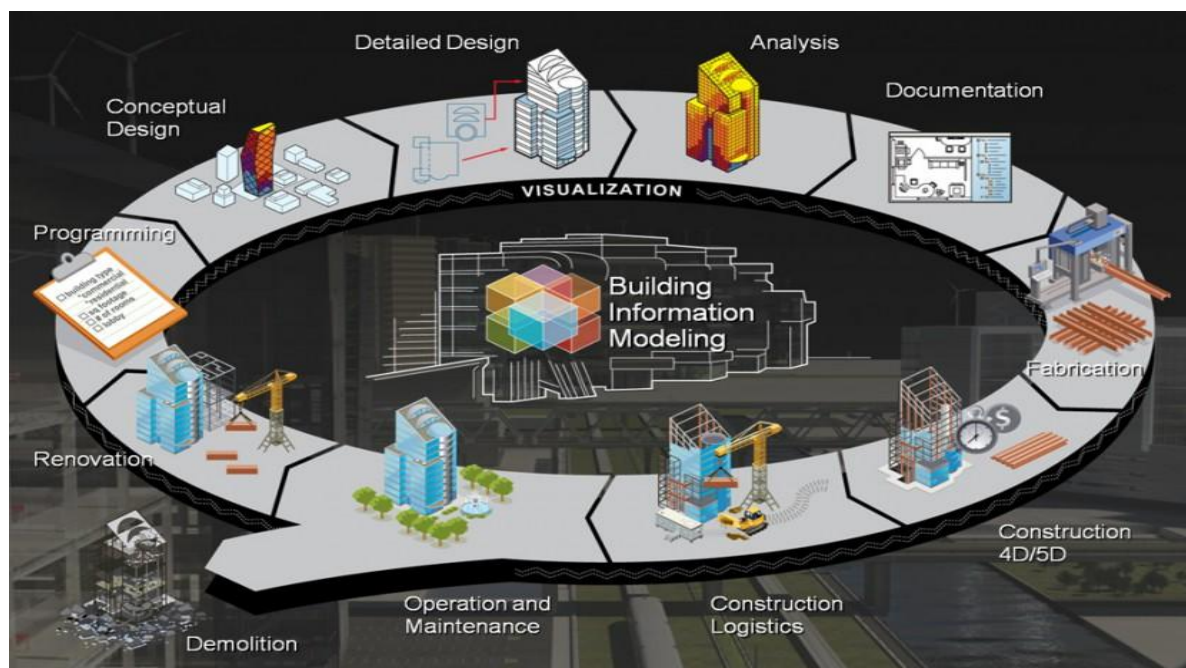
Fonte: Autoria própria.

2.1.7 Usos de BIM

A aplicação da tecnologia BIM pressupõe a consistência e a qualidade da informação durante todo ciclo de vida do empreendimento. Devido à parametrização das informações de um empreendimento de construção civil, todos os desenhos, relatórios e informações podem ser extraídos de forma consistente, pois são provenientes de uma representação única da construção, cuja informação é inserida apenas uma vez evitando redundâncias (EASTMAN et al., 2010).

A tecnologia BIM integra diversos membros da cadeia produtiva da construção civil e exige que esse processo interdependente seja colaborativo. A Figura 1 exibe o ciclo de vida de um empreendimento, desde a fase de concepção até operação e manutenção. O modelo paramétrico 3D tem o papel de unificar todas as informações do empreendimento ao longo do seu ciclo de vida.

Figura 1 – Ciclo de vida do empreendimento



Fonte: (AUTODESK, 2011 apud BARBOSA, 2014).

2.1.7.1 BIM 3D

O BIM 3D consiste na consolidação dos projetos da obra em um mesmo ambiente virtual, em três dimensões e com todos os elementos necessários para sua caracterização e posicionamento espacial. O modelo 3D vai além de uma representação geométrica, como seria o caso de uma maquete eletrônica, sendo composto de objetos inteligentes. Esses objetos são considerados inteligentes, pois possuem informações que o definem como: dimensões, modelo, fabricante, composição, desempenho térmico, desempenho acústico, entre outras.

A execução do modelo 3D é fundamental para outras etapas, como o planejamento da obra, execução de orçamentos ou mesmo simulações de desempenho. É preciso definir, no início do processo, para qual finalidade se destina o modelo virtual e, concomitantemente, o nível de detalhamento (LOD) que será dado aos elementos do modelo. A modelagem será em função do seu uso e, muitas vezes, é necessário ser executada integrando-se com profissionais envolvidos em etapas posteriores (como para o planejamento ou orçamentação).

Dentre as vantagens que os profissionais da AEC podem obter com o BIM 3D, pode-se destacar:

- Visualização 3D;
- Detecção de conflitos;
- Compatibilização de projetos;
- Coordenação de projetos;
- Documentação.

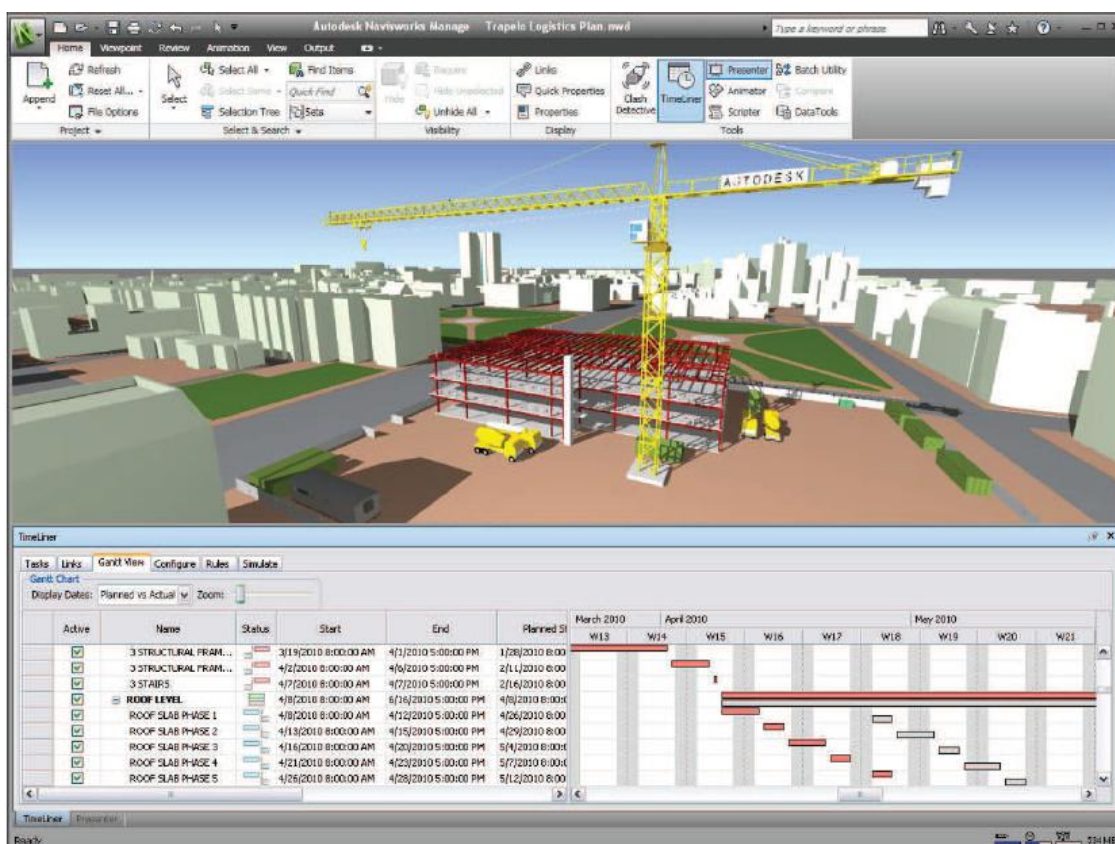
2.1.7.2 BIM 4D

O BIM 4D é a associação do prazo ao modelo geométrico 3D. Em termos de construção, a modelagem 4D é o planejamento das atividades, ou seja, além do objeto conter informações de geometria, as informações relativas ao cronograma e duração da atividade são incorporados ao elemento. Dessa maneira, é possível visualizar o processo de construção e evolução do empreendimento no tempo. De acordo com Barbosa (2014), a modelagem 4D permite a simulação

e avaliação do projeto de construção, em que os resultados são filmes ou simulações virtuais do cronograma de construção.

O modelo 4D auxilia projetistas, engenheiros e equipes de execução de obras na análise, visualização do projeto e programação das etapas de execução, subsidiando a tomada de decisões. Permite também ao cliente averiguar o andamento da obra, comparando o que foi executado e qual deveria ser a evolução da obra através do modelo virtual, que foi planejado pela equipe técnica. A Figura 2 ilustra a modelagem 4D, a integração do cronograma de execução ao modelo 3D.

Figura 2 – Apresenta uma modelagem 4D no *software* Naviswork da Autodesk



Fonte: (Barbosa, 2014).

Na elaboração do modelo BIM voltado para o planejamento da obra, a equipe técnica de execução deve informar a estratégia de construção. Se a obra for dividida em etapas ou, por exemplo, a execução da estrutura for em etapas, a modelagem deverá ser em concordância, permitindo associar o objeto à atividade.

Conforme Eastman et al. (2014), há várias questões e orientações que os projetistas tem que considerar no desenvolvimento do modelo virtual 4D, que são:

- **Âmbito do Modelo:**

O âmbito do modelo desempenha um papel importante na concepção do projeto. Se o modelo é desenvolvido apenas para a entrega de proposta, este terá uma duração de curto espaço de tempo. O nível de detalhe apropriado para o modelo depende do solicitado pelo cliente. Se o objetivo do modelo é ser utilizado durante toda a execução do projeto, este deve ser detalhado de forma a abranger cada passo importante do processo de construção.

- **Nível de Detalhe:**

O nível de detalhe do modelo é diretamente afetado pelo tamanho do projeto, o tempo previsto para a sua construção e pelos detalhes críticos que precisam ser comunicados. O Gestor do Projeto pode utilizar um único objeto para representar várias atividades de construção. Por exemplo, a secção de uma parede simples pode ser utilizada para mostrar a colocação de armadura, forma, concretagem e acabamentos das paredes.

- **Reorganização:**

A ferramenta 4D permite que os profissionais da AEC possam reorganizar ou criar grupos personalizados dos objetos geométricos do modelo. Esta capacidade de reorganizar é uma característica importante para o desenvolvimento de um modelo 4D flexível.

- **Componentes Temporários:**

No modelo de construção, também deve conter as estruturas e atividades temporárias no processo de construção, por exemplo, detalhes de escavação, andaimes, guias e outros recursos que fazem parte da execução. A integração destas estruturas temporárias ajuda aos gestores do projeto a avaliar a segurança e questões de construtibilidade em relação ao espaço para os recursos.

- **Decomposição e agregação:**

Ocasionalmente, alguns elementos modelados não possuem o mesmo nível de detalhamento do cronograma de execução, o que exige a decomposição do objeto

virtual em partes, conforme será executado na obra. Por exemplo, uma laje de grandes dimensões deve ser dividida em secções menores para que seja representada a concretagem por fases. Este é um problema comum que os profissionais encontram no desenvolvimento do 4D. A maioria dos softwares voltados para o 4D fornecem essa funcionalidade com limitações, sendo necessário recorrer a uma ferramenta de modelagem 3D.

- **Propriedades de agendamento:**

O modelo 4D utiliza muitas vezes o início e fim mais cedo para simular o processo de construção. No entanto, podem ser exploradas outras datas para ver o efeito na simulação.

Benefícios do BIM 4D

Em relação aos métodos tradicionais de planejamento e controle de obras, o modelo 4D oferece aos profissionais da AEC vários benefícios que, segundo Eastman et al. (2014), pode-se destacar:

- **Comunicação:**

Os profissionais da AEC podem comunicar visualmente o plano de construção definido para a empreitada com todas as partes interessadas do projeto. Também favorece a comunicação entre o cliente e os profissionais da obra na fase do planejamento. Os detalhes do projeto e como será sua execução é mais claramente entendido e ilustrado através das simulações no modelo.

- **Melhor visualização dos trabalhos a executar:**

Proporciona uma melhor visualização dos trabalhos de construção em relação aos desenhos e documentos em 2D. Permite aos profissionais da AEC detectar conflitos entre as várias especialidades durante o processo de planeamento de obra (TARAR, 2012).

- **Plano de trabalhos mais preciso e detalhado:**

Possibilita aos executores a elaboração do plano de trabalhos com maior precisão e detalhamento. Com os métodos tradicionais, como o diagrama de *Gantt* ou de rede

PERT-CPM, a visualização é precária e algumas atividades podem ser omitidas. Ao simular no modelo 4D o planejamento de execução, permite avaliar a viabilidade deste plano, a programação das equipes e dos equipamentos (como guias e elevadores de carga), resultando em economia no tempo de projeto e custo de construção.

- **Replanejamento:**

Além de auxiliar no planejamento da obra, as alterações de cronograma são mais facilmente inseridas no modelo e simuladas para avaliar possíveis impactos no prazo final da obra.

- **Análise de utilização dos espaços:**

O modelo virtual 4D fornece a visualização do canteiro de obras e a simulação dos diferentes *layout* do canteiro ao longo das diversas etapas de construção, auxiliando na melhor disposição dos elementos no canteiro, melhorando o fluxo de pessoas, equipamentos e materiais.

Limitações do BIM 4D

No entanto, apesar dos benefícios apresentados anteriormente, o BIM 4D possui limitações quanto às atividades que ocorrem fora do canteiro e que são incluídas no cronograma. Trabalhos de pré-fabricação de elementos como estruturas de concreto e esquadrias de fachada, que normalmente são gargalos de obra, não podem ser visualizados no modelo de construção.

A modelagem 4D é um grande desafio para os profissionais da AEC por exigir, ainda na fase de projeto do modelo, a integração dos profissionais da fase de execução. Nos modelos de obra mais comumente realizados no Brasil, na fase de projeto ainda não se tem definição da equipe de execução, pois essa etapa é base para a concorrência de obra a qual definirá quem a executará. Além disso, é fundamental a participação de profissionais qualificados e com visão ampla da obra para montar, junto à equipe de modelagem, o planejamento da obra.

2.1.7.3 BIM 5D

A elaboração de orçamento de obra no Brasil ainda é feita de forma manual e com muita

imprecisão, principalmente nos sistemas de instalações prediais. Isso gera custos extras a obra e, às vezes, impacta o prazo global da obra. A falta de informações no projeto e a quantidade de itens a serem levantados manualmente, exigem da equipe de orçamentação, um grande esforço, experiência e tempo para elaboração do orçamento.

No início do projeto, na fase de estudo de viabilidade do modelo BIM pode-se extrair informações para estimativas de custo, mesmo que o modelo possua informações preliminares e baixo nível de detalhamento, por exemplo, LOD 100 ou 200. À medida que o projeto avança, informações são incorporadas ao modelo e refinadas, o orçamento extraído fica cada vez mais próximo ao orçamento da fase de execução.

O BIM facilita muito nesse processo, pois o seu conceito de agregar informações ao produto resulta em um grande banco de dados de elementos da obra. O processo de orçamentação através da extração de quantitativos do modelo é automático e preciso. Contudo, as tecnologias baseadas em BIM só conseguem essa geração automática e precisa desde que as informações sejam agregadas ao modelo pelos projetistas.

Benefícios do BIM 5D

Os benefícios que o BIM 5D oferece aos profissionais da AEC vão além da extração de quantitativos para orçamentação. Os benefícios são apresentados a seguir:

- **Rapidez na extração das informações**

Independentemente da fase do projeto, o levantamento de quantitativos é rápido e preciso. Uma vez especificado no projeto e incorporado essas informações aos objetos do modelo, é possível obter automaticamente uma relação de quantitativos.

- **Precisão das informações**

O levantamento de quantitativos é mais preciso se comparados aos métodos tradicionais. Devido à dificuldade do levantamento de quantitativos pelo método tradicional – que será abordado mais a frente -, a tecnologia BIM permite a extração das informações de forma mais confiável.

- **Análise particionada**

As tecnologias BIM permitem filtrar a extração das informações conforme o usuário deseja analisar. É possível extrair informações de elementos por disciplina de projeto,

por tipo, por pavimento e outros – por exemplo, extrair apenas quantitativo dos equipamentos tipo *fan coil* do sistema de climatização no 1º pavimento da torre A.

- **Análise dos impactos gerados por alterações no projeto**

Quando existem alterações no projeto, o modelo é atualizado automaticamente e possibilita analisar o impacto nos custos de construção.

- **Controle de custos**

Além da extração de quantitativos, é possível extrair o orçamento de obra do modelo, pois a tecnologia permite ao usuário informar os custos atrelados a execução do serviço relacionado ao objeto do modelo.

- **Projeção de cenários**

O BIM 5D possibilita aos usuários a simulação de cenários de construção e seus impactos no custo do empreendimento, subsidiando a tomada de decisões.

2.1.7.4 BIM 6D

A metodologia BIM envolve todo o ciclo de vida da edificação, não apenas objetivando a fase de projeto e construção, mas também a fase de operação e manutenção do edifício. A gestão pós-construção é o foco do BIM 6D, também conhecido como a dimensão de *Facilities Management*.

O BIM 6D consiste em um modelo onde, além dos atributos geométricos, atributo não geométricos são inseridos ao modelo. Ele retrata o empreendimento assim como construído, funcionando como um banco de dados com diversas informações, tais como: todos os dados sobre os equipamentos instalados, manuais de operação e manutenção do edifício e dos ativos, garantias, fotografias, contatos e informações sobre os seus fornecedores, custos de substituição, etc. (RODAS, 2014).

A modelagem, quando elaborada rigorosamente como foi executado o edifício, permite ao gestor do empreendimento apoiar-se nela para a tomada de decisões de forma organizada e eficiente para manter e gerir o edifício.

Os proprietários e gestores de edifícios comerciais, hospitais, aeroportos, indústrias,

shopping centers e, até mesmo, de obras públicas como escolas e metrô têm enxergado o valor no modelo 6D e exigido que seus projetos sejam elaborados em plataformas BIM. É importante ressaltar que a fase de uso do edifício é a mais onerosa. Uma edificação com um ciclo de vida de 50 anos, cerca de 20 a 30% do custo total está relacionado à fase de projeto e construção, o restante, entre 80 e 70% é o custo com operação e manutenção.

2.1.8 Estágios de adoção BIM

Alguns autores dividem o processo de adoção da tecnologia BIM em fases, pois o processo de amadurecimento por empresas e profissionais da AEC é de longo prazo. Succar (2009) desenvolveu um modelo de maturidade com parâmetros para qualificar o estágio de adoção da tecnologia BIM. A seguir são definidas as etapas de adoção BIM, conforme Succar (2009).

2.1.8.1 Pré-BIM – Estágio zero

Succar (2009) define este estágio como desarticulado, baseado em desenhos CAD 2D, com algumas visualizações 3D. Não há integração entre os diversos documentos e as atividades entre os profissionais não são colaborativas.

É característica deste estágio o baixo investimento em tecnologia da informação e quase ausência de interoperabilidade.

2.1.8.2 Modelagem – Estágio um

Caracteriza-se pela substituição do desenvolvimento de projetos em CAD 2D por modelos 3D parametrizados. É o estágio inicial da implementação BIM. Os produtos comumente gerados por esses modelos são a criação automática de desenhos, análises e detecção de conflitos, compatibilização de projetos, visualização 3D e geração de tabelas simples de quantitativos.

O desenvolvimento do modelo é um processo individualizado com o foco em produtividade e na geração acelerada de documentos. A comunicação entre os profissionais é deficiente e sem sincronia.

2.1.8.3 Estágio dois

Neste estágio os profissionais adquiriram habilidade na modelagem e iniciam o processo de colaboração com outras disciplinas, através da troca de arquivos em formatos proprietários ou exportações em IFC.

O processo é colaborativo, envolvendo uma ou duas fases do ciclo de vida do edifício, como: troca “projeto-projeto” entre modelos de arquitetura e hidráulica, troca “projeto-construção” entre modelos de estrutura e modelos para execução de estrutura de concreto e troca “projeto-operação” entre modelos de arquitetura e modelos para gestão de utilidades.

2.1.8.4 Integração – Estágio três

No estágio três a implementação do BIM é plena, com modelos gerados ricos em informação e compartilhados e mantidos de forma colaborativa ao longo do ciclo de vida do edifício.

Caracteriza-se pela troca interdisciplinar de modelos, permitindo análises mais complexas do desempenho do edifício. Conforme Succar (2009), do ponto de vista do processo, nesse estágio as trocas síncronas que ocorrem através do modelo BIM ocasionam a superposição de fases do projeto, tendendo a um processo sem fases.

2.1.8.5 IPD – Estágio quatro

O último estágio da adoção BIM é a fase IPD – *Integrated Project Delivery*. Nesta fase, as relações contratuais se alteram e se baseiam na colaboração efetiva por todos os agentes envolvidos. Segundo o *American Institute of Architects* (AIA, 2007), os princípios do IPD são: respeito e confiança mútuos, benefícios mútuos e recompensas, inovação e decisões feitas em conjunto, envolvimento de todos os participantes e definição dos objetivos no princípio do processo, planejamento intenso, comunicação aberta, tecnologia adequada, organização e liderança.

2.2 SOFTWARES DE MODELAGEM

Há algumas décadas, a indústria de software tem desenvolvido programas baseados em conceitos BIM. Com a evolução dos estudos da tecnologia BIM, diversas aplicações tem sido desenvolvidas para dar suporte aos diferentes níveis de modelagem. O *Georgia Institute of Technology*, em Atlanta nos EUA, classifica as ferramentas baseadas nos conceitos BIM da seguinte maneira:

- Ferramentas preliminares:
 - Para planejamento/concepção inicial dos espaços do edifício;
 - Para estudos de massa e esquemas de estudo de viabilidade do edifício;
 - Para análise ambiental preliminar;
 - Para estimativas iniciais de custos.
- Ferramentas de projeto arquitetônico;
- Ferramentas de projeto estrutural;
- Ferramentas BIM de construção;
- Ferramentas para fabricação;
- Ferramentas de análise ambiental;
- Ferramentas de gerenciamento;
- Ferramentas de orçamento;
- Ferramentas de especificação;
- Ferramentas de gerenciamento da operação dos edifícios;
- Ferramentas para projeto de sistemas prediais.

O Quadro 4 apresenta os principais softwares disponíveis no mercado, conforme a disciplina de projeto.

Quadro 4 – Principais softwares baseados no conceito BIM

FASE DO EMPREENDIMENTO	FERRAMENTAS BIM
Projeto Conceitual	Dprofiler - Beck Technologies
BIM 3D	Revit Architecture - Autodesk
	ArchiCAD - Graphisoft
	Vectorworks Architect - Nemetschek
	Bentley Architecture
	Gehry Digital Project
	Tekla Structures - Trimble
	Revit Structure - Autodesk
	CAD/TQS
	Bentley Structural
	ProSteel 3D
	Revit MEP - Autodesk
	ArchiCAD MEP
	Bentley – Building Electrical Systems
	MagiCAD
	DDS-CAD Electrical
Bentley Mechanical Systems	
BIM 4D	Solibri
	Naviswork - Autodesk
	Synchro
BIM 5D	Solibri
	Vico Software
BIM 6D	Bentley Facilities
	ArchiFM
	Rambyg
	Archibus

Fonte: Autoria própria.

2.2.1 Autodesk Revit Architecture

O foco deste trabalho é a modelagem utilizando o software Revit, sendo assim, serão abordadas as principais funcionalidades deste programa.

Considerado completo para o projeto de arquitetura, o Revit Architecture da Autodesk é um dos mais difundidos softwares de modelagem BIM do mercado. Sua difusão e popularização, dentre alguns fatores, é a grande presença da sua desenvolvedora, a empresa Autodesk Inc., no mercado da construção civil. A Autodesk, também proprietária do programa Autocad, software ainda muito utilizado para geração de desenhos digitais, deu ao Revit aparência amigável e seguindo a estrutura de *layout* do Autocad.

As funcionalidades e o escopo de utilização serão abordados nos capítulos seguintes deste trabalho.

2.3 MÉTODO CONVENCIONAL DE ORÇAMENTAÇÃO

Orçamentação de obras é o processo de determinação do orçamento. O orçamento de obra não é exato, mas deve ser o mais preciso possível, pois suas distorções podem acarretar em custos não previstos e impactos no prazo da obra.

Segundo Mattos (2006), a técnica orçamentária convencional envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma grande série de itens, e esse processo requer muita atenção e habilidade técnica. Ainda, segundo o mesmo autor, o processo de orçamentação requer o conhecimento detalhado da obra por parte do orçamentista. Esse profissional deve interpretar com rigor os desenhos, planos e especificações da obra, podendo assim, estabelecer a melhor maneira de atacá-la e realizar cada tarefa, mapeando, portanto, as dificuldades de cada serviço e, conseqüentemente, seus custos de execução.

Para a composição de um orçamento, três etapas básicas devem ser englobadas: condições de contorno, composição de custos e determinação do preço. Dentre essas etapas, a composição de custos é a mais árdua e que dispense mais tempo dos profissionais.

O estudo das condições de contorno é relevante e impacta no orçamento, pois a partir dele são identificados os serviços constantes da obra com suas respectivas quantidades, grau de interferência entre eles, dificuldade de realização das atividades, entre outros. Nessa etapa, o profissional de orçamento passa a compreender o empreendimento pela leitura e interpretação dos diversos projetos a partir das plantas, cortes, vistas, diagramas e detalhes, além dos memoriais descritivos gerados pelos projetistas.

A composição de custos envolve a identificação dos serviços, o levantamento de quantitativos, discriminação de custos diretos e indiretos, cotação de preços e definição dos encargos. Assim, pode-se definir o lucro da empresa e a fixação do BDI – bonificações e despesas indiretas – com o empreendimento. Dentre os itens citados, o levantamento de quantitativos é uma das principais tarefas do orçamentista que deve executar cálculos para quantificação dos materiais que serão empregados na obra.

Os orçamentistas, normalmente, possuem suas próprias técnicas para o levantamento de quantidades de projeto. As técnicas e a experiência do profissional auxiliam nos cálculos das áreas e volumes e a correta interpretação do memorial descritivo, e os detalhes em planta proporcionam um levantamento de quantidades mais preciso. No entanto, apesar desses fatores, o dispêndio de tempo é grande e, muitas vezes, aumenta à medida que o projeto é maior.

3 EMPREENDIMENTO USADO PARA ESTUDO DE CASO

3.1 PROJETO PARA MODELAGEM 3D

Com a finalidade de avaliar as limitações do *software* REVIT para a extração de quantitativos e processo de modelagem, escolheu-se um projeto de engenharia civil no qual foram utilizados métodos tradicionais de projeto e orçamentação. O projeto utilizado para modelagem ainda não estava completamente compatibilizado e a obra já estava em construção, com isso a modelagem não contempla o projeto final, pois alguns ajustes solicitados pela obra foram incorporados ao projeto.

Todo processo de documentação da obra foi realizado com o método tradicional de projeto, ainda muito utilizado no Brasil. Os desenhos foram desenvolvidos em software 2D e as documentações em arquivo de texto.

3.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento analisado trata-se de uma obra hospitalar na cidade de São Paulo com mais de 9.000 m². Esse projeto faz parte de um grande complexo hospitalar e possui a especificidade de ser um centro oncológico de alto padrão. O empreendimento terá quatro subsolos, pavimento térreo e outros dez pavimentos. Os pavimentos não são tipo e cada um terá uma finalidade distinta, o que aumenta a complexidade dos projetos.

Como o objetivo deste trabalho não é a modelagem 3D, mas as limitações do *software* em relação à modelagem e extração de quantitativos do projeto, definiu-se que o estudo será feito em apenas um pavimento para aplicação dos conceitos BIM. O pavimento escolhido tem cerca de 550 m² e seu uso será para internação, sendo apartamentos de internação com cerca de 22 m² e uma área técnica para atendimento dos pacientes e área para recepção.

3.3 DOCUMENTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

A documentação do projeto foi toda elaborada utilizando a metodologia tradicional, ou seja, os projetos foram elaborados em *software* 2D. A grande maioria dos projetistas desse empreendimento utilizaram o *software* Autodesk Autocad. Os memoriais descritivos, tabelas de especificações e controle de projetos também seguiram o método usual, utilizando os *softwares* Microsoft Word e Microsoft Excel.

Todo o projeto do empreendimento está registrado em mais de 12.000 arquivos, sendo mais de 9.100 projetos atuais e cerca de 3.000 arquivos obsoletos. O Quadro 5 exibe a organização dos projetos do empreendimento por disciplinas.

Quadro 5 – Disciplinas de projeto do empreendimento

DISCIPLINAS DE PROJETO	
Estrutura de concreto	
Estrutura metálica	
Acústica	
Arquitetura	Civil
	<i>Layout</i>
	Fachada unitizada
	Forro
	Paginação de piso
	Detalhes de áreas técnicas
	Detalhes de sanitários de funcionários
	Detalhes de mobiliários e bancadas
	Detalhes de marcenaria
	Detalhes de portas e caixilhos
Arquitetura de interiores	Civil
	<i>Layout</i>
	Forro
	Paginação de piso
	Detalhes de mobiliários
	Detalhes de marcenaria
	Comunicação visual
Climatização	Rede de dutos, hidráulica e equipamentos
Elétrica	Sistema de iluminação e tomadas
	Sistema de alimentação, <i>no-break</i> e SPDA
	Sistema de automação predial
Hidráulica	Sistema de esgoto sanitário e ventilação
	Sistema de águas pluviais
	Sistema de água fria

	Sistema de água quente
Instalações mecânicas	Sistema de gases medicinais
	Sistema de gás combustível
Segurança contra incêndio	Sistema de Proteção contra incêndio
Luminotécnica	

Fonte: Autoria própria.

3.4 PROJETOS CONSIDERADOS PARA MODELAGEM 3D

Devido à complexidade do empreendimento e da modelagem foram selecionadas algumas disciplinas e alguns sistemas para modelagem 3D. O Quadro 6 apresenta as disciplinas consideradas e os sistemas.

Quadro 6 – Disciplinas consideradas na modelagem 3D

DISCIPLINAS CONSIDERADAS	
Estrutura de Concreto	Projeto de formas, vigas e pilares
Arquitetura	Projeto civil
Arquitetura de interiores	Projeto de ambientação
Hidráulica	Sistema de água fria
	Sistema de água quente
Climatização	Sistema de admissão de ar externo
	Sistema de exaustão
	Sistema de dutos de insuflamento
	Sistema de dutos de retorno
	Sistema de tubulação de água gelada
	Sistema de água quente
	Equipamentos de climatização
Gases medicinais	Sistema de ar comprimido
	Sistema de oxigênio
	Sistema de vácuo

Fonte: Autoria própria.

4 MODELAGEM 3D

Neste capítulo será descrito o *software* utilizado e o desenvolvimento da modelagem do projeto de um pavimento do empreendimento hospitalar, a partir da documentação 2D. Todo o processo de extração de quantitativos, planejamento de obra ou mesmo uso do modelo para manutenção e operação têm como base a modelagem 3D. Sendo assim, a esta etapa foi dada atenção especial para que a construção virtual realizada não influenciasse nos resultados de quantitativos.

A modelagem foi realizada em três etapas: modelagem da arquitetura, modelagem da estrutura de concreto e modelagem das instalações. Os projetos 2D utilizados foram os apresentados no Quadro 6.

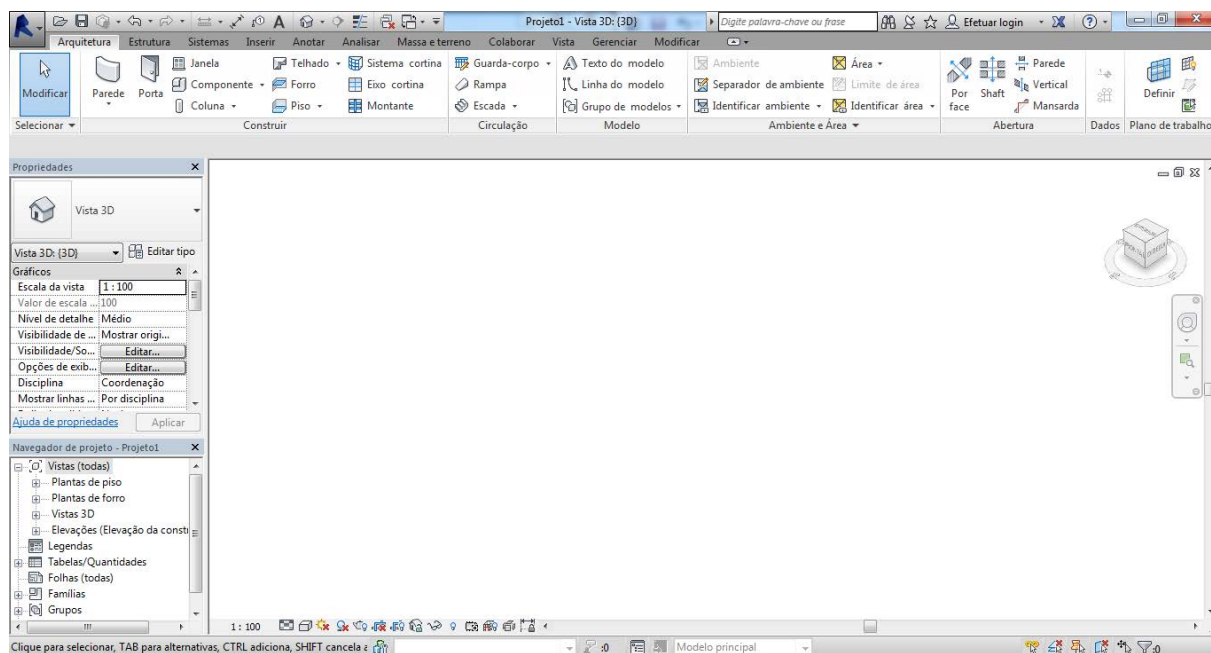
4.1 *SOFTWARE* AUTODESK REVIT 2016

Para a elaboração da modelagem 3D do empreendimento foi utilizado o *software* Autodesk Revit 2016, na sua versão padrão em português brasileiro. O autor utilizou as bibliotecas padrão do programa, além de outras adicionadas que, apesar de disponibilizadas no software, não são automaticamente instaladas.

4.1.2 Visão geral do Revit 2016

O Autodesk Revit 2016 possibilita a modelagem de arquitetura, estruturas e instalações no mesmo ambiente. A disposição dos ícones na tela do programa (Figura 3) é intuitiva, facilitando o fluxo de trabalho. Apesar de algumas funcionalidades do programa ser parecida com outro programa da mesma empresa, o AutoCad, os conceitos envolvidos são diferentes.

Figura 3 – Disposição dos ícones na tela do programa Revit 2016



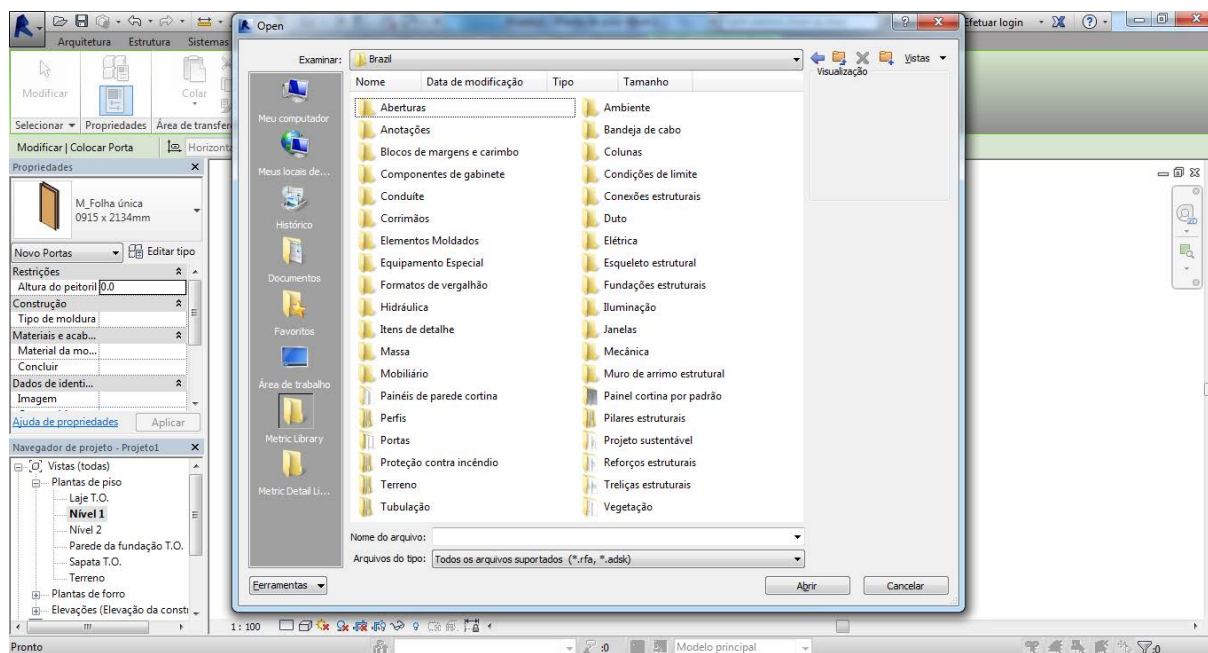
Fonte: Autoria própria.

4.1.2 “Famílias” do Revit

O Revit utiliza o conceito de “famílias” para a organização dos elementos. Uma família é um conjunto de elementos com parâmetros e um objeto gráfico relacionado. As configurações de tabela, elementos anotativos para representação gráfica e configurações de sistema são controlados pelas famílias.

O programa em sua versão padrão já possui algumas famílias instaladas e, nas versões mais atuais, contém pacotes de famílias adaptados aos diversos países onde a Autodesk atua. Na versão 2016 do software, o pacote de instalação em português brasileiro possui um pacote de famílias (Figura 4) com elementos mais comumente utilizados no país. Para aplicar essas famílias no projeto, basta carregá-las.

Figura 4 – Famílias pré-carregadas disponíveis no Revit 2016



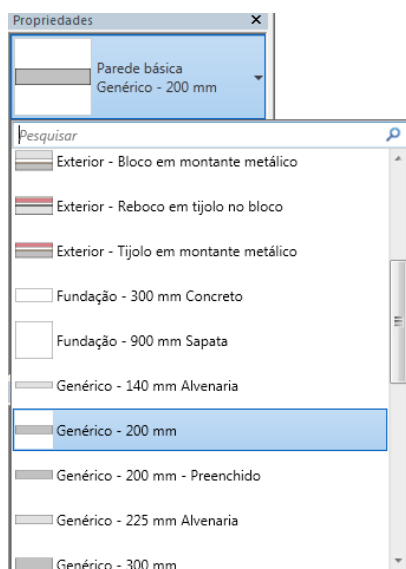
Fonte: Autoria própria.

As famílias contêm parâmetros próprios, relacionados com seu funcionamento, categorização, precificação, a própria forma geométrica e os materiais constituintes, e ainda qualquer outro que o usuário queira atribuir.

Uma família é composta por diversos tipos, que são os elementos ou objetos com finalidades e características comuns. Os tipos são um nível hierárquico abaixo do nível das famílias. Uma família pode se dividir em diversos tipos diferentes, tanto com características compartilhadas, quanto distintas. Os parâmetros podem ser especificados como referentes à família, ou seja, serão compartilhados entre os diversos tipos. O caso seguinte seria um parâmetro referente apenas àquele tipo específico.

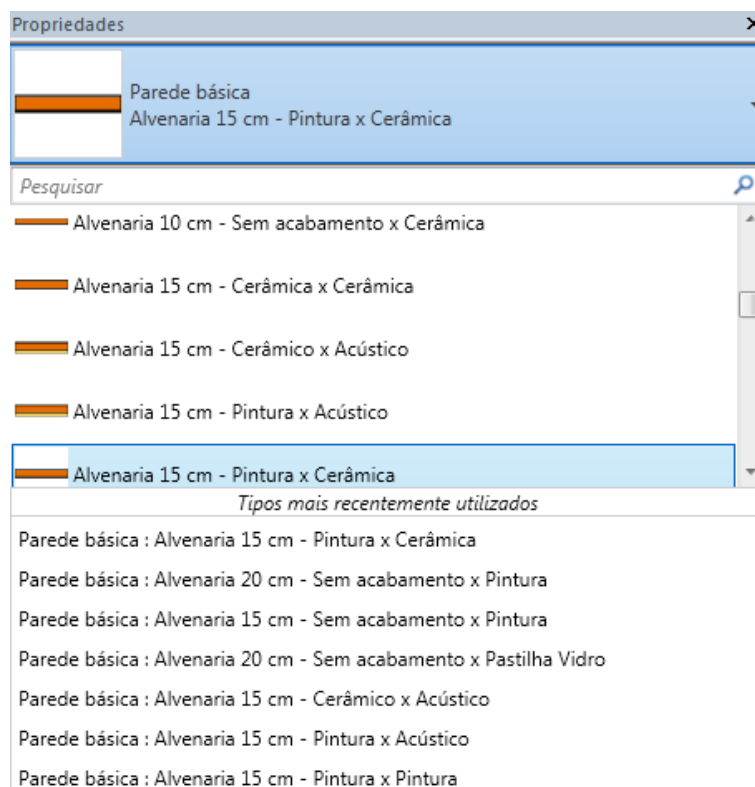
A Figura 5 apresenta a hierarquia de paredes arquitetônicas. Os itens exibidos na Figura 5 são integrantes da família de paredes arquitetônicas e cada um representa um tipo. O usuário pode, além de usar os elementos pré-definidos de uma família, editar ou criar elementos, como mostrado na Figura 6, que são os tipos de paredes elaboradas pelo autor.

Figura 5 – Tipos de paredes da família de paredes arquitetônicas



Fonte: Autoria própria.

Figura 6 – Tipos de paredes criadas pelo autor



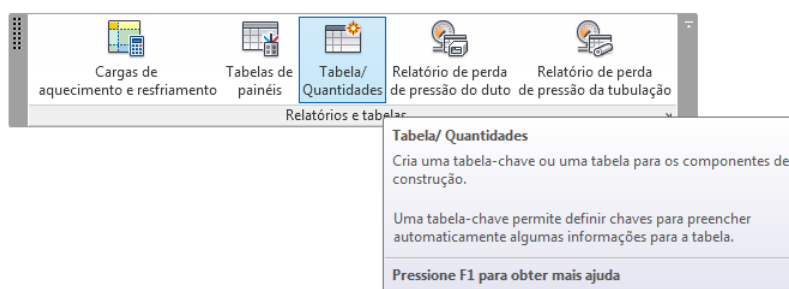
Fonte: Autoria própria.

No último nível hierárquico tem-se as instâncias, que são os objetos unitários presentes no modelo. Cada objeto pode ter seus próprios parâmetros, além dos parâmetros compartilhados.

4.1.3 Tabelas de quantitativos

O Revit permite o cálculo e quantificação dos elementos aplicados no projeto e a complexidade da tabela gerada, aumenta conforme o usuário insere informações ao modelo. A Figura 7 apresenta o ícone no programa para geração de tabelas e quantitativos.

Figura 7 – Ícone para geração de tabelas de quantitativos no Revit 2016



Fonte: Autoria própria.

Para a geração da tabela, o usuário deve selecionar uma ou mais categorias de famílias e quais informações dos parâmetros deseja exibir na tabela, podendo personalizar a exibição dos elementos.

4.1.4 Exportação do arquivo Revit

O programa gera arquivos no seu formato próprio, arquivos com extensão .rvt. Também é possível a exportação do modelo para outros formatos, como no formato livre, extensão .ifc. Outros formatos de exportação do arquivo também é permitido, como exportar o modelo na extensão .dwf que, da mesma forma que a extensão .ifc, além da volumetria, as informações dos elementos se mantém nessa extensão.

Além disso, existem ferramentas de exportação gráfica, de modo a criar imagens e mesmo vídeos demonstrando o projeto. Isso pode ser utilizado de forma a entender métodos construtivos, checar interferências, estudar cenários, ou simplesmente divulgar uma prévia do empreendimento.

4.2 MODELAGEM DA ARQUITETURA

A etapa da modelagem é ponto fundamental deste trabalho, uma vez que a partir dos elementos modelados e inseridos no projeto é que se torna possível realizar análises, como a extração de quantitativos. Segundo Eastman et al. (2014), na metodologia BIM os projetistas devem ter a capacidade de desenvolver a sua própria biblioteca de objetos personalizados com propriedades de acordo com suas necessidades, ou seja, desenvolver as regras de seus projetos e os seus próprios padrões, a fim de estabelecer boas práticas.

Para a obtenção do quantitativo de materiais mais completo e em conformidade com os projetos, foi necessária a modificação de todas as famílias de objetos utilizados, sendo que em algumas delas foram incluídos parâmetros de especificação técnica. As modificações realizadas, que serão detalhadas ao longo deste capítulo, permitiram a personalização do ambiente de trabalho no Revit 2016, adaptando-o ao projeto.

4.2.1 Inserção de níveis

A definição e inserção dos níveis é a primeira etapa de qualquer trabalho de modelagem. Os níveis da modelagem foram criados conforme os níveis do projeto original, base para a modelagem.

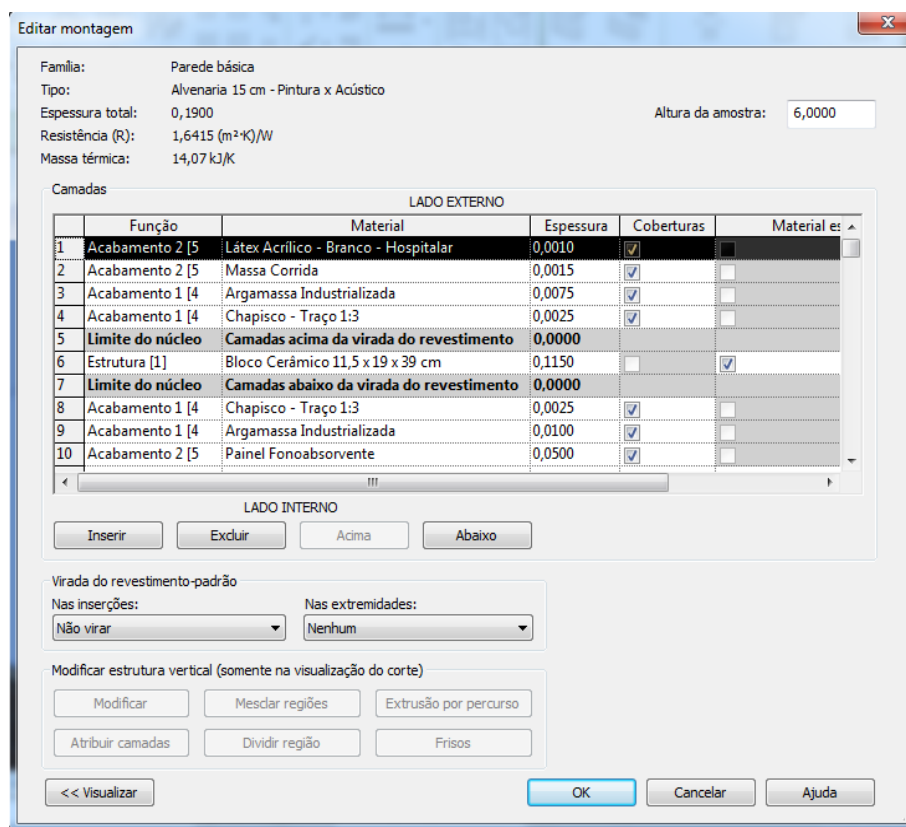
Os níveis são planos horizontais que funcionam como referências para o empreendimento, ou seja, podem ser usados para definir os pavimentos nas suas respectivas alturas ou para referenciar o término de uma parede, a base de uma fundação, ou qualquer outro tipo de referência horizontal (PAPADOPOULOS, 2014). A partir dos níveis determinados é possível estabelecer restrições quanto ao comportamento dos elementos. Por exemplo, ao criar uma parede é possível definir a qual nível ela está atrelada e qual nível será o topo da parede. Assim, ao alterar o nível, as paredes se ajustarão, confirmando o conceito paramétrico do programa.

A partir dos níveis o Revit irá gerar as vistas em planta. As vistas podem ser editadas conforme o usuário queira visualizar nessa vista. Para a modelagem da arquitetura, a vista em planta foi utilizada para realizar toda modelagem dessa disciplina.

4.2.2 Inserção de paredes e revestimentos

Antes de iniciar o processo de desenho das paredes foi necessário analisar o projeto arquitetônico 2D, para definir os tipos de paredes existentes. Definidas as paredes existentes no projeto, foram criadas todas as paredes. Os revestimentos das paredes também foram inseridos nos tipos. A Figura 8 apresenta a etapa de criação das paredes arquitetônicas.

Figura 8 – Criando tipo de parede arquitetônica

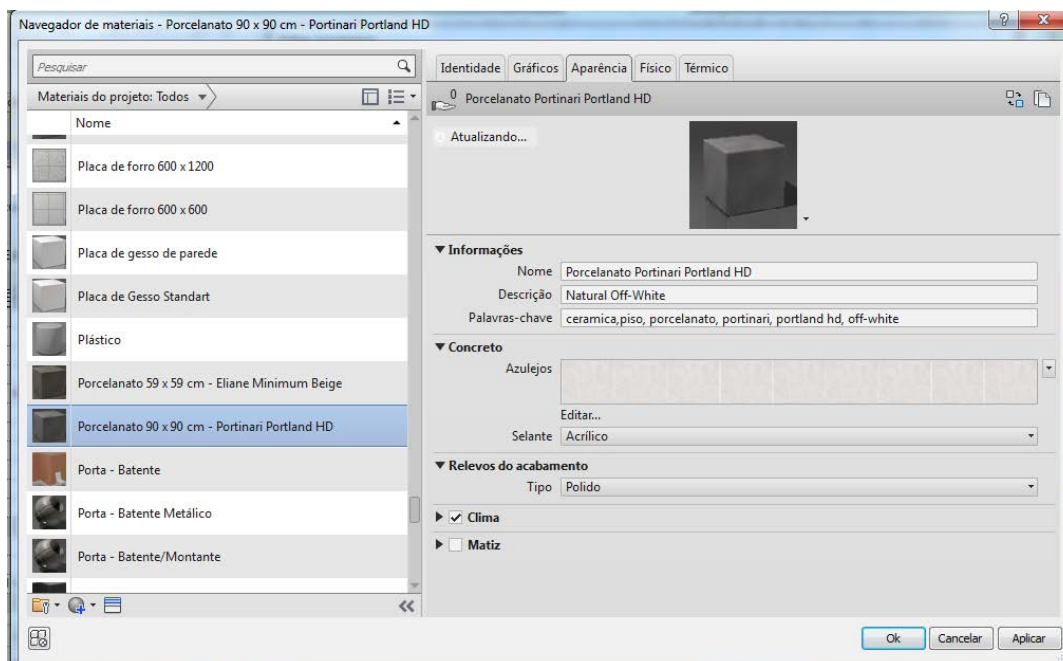


Fonte: Autoria própria.

A criação de tipos de paredes contemplou a inserção de camadas de materiais como o material estrutural da parede (bloco cerâmico ou montantes e placa de *drywall*), os revestimentos (chapisco, emboço, reboco) e acabamentos (massa corrida, revestimento cerâmico de parede, revestimento acústico e pintura), sendo que todos os componentes da parede possuem informação de espessura.

Os materiais das camadas internas das paredes foram configurados no navegador de materiais, seguindo as especificações dos memoriais descritivos elaborados pelos projetistas. As configurações desses materiais foram desde o fabricante e modelo, até mesmo a textura. A Figura 9 apresenta as configurações do revestimento cerâmico de piso no navegador de materiais.

Figura 9 – Configuração no navegador de materiais

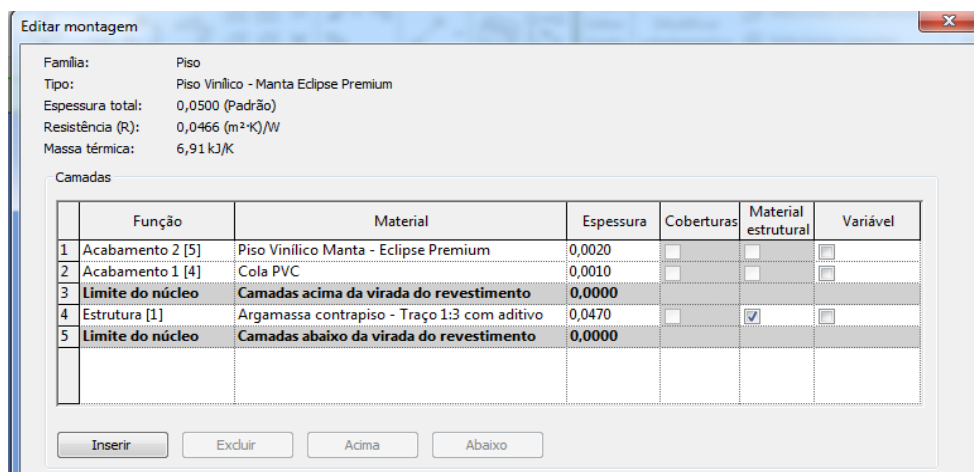


Fonte: Autoria própria.

4.2.3 Inserção de pisos

Os pisos inseridos também foram elementos criados na família de piso arquitetônico. A Figura 10 exhibe a composição das camadas da "família piso arquitetônico". Para esses elementos de piso, as camadas foram: argamassa de regularização, cimento colante e revestimento cerâmico de piso ou cola tipo PVC e manta vinílica.

Figura 10 – Composição das camadas internas de piso



Editar montagem

Família: Piso
 Tipo: Piso Vinílico - Manta Eclipse Premium
 Espessura total: 0,0500 (Padrão)
 Resistência (R): 0,0466 (m²·K)/W
 Massa térmica: 6,91 kJ/K

Camadas

	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutural	Variável
1	Acabamento 2 [5]	Piso Vinílico Manta - Eclipse Premium	0,0020	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Acabamento 1 [4]	Cola PVC	0,0010	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Estrutura [1]	Argamassa contrapiso - Traço 1:3 com aditivo	0,0470	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

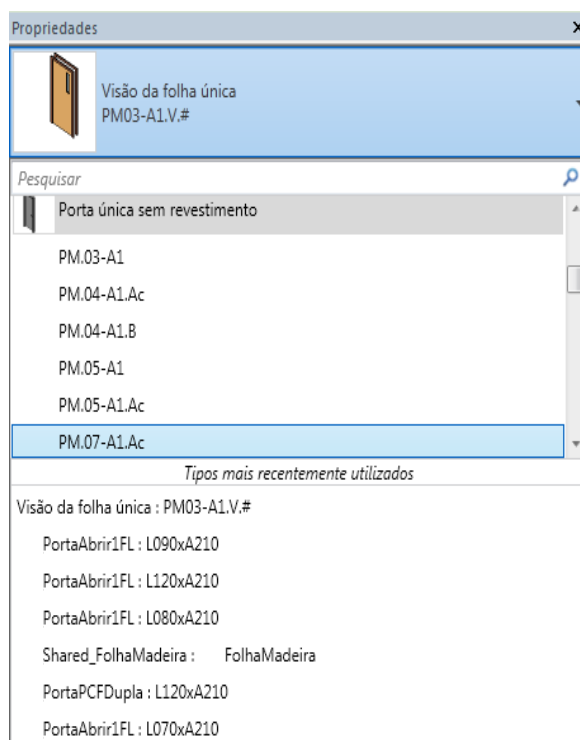
Inserir Excluir Acima Abaixo

Fonte: Autoria própria.

4.2.4 Inserção de portas

As portas foram configuradas na família de portas conforme as especificações de projeto. Essas portas foram nomeadas conforme codificação do projeto de arquitetura. Na Figura 11 têm-se alguns dos tipos de portas criadas, nomeadas e aplicadas no modelo.

Figura 11 – Lista de elementos criados na família de portas



Fonte: Autoria própria.

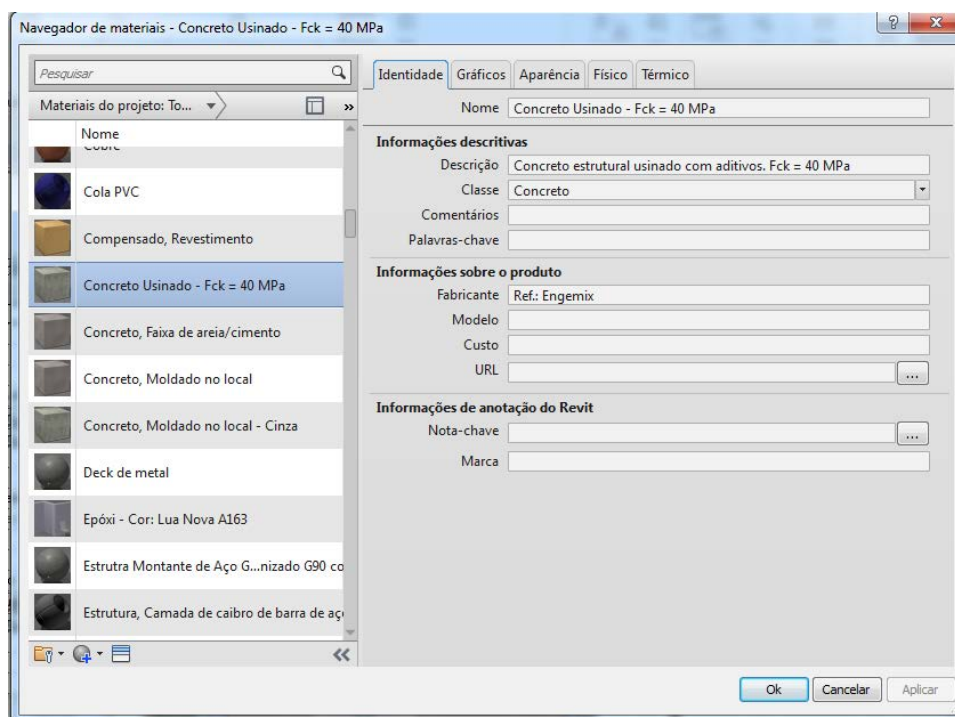
As portas também são objetos paramétricos e possui restrições. Esses elementos só podem ser inseridas em alguma parede hospedeira e qualquer alteração nessa parede, automaticamente a porta irá se ajustar.

4.3 MODELAGEM DA ESTRUTURA

4.3.1 Inserção de pilares e vigas

As vigas e pilares inseridos seguiram conforme o projeto de estrutura de concreto do empreendimento. Algumas configurações nas famílias que utilizam o material concreto foram alteradas. No navegador de materiais do Revit foi inserido um novo tipo de material, o concreto usinado com resistência característica à compressão de 40 MPa (Figura 12).

Figura 12 – Inclusão do material concreto usinado no projeto



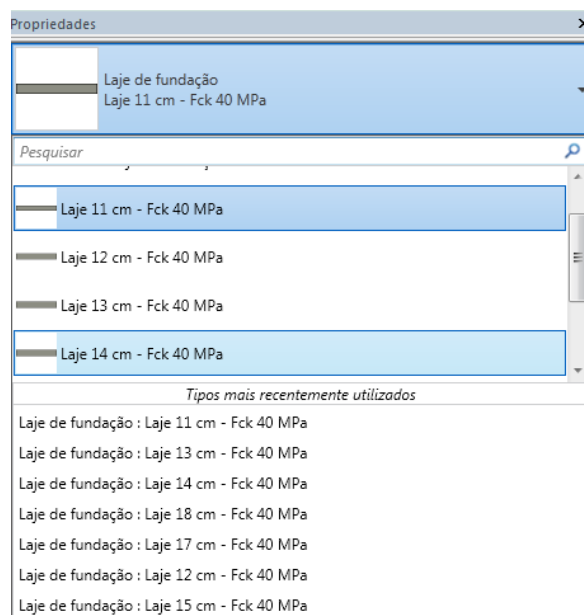
Fonte: Autoria própria.

Os pilares e vigas são inseridos por pavimento e os pilares possuem o pavimento superior como restrição de altura.

4.3.2 Inserção de lajes

As lajes estruturais foram configuradas conforme indicado nos projetos de estrutura de concreto e informando o material, conforme adicionado anteriormente. Segundo o projeto estrutural, as lajes possuem diferentes espessuras e, para cada espessura, foi criado um tipo de laje dentro da família de fundação estrutural: lajes. Os tipos de lajes criadas são exibidos na Figura 13.

Figura 13 – Tipos de lajes criadas para o projeto



Fonte: Autoria própria.

4.4 MODELAGEM DAS INSTALAÇÕES

A obra em estudo possui diversos sistemas de instalações que não são comuns em edifícios comerciais ou residenciais. Esses sistemas são modelados na fase de projeto para análise de conflitos. No entanto, devido à complexidade para se modelar instalações, a quantidade de sistemas presentes no empreendimento e a limitação do tempo para se elaborar este trabalho, optou-se por modelar as disciplinas de hidráulica, climatização e gases medicinais. O Quadro 7 apresenta as disciplinas e os sistemas que as compõem e que foram contempladas na modelagem.

Quadro 7 – Disciplinas e sistemas contemplados na modelagem

DISCIPLINA	SISTEMAS
Hidráulica	Sistema de água fria
	Sistema de água quente
Gases medicinais	Sistema de vácuo
	Sistema de ar comprimido
	Sistema de oxigênio
Climatização	Sistema de água gelada para climatização
	Sistema de água quente para climatização
	Rede de dutos de insuflamento
	Rede de dutos de retorno
	Rede de dutos de admissão de ar externo
	Rede de dutos de exaustão
	Equipamentos de climatização

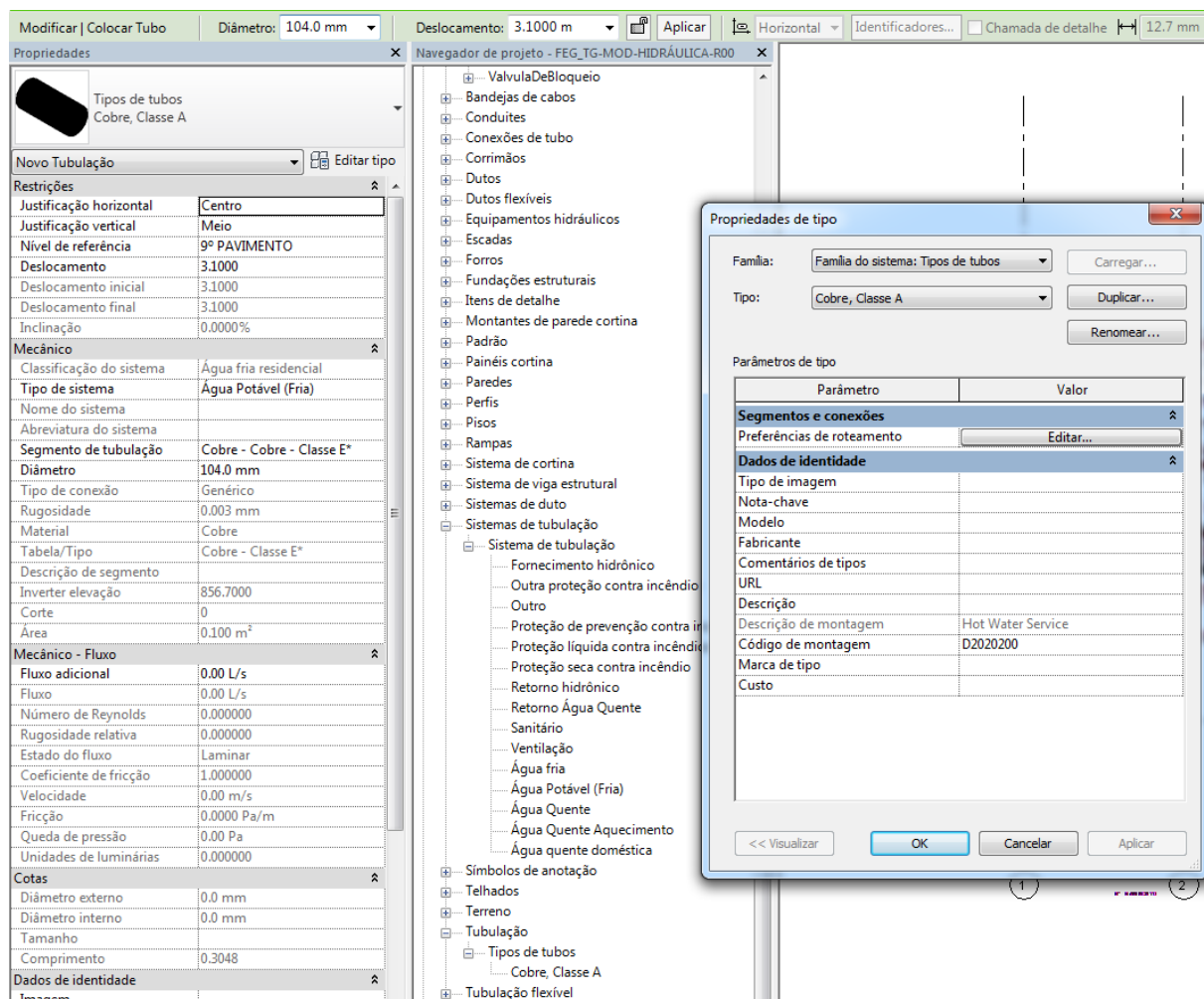
Fonte: Autoria própria.

4.4.1 Modelagem de Hidráulica

As instalações de água fria e quente de consumo, assim como as instalações de gases medicinais, utilizam tubos e conexões em cobre classe A. No entanto, no programa, em sua configuração padrão, esse tipo de tubulação não vem em sua biblioteca, nem mesmo nas bibliotecas adicionais que são instaladas junto com o programa. Para que esse sistema pudesse ser modelado foi necessário realizar algumas adaptações. Foi incorporada ao Revit a biblioteca de tubulações e conexões elaborada e disponibilizada gratuitamente pela empresa Tigre S/A. A adaptação ocorreu na mudança do material de PVC para cobre classe A, sem prejuízo para o resultado deste trabalho, pois as informações dos elementos da biblioteca foram coerentemente alteradas.

Foram criados novos sistemas de tubulações, além de água fria e quente, foram adicionados os sistemas de gases medicinais, uma vez que utilizam o mesmo tipo de tubulações e conexões. As propriedades do tubo de cobre classe A são mostradas na Figura 14.

Figura 14 – Propriedades do tubo de cobre classe A



Fonte: Autoria própria.

4.4.2 Modelagem dos Gases Medicinais

A modelagem dos sistemas de gases foi análoga às instalações de água fria e quente. As tubulações empregadas para gases medicinais também são em cobre classe A. Para o sistema de gases foram criados sistemas de tubulação para diferenciá-los dos demais.

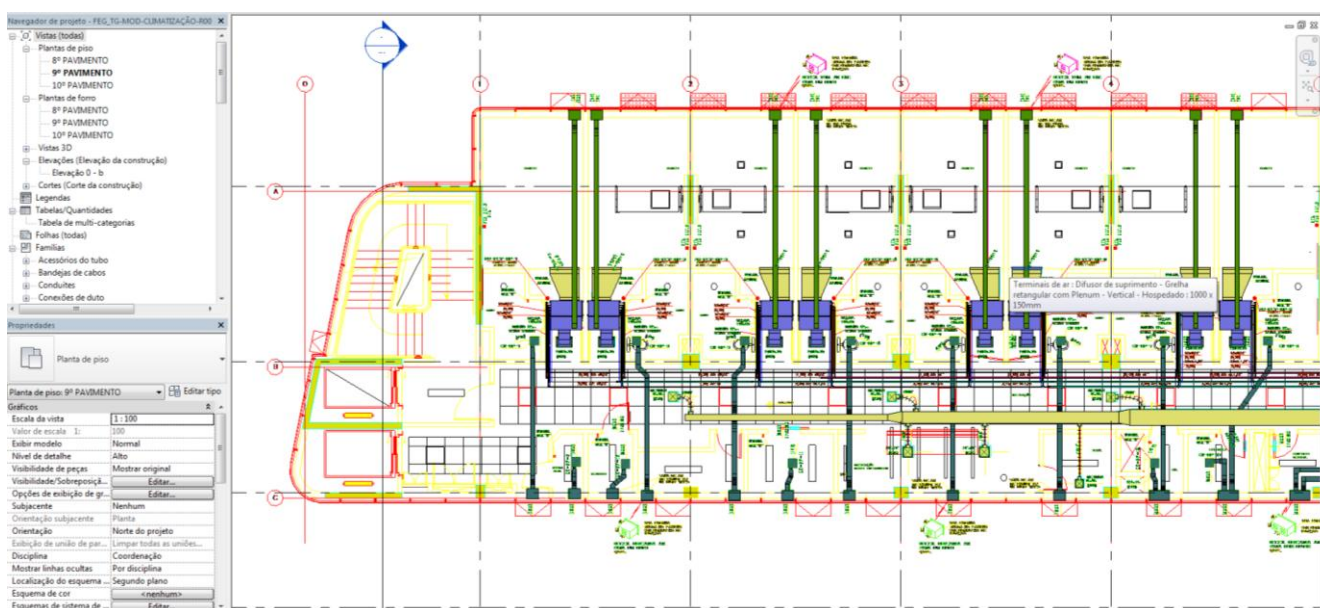
4.4.3 Modelagem de Climatização

Neste projeto, climatização abrange os sistemas de dutos de insuflamento, dutos de retorno, dutos de admissão de ar externo e exaustão e tubulações de água gelada e quente. A tecnologia BIM possibilita a automatização dos traçados das tubulações e dutos. Ao inserir os terminais de ar

e os equipamentos mecânicos e defini-los como parte de um mesmo sistema lógico, os dutos são gerados automaticamente com o menor encaminhamento. No entanto, para manter as características originais dos projetos de climatização, os dutos foram inseridos manualmente e seguindo-se fielmente o traçado de projeto.

Para o traçado dos diversos dutos e o posicionamento dos equipamentos mecânicos, importou-se o projeto 2D para o Revit, associando ao plano de trabalho (nível do pavimento em processo de modelagem), como mostrado na Figura 15.

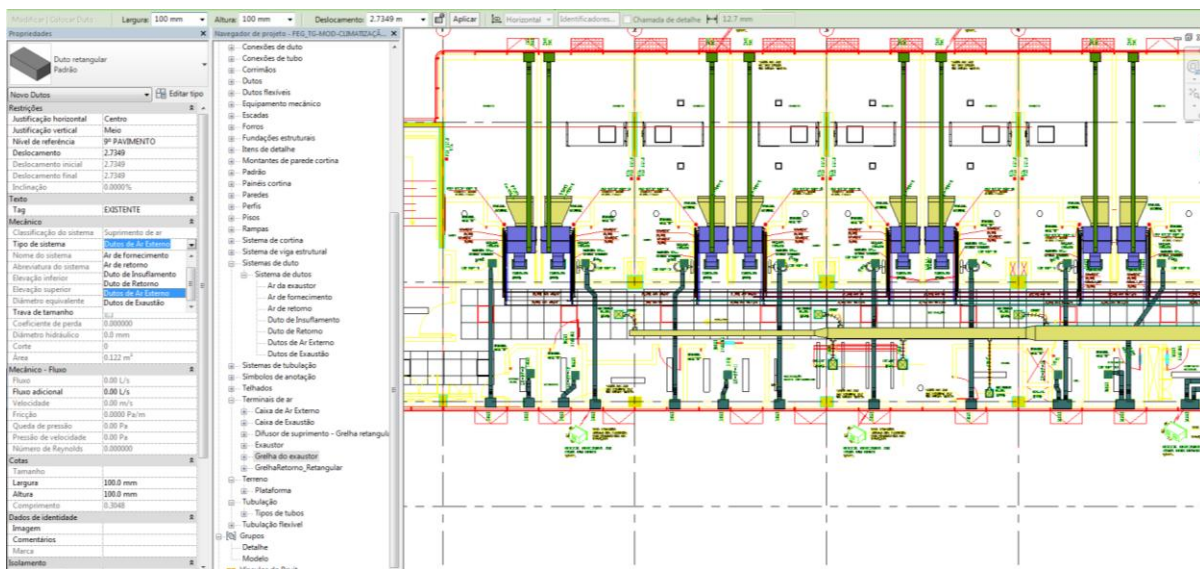
Figura 15 – Importação do projeto 2D a modelagem no Revit



Fonte: Autoria própria.

Ao criar um duto, deve-se informar o nível, dimensão (largura e altura da seção) e é possível definir a finalidade do duto criado. Conforme os sistemas que compõem climatização, foram criados tipos de sistema no Revit, conforme Figura 16.

Figura 16 – Propriedades do duto



Fonte: Autoria própria.

5 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS

Neste capítulo será apresentado o método de investigação adotado neste trabalho, ou seja, o método comparativo. Com este método pretende-se comparar o levantamento de quantitativos realizado pelo método tradicional e através do *software* Revit 2016. A primeira extração de quantitativos foi extraída automaticamente, enquanto a segunda foi elaborada manualmente, baseada nos sistemas bidimensionais.

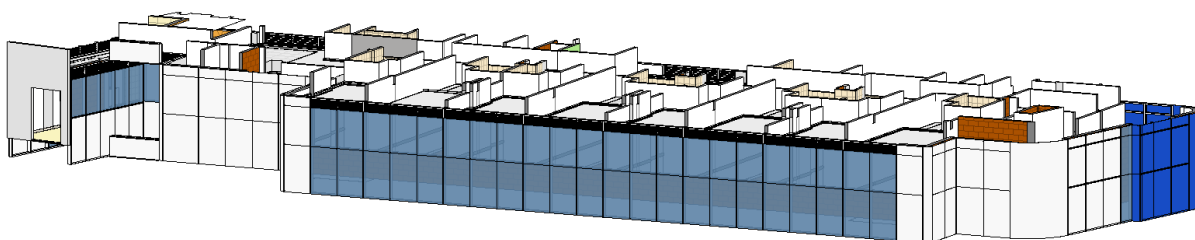
As extrações de quantitativos automatizadas, ou seja, utilizando o programa Revit 2016, foram feitas através da ferramenta de geração de quantidades do *software*, exportadas em formato de texto (.txt) e importadas e formatadas em planilhas no Microsoft Excel. Já os levantamentos de quantidades pelo método convencional de orçamentação foram elaborados pela construtora contratada para a execução da obra e disponibilizados numa planilha de orçamento.

5.1 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS ATRAVÉS DO REVIT 2016

5.1.1 – Quantitativo de arquitetura

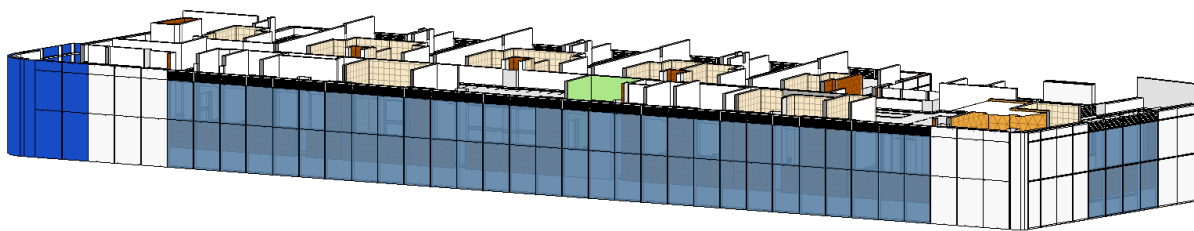
Assim como mencionado no item anterior, o quantitativo de arquitetura foi extraído do Revit, no formato .txt e formatado em forma de planilha no Microsoft Excel. Alguns itens como fachada, regularização de piso (contra piso), rodapés e pinturas não foram quantificados, o que não acarreta prejuízo para o resultado deste trabalho. As Figuras de 17 a 20 exibem a arquitetura modelada.

Figura 17 – Arquitetura modelada – Vista fachada norte



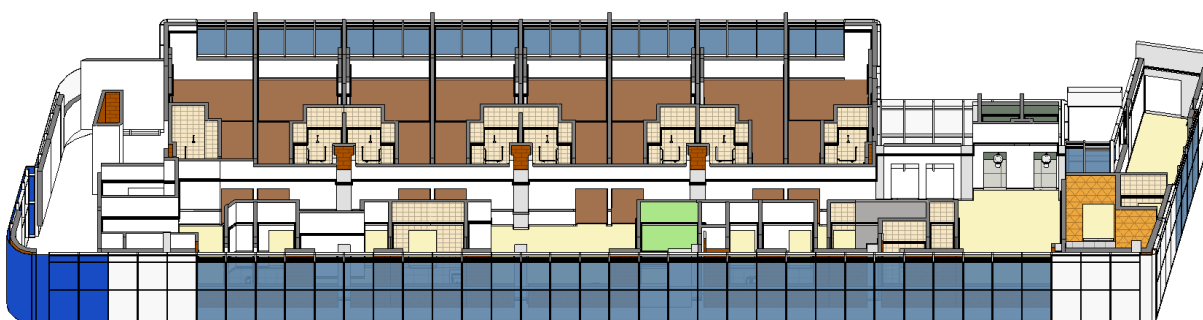
Fonte: Autoria própria.

Figura 18 – Arquitetura modelada – Vista Fachada sul



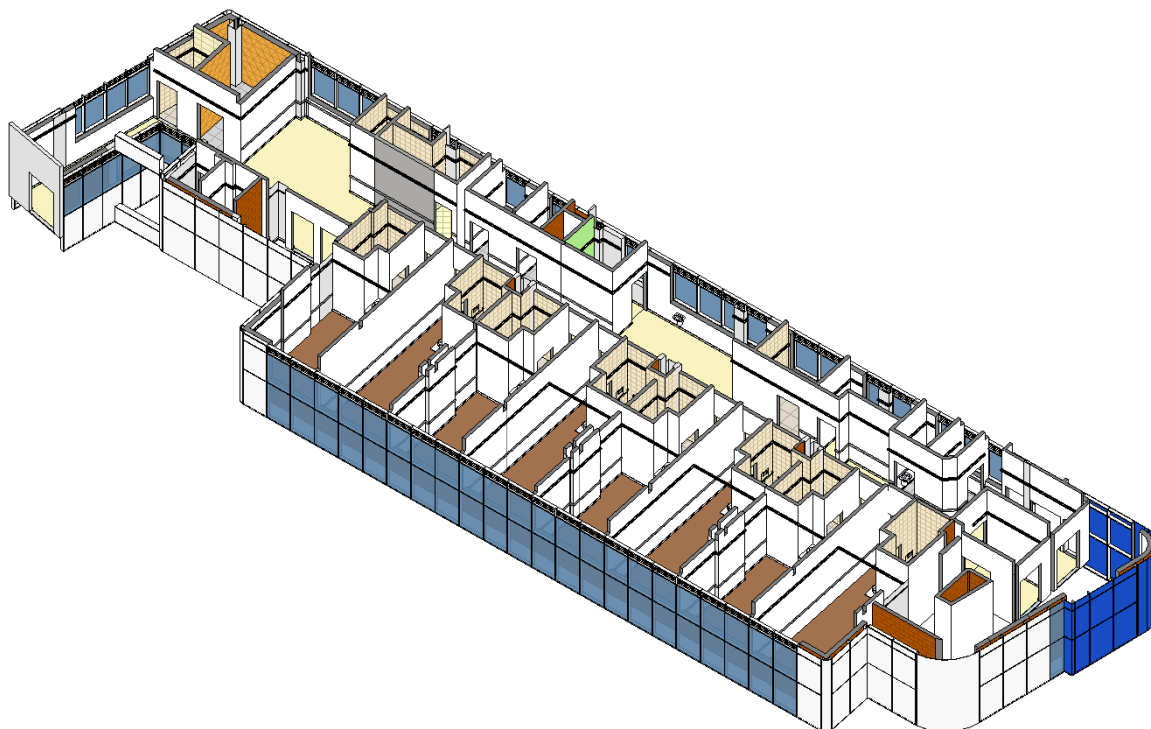
Fonte: Aatoria própria.

Figura 19 – Arquitetura modelada – Vista superior com forro oculto



Fonte: Aatoria própria.

Figura 20 – Arquitetura modelada – Vista superior com forro oculto



Fonte: Aatoria própria.

5.1.1.1 – Quantitativo de alvenarias e vedações.

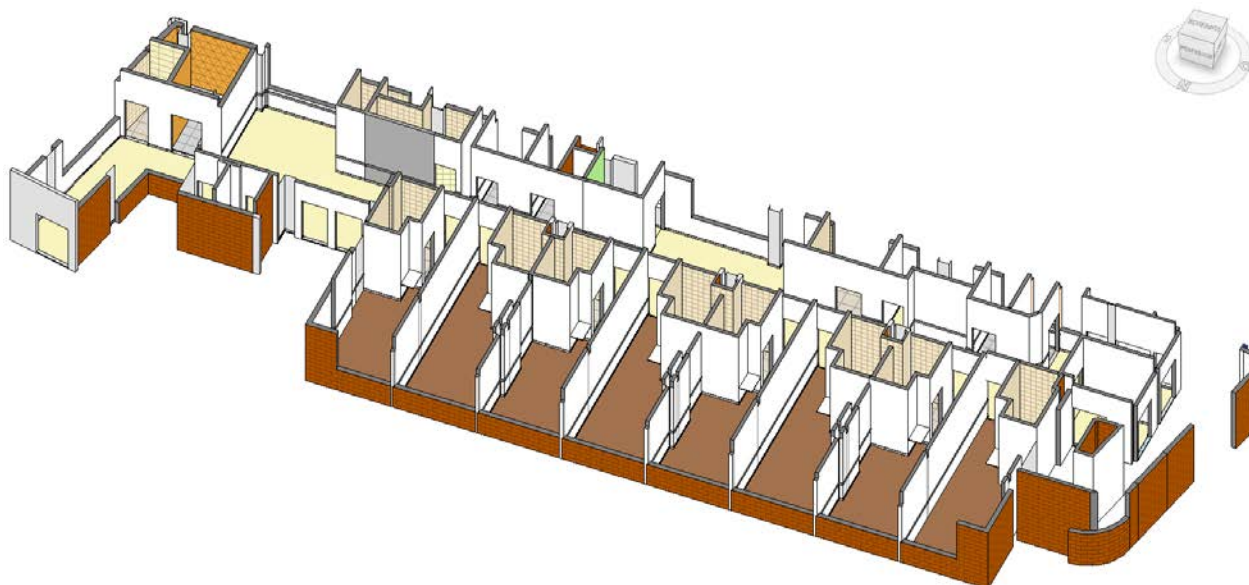
A Tabela 1 apresenta os quantitativos extraídos do *software* de paredes de alvenaria e *drywall*. A Figura 21 exhibe esses elementos modelados.

Tabela 1 – Quantitativos de alvenarias e vedações extraídas do Revit 2016

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
ALVENARIAS E VEDAÇÕES		
Bloco Cerâmico 9 x 19 x 39 cm	M ²	10,03
Bloco Cerâmico 11,5 x 19 x 39 cm	M ²	543,90
Bloco Cerâmico 19 x 19 x 39 cm	M ²	254,96
<i>Drywall</i> 15 cm - Chapa ST dupla - Pintura x Pintura	M ²	231,57

Fonte: Autoria própria.

Figura 21 – Modelagem de paredes de alvenaria e *drywall*



Fonte: Autoria própria.

5.1.1.2 – Quantitativo de forros

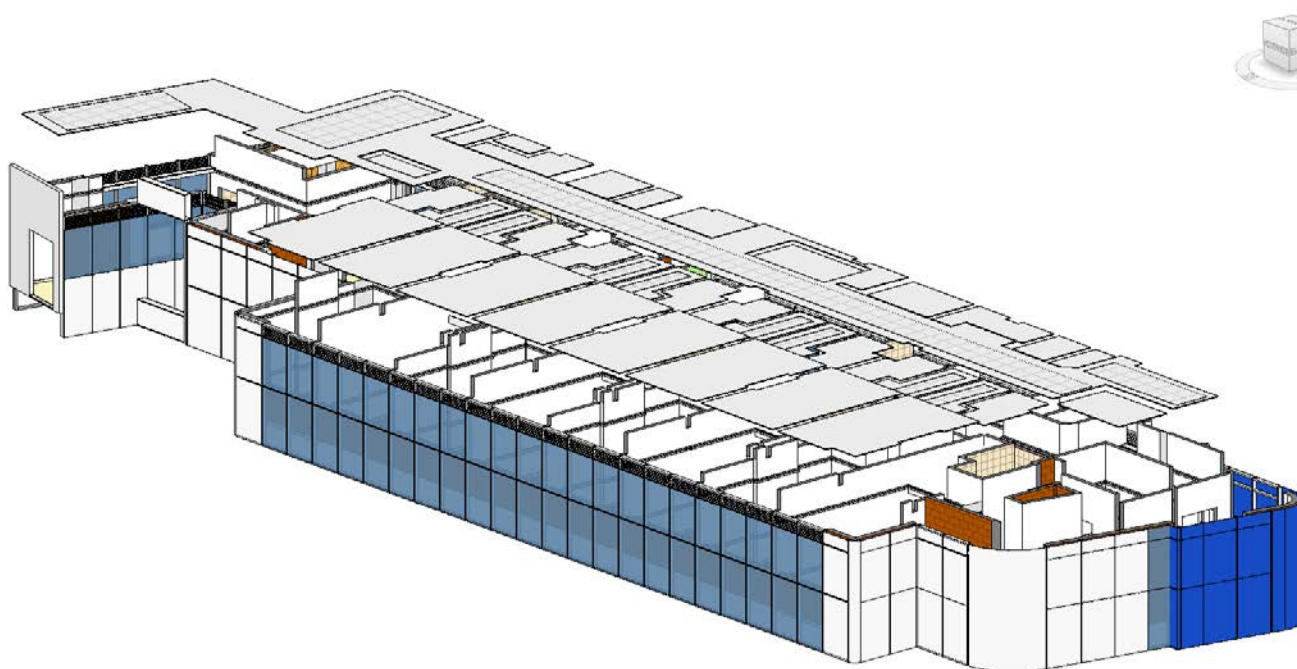
A Tabela 2 exhibe a extração de quantitativos de forro de gesso e removível do Revit 2016 e a Figura 22, o forro no modelo 3D.

Tabela 2 – Quantitativo de forro

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
FORRO		
FORRO EM GESSO ACARTONADO RESISTENTE Á UMIDADE (RU)	M ²	36,25
FORRO EM GESSO ACARTONADO SIMPLES REJUNTADO - Esp 12.5mm	M ²	303,99
FORRO REMOVÍVEL ACÚSTICO EM PLACA 62.5x62.5cm	M ²	73,30
TABICA METÁLICA - COR BRANCA	M	378,13

Fonte: Autoria própria.

Figura 22 – Forro de gesso e modular



Fonte: Autoria própria.

5.1.1.3 – Quantitativo de pisos

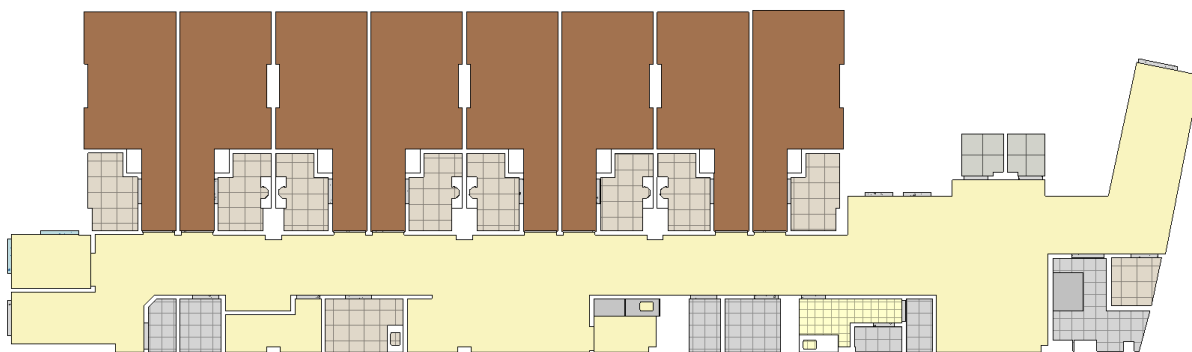
Os quantitativos de pisos são exibidos na Tabela 3 e a Figura 23 apresenta os pisos no modelo 3D.

Tabela 3 – Quantitativo de piso extraído do programa Revit

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
PISOS		
Piso Cerâmico 45 x 45 cm- Cargo Plus	M ²	22,19
Piso Cerâmico 59 x 59 cm - Minimum Beige	M ²	54,17
Piso Cerâmico 90 x 90 cm- Portland Off-White	M ²	4,68
Piso Vinílico - Manta Absolute Madero	M ²	177,04
Piso Vinílico - Manta Eclipse Premium	M ²	168,95

Fonte: Autoria própria.

Figura 23 – Pisos no modelo 3D



Fonte: Autoria própria.

5.1.1.4 – Quantitativo de portas

O levantamento de quantitativo de portas de madeira e portas corta-fogo é exibido na Tabela 4. A Figura 24 mostra esses elementos na modelagem 3D.

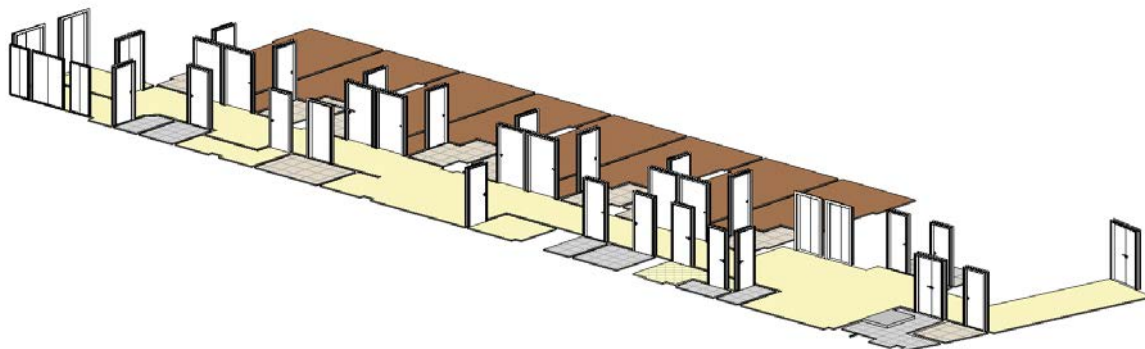
Tabela 4 – Quantitativo de portas extraído do modelo.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
PORTAS		
Porta de Elevador - Elev. Emergência 9	UNID	1,00
Porta de Elevador - Elev. Social 6	UNID	1,00
Porta de Elevador - Elev. Social 7	UNID	1,00
Porta de Elevador - Elev. Técnico 8	UNID	1,00
Porta Dupla de Abrir em Madeira - PCF.07 / A2*	UNID	1,00
Porta Dupla de Abrir em Madeira - PCF.07 / A2**	UNID	1,00
Porta Dupla de Abrir em Madeira - PCF.11 / A2	UNID	1,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.02 / A1	UNID	2,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.03 / A1	UNID	2,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.03 / A1.V	UNID	3,00

Porta de Abrir em Madeira - PM.03 / A1.V.#	UNID	1,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.04 / A1.B	UNID	9,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.04 / A1.V	UNID	2,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.04 / A1.V.#	UNID	1,00
Porta de Correr em Madeira - PM.05 / C1.V.#	UNID	1,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.07 / A1.Ac	UNID	8,00

Fonte: Autoria própria.

Figura 24 – Portas inseridas no modelo 3D

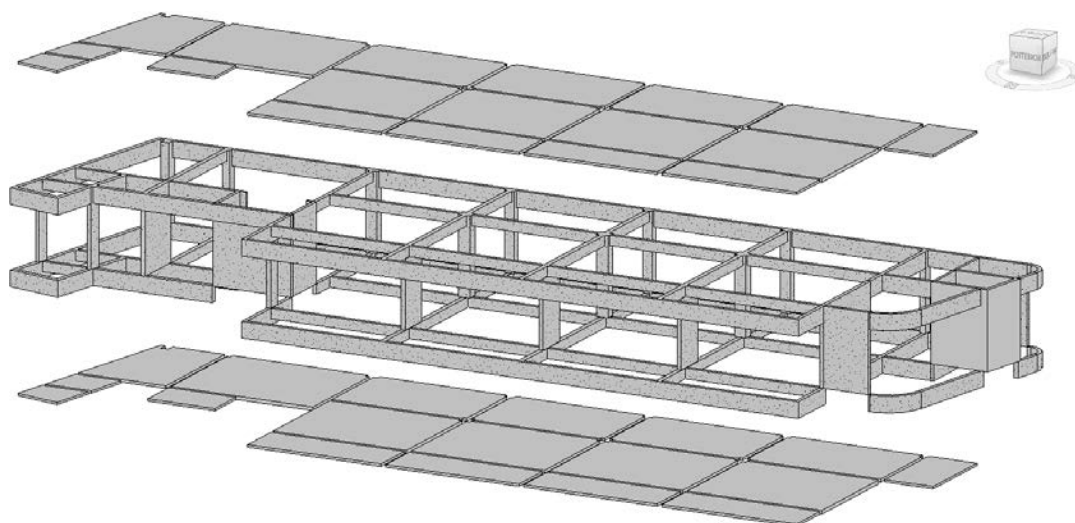


Fonte: Autoria própria.

5.1.2 Quantitativo de superestrutura

A Tabela 5 exibe o quantitativo extraído do modelo 3D e a Figura 25, a superestrutura modelada.

Figura 25 – Modelagem da superestrutura



Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 – Quantitativo de superestrutura extraído do Revit.

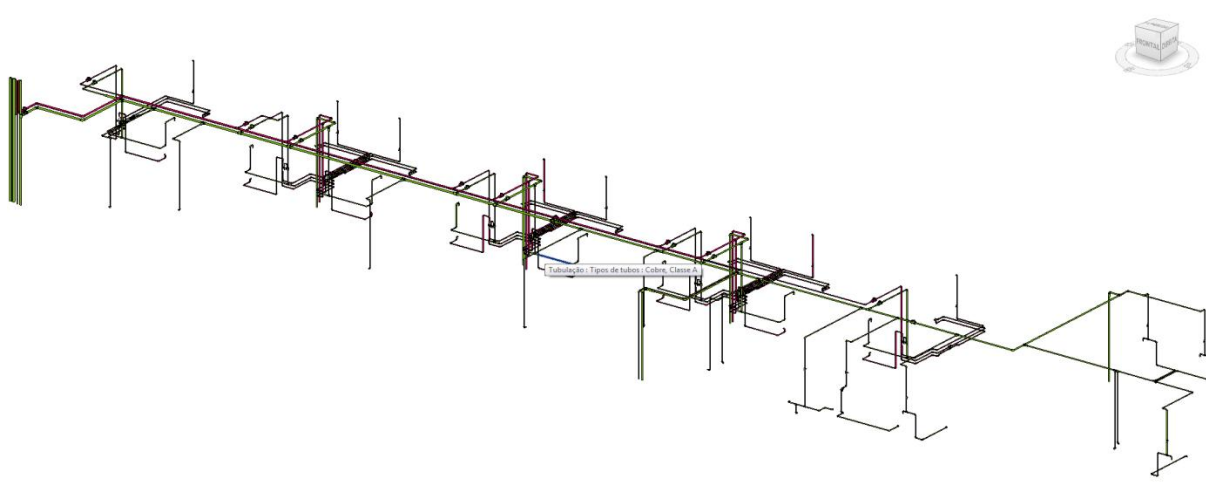
TIPO	PAVIMENTO	VOLUME CONCRETO [m ³]
LAJES		153,60
Laje 11 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	3,12
Laje 12 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	15,11
Laje 13 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	30,10
Laje 14 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	11,08
Laje 15 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	9,16
Laje 17 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	7,39
Laje 18 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	14,34
Laje 11 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	3,21
Laje 12 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	15,11
Laje 13 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	3,01
Laje 14 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	11,08
Laje 15 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	9,16
Laje 17 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	7,39
Laje 18 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	14,34
PILARES		38,74
Pilar 20 x 60 cm	9º Pavimento	0,95
Pilar 20 x 70 cm	9º Pavimento	0,55
Pilar 21 x 165 cm	9º Pavimento	4,11
Pilar 30 x 14 cm	9º Pavimento	0,33
Pilar 30 x 46 cm	9º Pavimento	0,55
Pilar 40 x 46 cm	9º Pavimento	0,73
Pilar 50 x 40 cm	9º Pavimento	2,37
Pilar 60 x 40 cm	9º Pavimento	1,90
Pilar 60 x 50 cm	9º Pavimento	3,56
Pilar 233 x 18 cm	9º Pavimento	3,31
Pilar 233 x 20 cm	9º Pavimento	1,84
Pilar 255 x 25 cm	9º Pavimento	2,52
Pilar 263 x 20 cm	9º Pavimento	2,08
Pilar 410 x 22 cm	9º Pavimento	3,56
Pilar 472,50 x 20 cm	9º Pavimento	3,73
Pilar-parede Concreto Fck 40 MPa	9º Pavimento	6,65
VIGAS		66,18
Viga 14 x 80 cm	9º Pavimento	0,51
Viga 20 x 50 cm	9º Pavimento	6,79
Viga 20 x 80 cm	9º Pavimento	16,50
Viga 25 x 50 cm	9º Pavimento	5,34
Viga 25 x 80 cm	9º Pavimento	4,91
Viga 14 x 80 cm	10º Pavimento	0,47
Viga 20 x 50 cm	10º Pavimento	6,53
Viga 20 x 80 cm	10º Pavimento	15,65
Viga 25 x 50 cm	10º Pavimento	4,72
Viga 25 x 80 cm	10º Pavimento	4,76

Fonte: Autoria própria.

5.1.3 Quantitativo de hidráulica

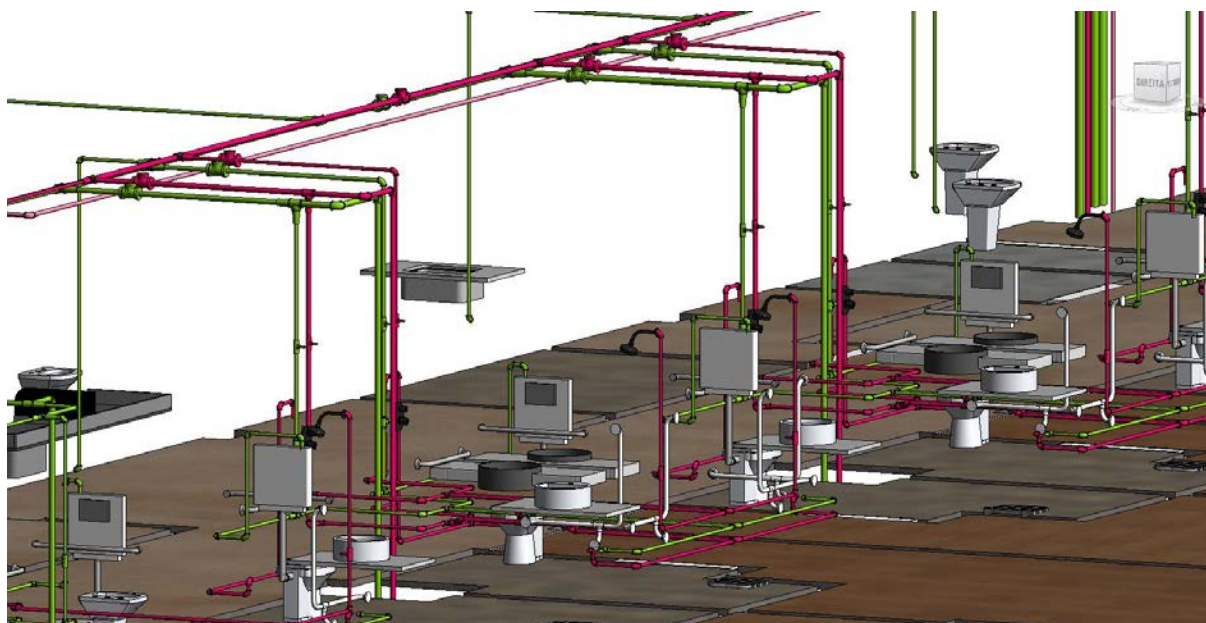
Foram modelados os sistemas de água fria e quente e gerada a tabela de quantitativo pelo *software* Revit 2016. O modelo de instalações hidráulicas é apresentado nas Figuras 26 e 27 e as cores das tubulações segue a padronização proposta pela AsBEA e ABRASIP (Anexo I).

Figura 26 - Instalações hidráulica de água fria e quente



Fonte: Autoria própria.

Figura 27 – Instalações hidráulica de água fria e quente e parte da arquitetura

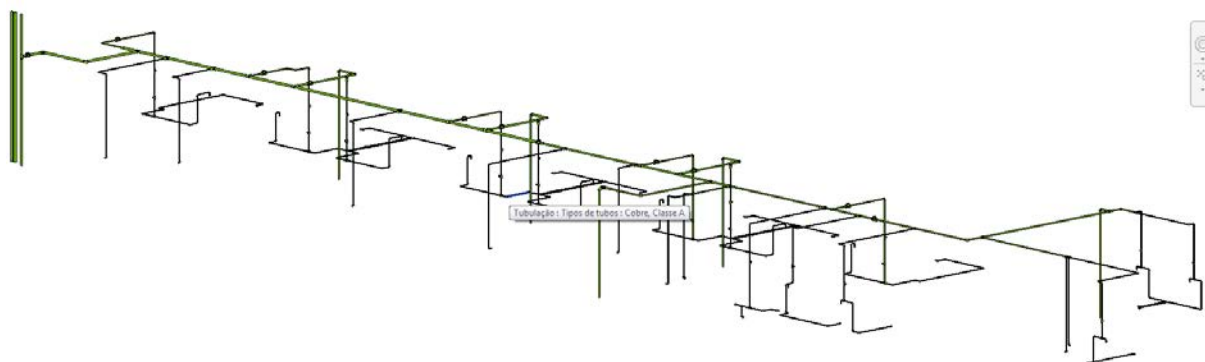


Fonte: Autoria própria.

5.1.3.1 Quantitativo de água fria

A Figura 28 mostra apenas as instalações de água fria. A Tabela 6 apresenta o quantitativo de água fria gerado pelo Revit e formatado como planilha no Microsoft Excel.

Figura 28 – Instalações de água fria



Fonte: Autoria própria.

Tabela 6 – Quantitativo de água fria

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
	TUBOS		
Água Potável (Fria)	Tubo de cobre classe A - 22 mmø	M	119,35
Água Potável (Fria)	Tubo de cobre classe A - 28 mmø	M	36,43
Água Potável (Fria)	Tubo de cobre classe A - 35 mmø	M	18,08
Água Potável (Fria)	Tubo de cobre classe A - 42 mmø	M	22,98
Água Potável (Fria)	Tubo de cobre classe A - 50 mmø	M	3,03
Água Potável (Fria)	Tubo de cobre classe A - 54 mmø	M	22,13
Água Potável (Fria)	Tubo de cobre classe A - 66 mmø	M	7,90
	ACESSÓRIOS DE TUBO		
Água Potável (Fria)	Joelho - Cobre, Classe A - 22 mmø	UND	139,00
Água Potável (Fria)	Joelho - Cobre, Classe A - 28 mmø	UND	13,00
Água Potável (Fria)	Joelho - Cobre, Classe A - 35 mmø	UND	3,00
Água Potável (Fria)	Joelho - Cobre, Classe A - 42 mmø	UND	6,00
Água Potável (Fria)	Joelho - Cobre, Classe A - 50 mmø	UND	2,00
Água Potável (Fria)	Joelho - Cobre, Classe A - 54 mmø	UND	2,00
Água Potável (Fria)	Redução - Cobre, Classe A - 28 mmø-22 mmø	UND	20,00
Água Potável (Fria)	Redução - Cobre, Classe A - 35 mmø-22 mmø	UND	3,00
Água Potável (Fria)	Redução - Cobre, Classe A - 35 mmø-28 mmø	UND	3,00
Água Potável (Fria)	Redução - Cobre, Classe A - 42 mmø-22 mmø	UND	2,00
Água Potável (Fria)	Redução - Cobre, Classe A - 42 mmø-28 mmø	UND	5,00
Água Potável (Fria)	Redução - Cobre, Classe A - 42 mmø-35 mmø	UND	5,00

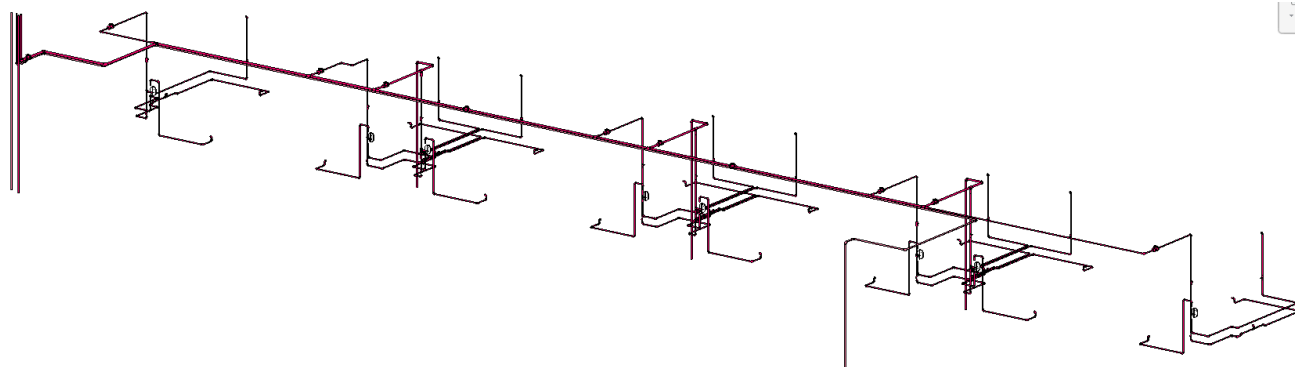
Água Potável (Fria)	Redução - Cobre, Classe A - 50 mmø-35 mmø	UND	1,00
Água Potável (Fria)	Redução - Cobre, Classe A - 54 mmø-22 mmø	UND	3,00
Água Potável (Fria)	Redução - Cobre, Classe A - 54 mmø-28 mmø	UND	3,00
Água Potável (Fria)	Redução - Cobre, Classe A - 54 mmø-42 mmø	UND	3,00
Água Potável (Fria)	Registro esfera - 28mm	UND	5,00
Água Potável (Fria)	Registro esfera - 35mm	UND	2,00
Água Potável (Fria)	Registro esfera - 42mm	UND	2,00
Água Potável (Fria)	Registro esfera - 54mm	UND	2,00
Água Potável (Fria)	Registro de Gaveta - 22mm	UND	6,00
Água Potável (Fria)	Registro de Gaveta - 28mm	UND	8,00
Água Potável (Fria)	Te - Cobre, Classe A - 22 mmø	UND	15,00
Água Potável (Fria)	Te - Cobre, Classe A - 28 mmø	UND	20,00
Água Potável (Fria)	Te - Cobre, Classe A - 35 mmø	UND	6,00
Água Potável (Fria)	Te - Cobre, Classe A - 42 mmø	UND	9,00
Água Potável (Fria)	Te - Cobre, Classe A - 54 mmø	UND	9,00

Fonte: Autoria própria.

5.1.3.2 Quantitativo de água quente

Os quantitativos do sistema de água quente são apresentados na Tabela 7, e na Figura 29 tem-se apenas a modelagem da instalação de água quente.

Figura 29 – Modelo de instalações hidráulicas de água quente



Fonte: Autoria própria.

Tabela 7 – Quantitativos de instalações de água quente.

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
	TUBOS		
Água Quente	Tubo de cobre classe A - 22 mmø	M	135,24
Água Quente	Tubo de cobre classe A - 28 mmø	M	42,48
Água Quente	Tubo de cobre classe A - 35 mmø	M	32,57
Água Quente	Tubo de cobre classe A - 42 mmø	M	10,37
	ACESSÓRIOS DE TUBO		
Água Quente	Joelho - Cobre, Classe A - 22 mmø	UND	217,00
Água Quente	Joelho - Cobre, Classe A - 35 mmø	UND	6,00
Água Quente	Joelho - Cobre, Classe A - 28 mmø	UND	8,00
Água Quente	Joelho - Cobre, Classe A - 42 mmø	UND	3,00
Água Quente	Redução - Cobre, Classe A - 28 mmø-22 mmø	UND	8,00
Água Quente	Redução - Cobre, Classe A - 35 mmø-22 mmø	UND	3,00
Água Quente	Redução - Cobre, Classe A - 35 mmø-28 mmø	UND	3,00
Água Quente	Redução - Cobre, Classe A - 42 mmø-22 mmø	UND	2,00
Água Quente	Redução - Cobre, Classe A - 42 mmø-35 mmø	UND	2,00
Água Quente	Registro esfera - 22mm	UND	5,00
Água Quente	Registro esfera - 28mm	UND	1,00
Água Quente	Registro esfera - 35mm	UND	5,00
Água Quente	Registro esfera - 42mm	UND	1,00
Água Quente	Registro de Gaveta - 22mm	UND	13,00
Água Quente	Registro de Gaveta - 28mm	UND	3,00
Água Quente	Te - Cobre, Classe A - 22 mmø	UND	13,00
Água Quente	Te - Cobre, Classe A - 28 mmø	UND	3,00
Água Quente	Te - Cobre, Classe A - 35 mmø	UND	7,00
Água Quente	Te - Cobre, Classe A - 42 mmø	UND	3,00
	METAIS		
Água Quente	Misturador termostático - Deca CR10 Cromado Metal	UND	8,00

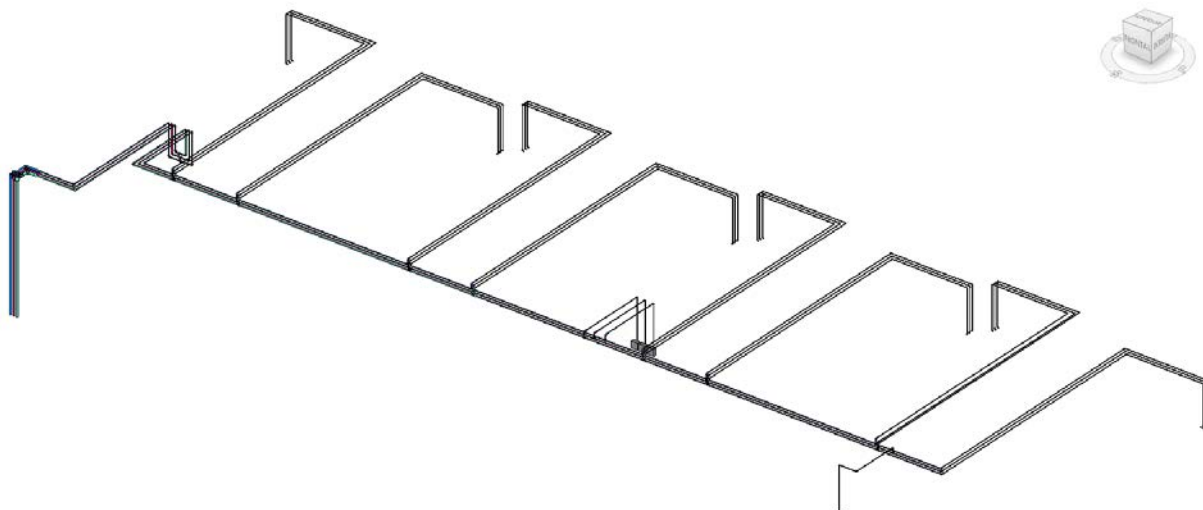
Fonte: Autoria própria.

5.1.4 – Quantitativo de gases medicinais

Por se tratar de uma obra hospitalar, as instalações de gases medicinais foram projetadas para o fornecimento a todo o prédio. O pavimento do hospital deste estudo possui rede de gases medicinais de oxigênio, ar comprimido e vácuo, sendo que as centrais de ar comprimido e vácuo estão localizadas na cobertura do prédio e a central de oxigênio no bloco existente, de modo a atender tanto o prédio existente quanto o prédio em construção. Das centrais de fornecimento, os gases são enviados aos pavimentos através de prumadas de gases e no pavimento é distribuído até o ponto de consumo.

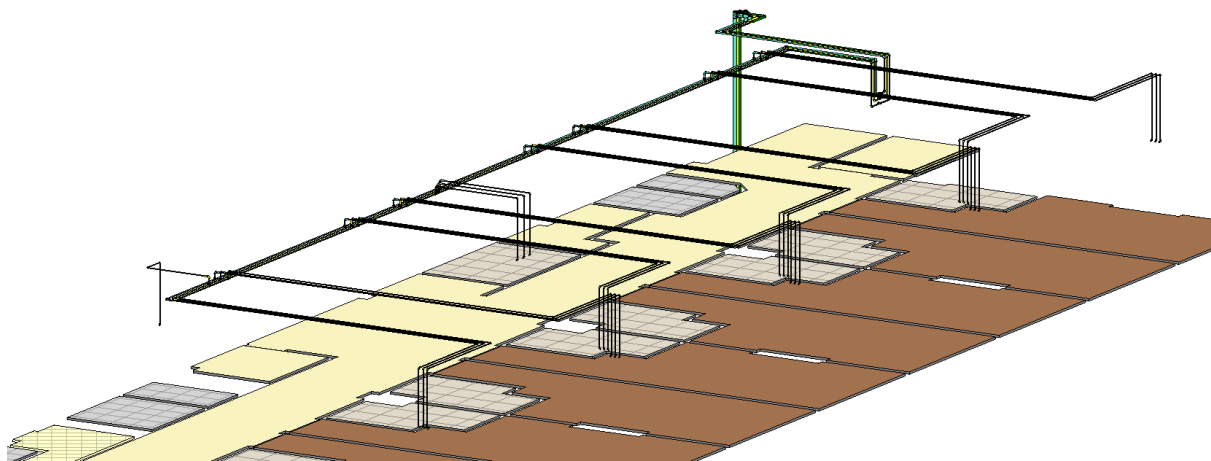
O pavimento modelado possui instalações de gases medicinais de oxigênio, vácuo e ar comprimido. As Figuras 30 e 31 exibem a modelagem do sistema de gases medicinais com a padronização de cores proposta pela AsBEA / ABRASIP (Anexo I).

Figura 30 – Modelo 3D de instalações de gases medicinais – Sistema isolado



Fonte: Autoria própria.

Figura 31 – Modelagem de gases medicinais – Com arquitetura



Fonte: Autoria própria.

5.1.4.1 Quantitativo de gás medicinal - Oxigênio

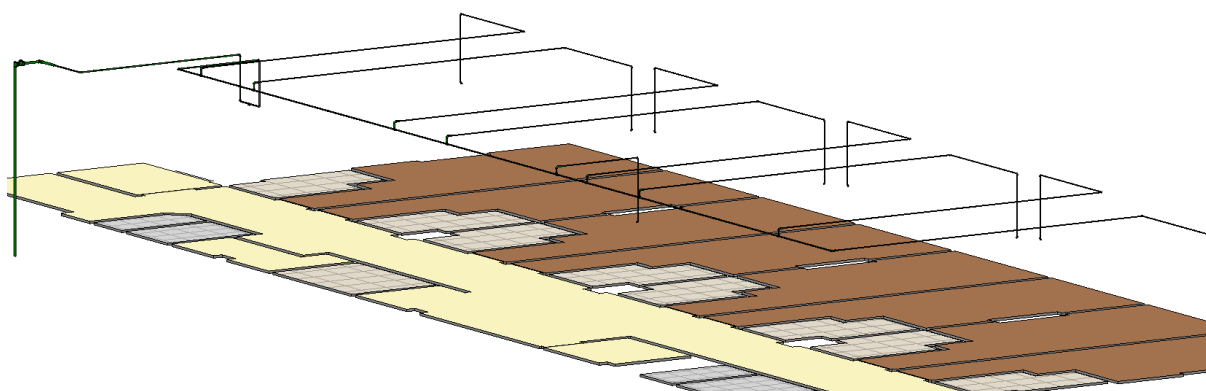
Da modelagem do sistema de gases medicinais – oxigênio - tem-se a Tabela 8 com os quantitativos extraídos do Revit 2016 e na Figura 32, o modelo 3D.

Tabela 8 – Quantitativos de instalações gases medicinais – oxigênio.

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
	TUBOS		
Oxigênio	Tubo de cobre classe A - 15 mm	M	91,36
Oxigênio	Tubo de cobre classe A - 22 mm	M	33,41
Oxigênio	Tubo de cobre classe A - 42 mm	M	4,58
	ACESSÓRIOS DE TUBO		
Oxigênio	Chave seccionadora de gases - 22mm	UND	1,00
Oxigênio	Joelho - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	26,00
Oxigênio	Joelho - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	15,00
Oxigênio	Joelho - Cobre, CLasse A - 42 mmø	UND	1,00
Oxigênio	Redução - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	9,00
Oxigênio	Redução - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	1,00
Oxigênio	Registro Esfera - 42mm	UND	1,00
Oxigênio	Te - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	8,00
Oxigênio	Te - Cobre, CLasse A - 42 mmø	UND	1,00

Fonte: Autoria própria.

Figura 32 – Modelagem da instalação de oxigênio



Fonte: Autoria própria.

5.1.4.2 Quantitativo de gás medicinal - Vácuo

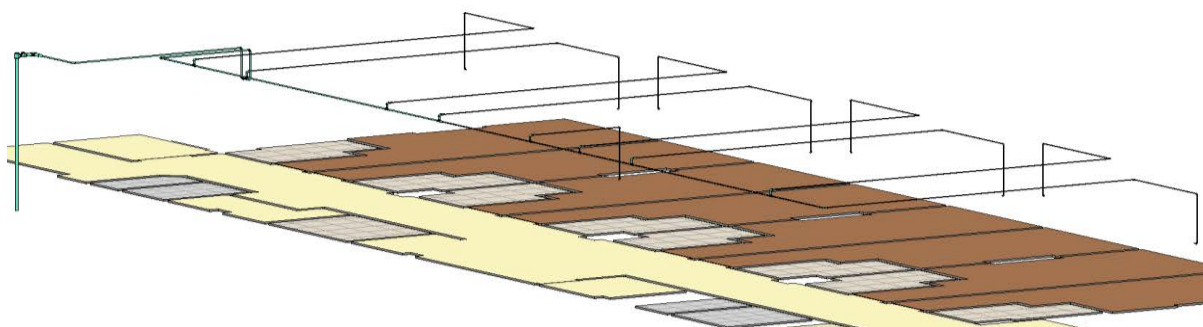
O quantitativo da instalação do sistema vácuo de gases medicinais, obtido através do Revit 2016 é apresentado na Tabela 9. A Figura 33 mostra o resultado da modelagem desse sistema.

Tabela 9 – Quantitativo da instalação de gases medicinais – Sistema de vácuo.

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
	TUBOS		
Vácuo	Tubo de cobre classe A - 15 mm	M	93,12
Vácuo	Tubo de cobre classe A - 22 mm	M	14,29
Vácuo	Tubo de cobre classe A - 28 mm	M	19,08
Vácuo	Tubo de cobre classe A - 66 mm	M	4,09
	ACESSÓRIOS DE TUBO		
Vácuo	Chave seccionadora de gases - 28mm	UND	1,00
Vácuo	Joelho - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	26,00
Vácuo	Joelho - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	5,00
Vácuo	Joelho - Cobre, CLasse A - 28 mmø	UND	10,00
Vácuo	Joelho - Cobre, CLasse A - 66 mmø	UND	1,00
Vácuo	Redução - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	5,00
Vácuo	Redução - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	4,00
Vácuo	Redução - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	1,00
Vácuo	Redução - Cobre, CLasse A - 28 mmø	UND	1,00
Vácuo	Registro Esfera - 66mm	UND	1,00
Vácuo	Te - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	4,00
Vácuo	Te - Cobre, CLasse A - 28 mmø	UND	4,00
Vácuo	Te - Cobre, CLasse A - 66 mmø	UND	1,00

Fonte: Autoria própria.

Figura 33 – Modelagem do sistema de vácuo



Fonte: Autoria própria.

5.1.4.3 Quantitativo de gás medicinal – Ar comprimido

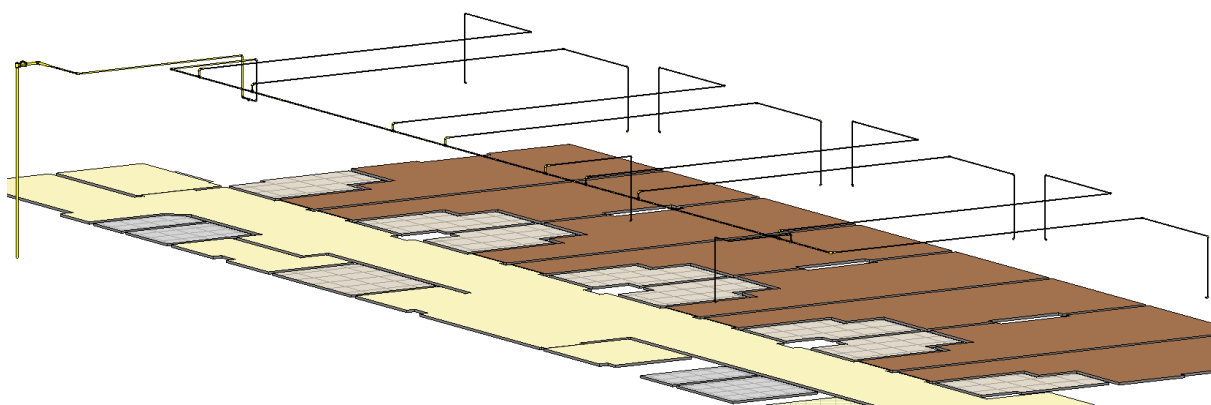
A partir da geração de quantitativo do Revit, tem-se na Tabela 10 as quantidades de materiais para o sistema de ar comprimido de gases medicinais. A Figura 34 apresenta o modelo do sistema de ar comprimido.

Tabela 10 – Quantitativo do sistema de ar comprimido de gases medicinais.

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
	TUBOS		
Ar Comprimido	Tubo de cobre classe A - 15 mm	M	95,34
Ar Comprimido	Tubo de cobre classe A - 22 mm	M	33,53
Ar Comprimido	Tubo de cobre classe A - 42 mm	M	4,38
	ACESSÓRIOS DE TUBO		
Ar Comprimido	Chave seccionadora de gases - 22mm	UND	1,00
Ar Comprimido	Joelho - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	29,00
Ar Comprimido	Joelho - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	16,00
Ar Comprimido	Joelho - Cobre, CLasse A - 42 mmø	UND	1,00
Ar Comprimido	Redução - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	10,00
Ar Comprimido	Redução - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	1,00
Ar Comprimido	Registro Esfera - 42mm	UND	1,00
Ar Comprimido	Te - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	9,00
Ar Comprimido	Te - Cobre, CLasse A - 42 mmø	UND	1,00

Fonte: Autoria própria.

Figura 34 – Modelagem do sistema de ar comprimido



Fonte: Autoria própria.

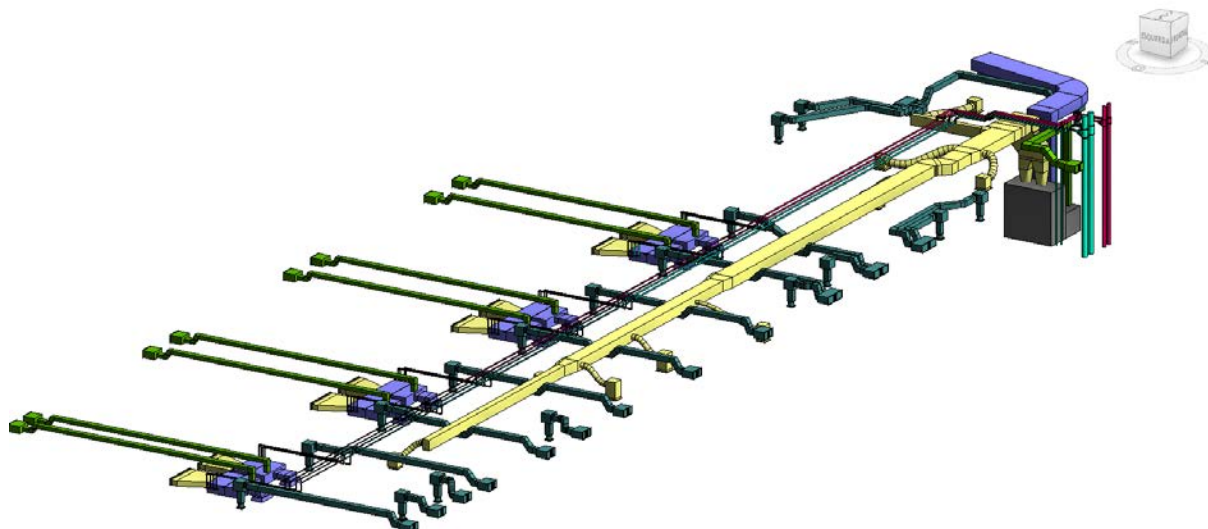
5.1.5 Quantitativo de climatização

A obra hospitalar, a qual está sendo tratada neste trabalho, possui um sistema de climatização que atende todos os ambientes do prédio. Por se tratar de uma instalação de grande porte e pelos benefícios financeiros possui sistema de condicionamento de ar do tipo expansão indireta. Nesse sistema há unidades de produção de água gelada (*chillers*) e quente que é distribuída pelos pavimentos e enviada para as unidades de tratamento de ar. Nos ambientes com controle exclusivo da temperatura do ar, o aquecimento ou arrefecimento do ar é realizado pelos fancoletes, e são ambientes menores. Nos ambientes com climatização central, com uma área a ser climatizada maior, o aquecimento ou resfriamento do ar é realizado por *fancoil*. Tanto no *fancoil* quanto no fancolete, tem-se a entrada de uma linha de água gelada e de água quente, provenientes das unidades de produção de água gelada e quente, respectivamente, e uma linha de retorno de água gelada e quente que voltam para as mesmas unidades de resfriamento e aquecimento, perfazendo um ciclo fechado de circulação de água. Essa água é levada às unidades de tratamento de ar através da tubulação hidráulica de climatização.

Já o ar que será arrefecido ou aquecido pelo equipamento de climatização é enviado através de dutos de admissão de ar externo (para renovação do ar do ambiente), e por dutos de retorno (para aquecimento ou resfriamento do ar que já está no ambiente). O ar que sai do equipamento fancolete ou *fancoil* é enviado ao ambiente por dutos de insuflamento. O descarte do ar do ambiente é feito através dos dutos de exaustão que pode ser feito pelo próprio equipamento de condicionamento de ar ou por exaustores.

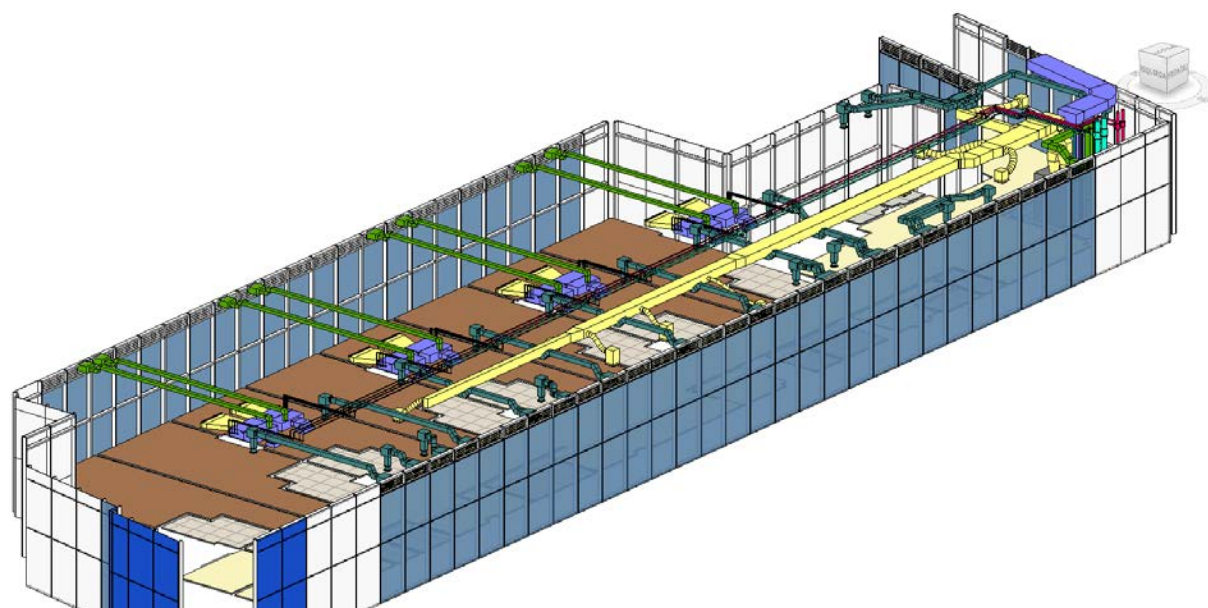
A modelagem 3D da climatização do pavimento foi dividida em cinco sistemas, sendo: sistema de admissão de ar externo, sistema de exaustão de ar, sistema de retorno de ar, sistema de insuflamento de ar condicionado e sistema hidráulico de água para climatização. A modelagem dos sistemas de climatização segue a padronização de cores proposta pela AsBEA e ABRASIP (Anexo I) e é mostrado nas Figuras 35 e 36.

Figura 35 – Modelagem da climatização do pavimento – Apenas sistema de climatização



Fonte: Autoria própria.

Figura 36 – Modelo 3D de climatização – Com arquitetura parcial do pavimento



Fonte: Autoria própria.

5.1.5.1 Quantitativo do sistema de admissão de ar externo

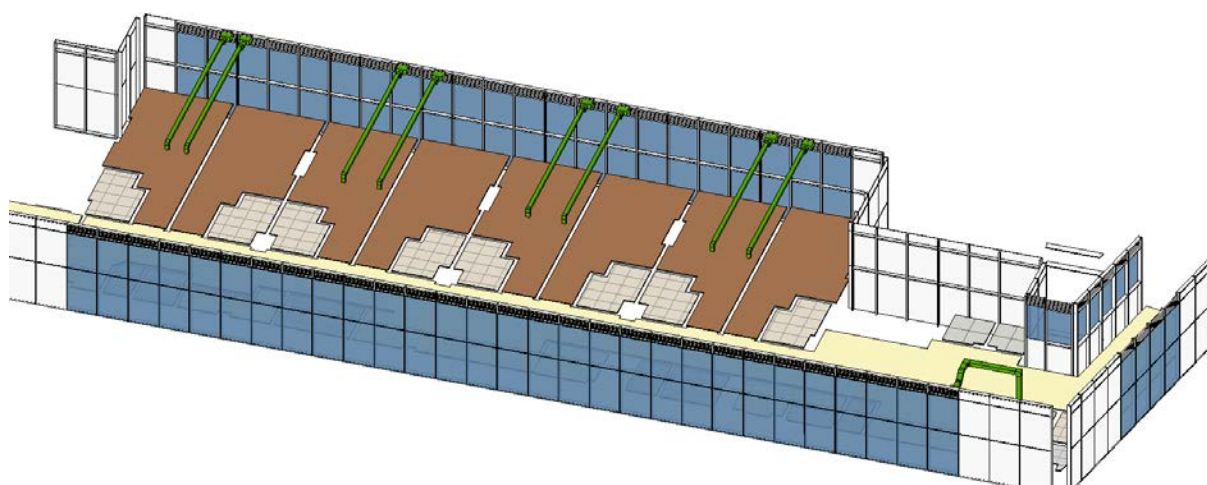
O sistema de admissão de ar externo modelado no programa Revit 2016 gerou o quantitativo extraído do mesmo programa, que é apresentado na Tabela 11. O modelo 3D desse sistema é mostrado na Figura 37.

Tabela 11 – Quantitativo do sistema de admissão e ar externo.

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
	TERMINAIS E GRELHAS DE AR		
Climatização - Admissão de Ar Externo	Caixa de Admissão de Ar Externo - <i>Plenum</i> TAE-40X20X35	UND	9,00
	CONEXÕES DE DUTOS		
Climatização - Admissão de Ar Externo	Cotovelo - 100 mm x 150 mm	UND	24,00
Climatização - Admissão de Ar Externo	Cotovelo - 150 mm x 200 mm	UND	4,00
	DUTOS		
Climatização - Admissão de Ar Externo	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 150 mmx100 mm	M ²	27,68
Climatização - Admissão de Ar Externo	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 200 mmx150 mm	M ²	3,39

Fonte: Autoria própria.

Figura 37 – Modelagem do sistema de admissão de ar externo



Fonte: Autoria própria.

5.1.5.2 Quantitativo do sistema de exaustão de ar

A Tabela 12, é resultado da extração de quantitativos do sistema de exaustão de ar feita no Revit 2016. O sistema de exaustão de ar modelado no Revit 2016 é exibido na Figura 38.

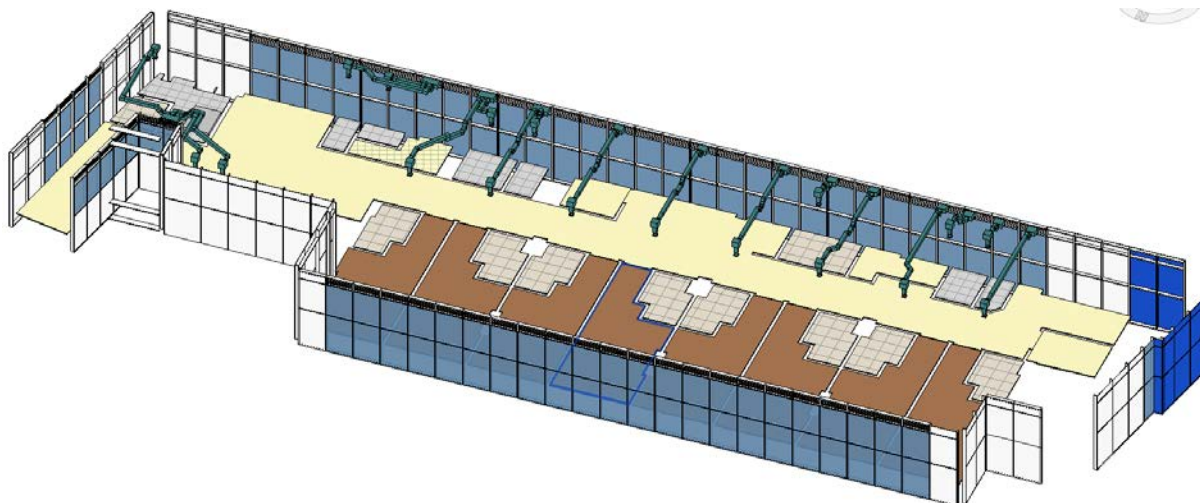
Tabela 12 – Quantitativo do sistema de exaustão de ar

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
	TERMINAIS E GRELHAS DE AR		
Climatização - Exaustão	Caixa de Exaustão - Plenum TEX-40X20X35	UND	9,00
Climatização - Exaustão	Caixa de Exaustão - Plenum TEX-70X20X35	UND	4,00
	EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO		
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-1 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-2 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-3 - Modelo: TH-200	UND	1,00

Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-4 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-5 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-6 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-7 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-8 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-9 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-10 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-11 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-12 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-13 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-14 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-15 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-16 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-17 - Modelo: TH-200	UND	1,00
Climatização - Exaustão	Exaustor - EX-9P-18 - Modelo: TH-200	UND	1,00
CONEXÕES DE DUTOS			
Climatização - Exaustão	Conexão Retangular - 150 mm x 110 mm	UND	17,00
Climatização - Exaustão	Conexão Retangular - 150 mm x 150 mm	UND	2,00
Climatização - Exaustão	Conexão Retangular - 150 mm x 150 mm	UND	2,00
Climatização - Exaustão	Conexão Retangular - 152 mm x 152 mm	UND	18,00
Climatização - Exaustão	Cotovelo - 150 mm x 150 mm	UND	88,00
Climatização - Exaustão	Redução de duto - 150 mm x 150 mm - 110 mm x 150 mm	UND	17,00
Climatização - Exaustão	Transição - 152 mm x 152 mm - 152 mmø	UND	18,00
DUTOS			
Climatização - Exaustão	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 110 mmx150 mm	M ²	0,12
Climatização - Exaustão	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 150 mmx150 mm	M ²	29,66
Climatização - Exaustão	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 152 mmx152 mm	M ²	3,60
Climatização - Exaustão	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 300 mmx300 mm	M ²	5,50

Fonte: Autoria própria.

Figura 38 – Modelagem 3D do sistema de exaustão de ar



Fonte: Autoria própria.

5.1.5.3 Quantitativo do sistema de retorno de ar

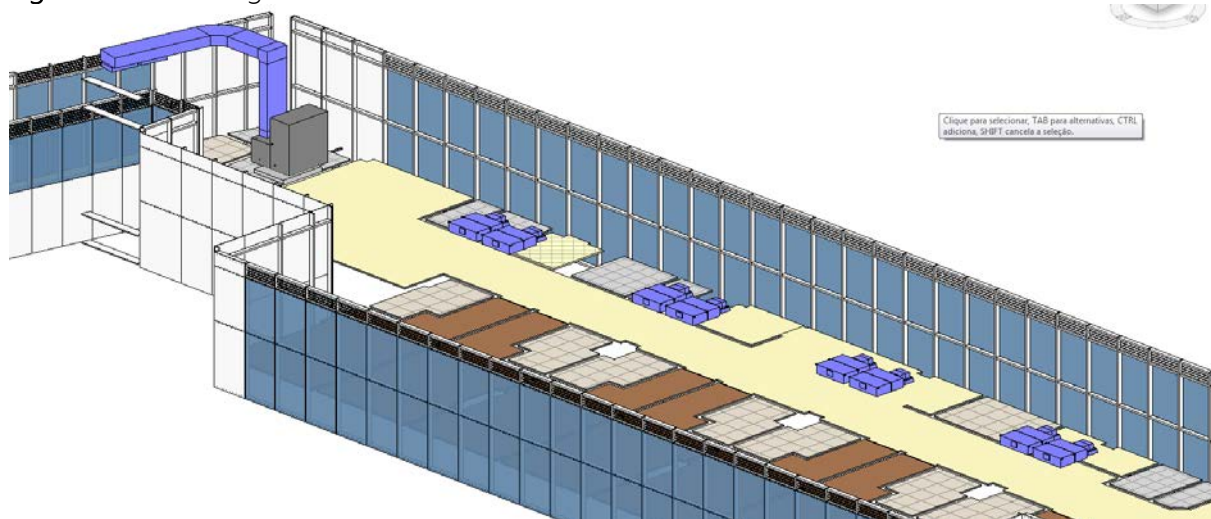
A extração de quantitativos do sistema de retorno de ar é mostrado na Tabela 13, a qual também contempla os equipamentos de climatização. Na Figura 39 tem-se o modelo 3D desse mesmo sistema

Tabela 13 – Quantitativos do sistema de retorno de ar

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
	TERMINAIS E GRELHAS DE AR		
Climatização - Retorno	Grelha de Retorno - GR - 50 X 30	UND	8,00
Climatização - Retorno	Grelha de Retorno - GR - 80 X 50	UND	2,00
	CONEXÕES DE DUTOS		
Climatização - Retorno	Conexão Retangular - 150 mm x 400 mm	UND	8,00
Climatização - Retorno	Conexão Retangular - 750 mm x 300 mm	UND	1,00
Climatização - Retorno	Conexão Retangular - 800 mm x 500 mm	UND	2,00
Climatização - Retorno	Cotovelo - 150 mm x 400 mm	UND	8,00
Climatização - Retorno	Cotovelo - 300 mm x 750 mm	UND	1,00
Climatização - Retorno	Curva - 750 mm x 300 mm	UND	1,00
Climatização - Retorno	Redução de duto - 500 mm x 300 mm - 400 mm x 150 mm	UND	8,00
	DUTOS		
Climatização - Retorno	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 1070 mmx270 mm	M ²	9,70
Climatização - Retorno	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 400 mmx150 mm	M ²	2,03
Climatização - Retorno	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 500 mmx300 mm	M ²	0,22
Climatização - Retorno	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 750 mmx300 mm	M ²	13,10
	EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO		
Climatização	Fancoil FC-9P-1 - Modelo: YM8	UND	1,00
Climatização	Fancolete FCT-9P-1 - Modelo: IBQ-HF-AP -1.5 TR	UND	1,00
Climatização	Fancolete FCT-9P-2 - Modelo: IBQ-HF-AP -1.5 TR	UND	1,00
Climatização	Fancolete FCT-9P-3 - Modelo: IBQ-HF-AP -1.5 TR	UND	1,00
Climatização	Fancolete FCT-9P-4 - Modelo: IBQ-HF-AP -1.5 TR	UND	1,00
Climatização	Fancolete FCT-9P-5 - Modelo: IBQ-HF-AP -1.5 TR	UND	1,00
Climatização	Fancolete FCT-9P-6 - Modelo: IBQ-HF-AP -1.5 TR	UND	1,00
Climatização	Fancolete FCT-9P-7 - Modelo: IBQ-HF-AP -1.5 TR	UND	1,00
Climatização	Fancolete FCT-9P-8 - Modelo: IBQ-HF-AP -1.5 TR	UND	1,00

Fonte: Autoria própria.

Figura 39 – Modelagem do sistema de retorno de ar

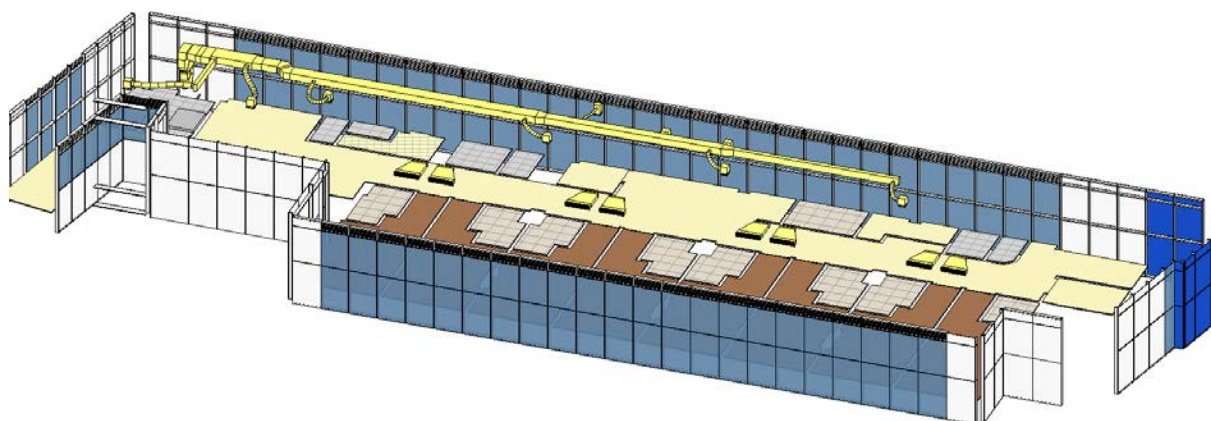


Fonte: Autoria própria.

5.1.5.4 Quantitativo do sistema de insuflamento de ar

O sistema de insuflamento de ar modelado no *software* Revit 2016 (Figura 40) possui os quantitativos listados na Tabela 14.

Figura 40 – Sistema de insuflamento modelado no Revit 2016



Fonte: Autoria própria.

Tabela 14 – Extração de quantitativos do sistema de insuflamento de ar

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
	TERMINAIS E GRELHAS DE AR		
Climatização - Insuflamento	Grelha retangular com Plenum - GI-100x15	UND	8,00
Climatização - Insuflamento	Grelha retangular com Plenum - GI-300X300	UND	6,00

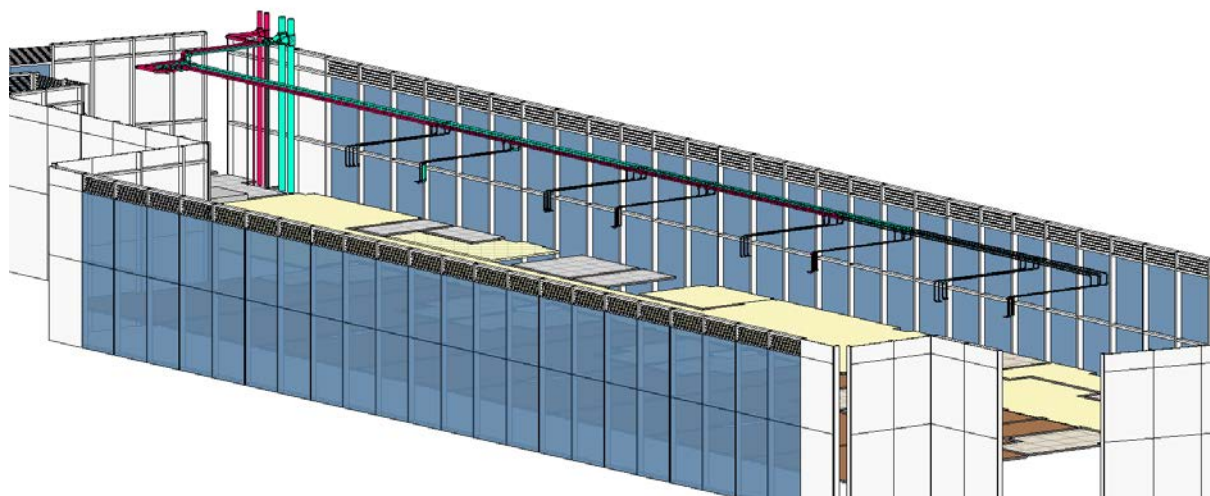
Climatização - Insuflamento	Grelha retangular com Plenum - GI-250X250	UND	4,00
CONEXÕES DE DUTOS			
Climatização - Insuflamento	Bifurcação 2 vias - 750 mm x 300 mm – 2 x 270 mm x 290 mm	UND	1,00
Climatização - Insuflamento	Bifurcação 2 vias - 850 mm x 300 mm - 700x300 150x300	UND	1,00
Climatização - Insuflamento	Conexão circular - ø102 mm	UND	2,00
Climatização - Insuflamento	Conexão circular - ø152 mm	UND	12,00
Climatização - Insuflamento	Conexão circular - ø203 mm	UND	6,00
Climatização - Insuflamento	Cotovelo - 150 mm x 300 mm	UND	1,00
Climatização - Insuflamento	Cotovelo - 550 mm x 300 mm	UND	2,00
Climatização - Insuflamento	Cotovelo - 750 mm x 300 mm	UND	3,00
Climatização - Insuflamento	Redução de duto - 1000 mm x 150 mm - 650 mm x 150 mm	UND	8,00
Climatização - Insuflamento	Redução de duto - 400 mm x 300 mm - 200 mm x 300 mm	UND	1,00
Climatização - Insuflamento	Redução de duto - 550 mm x 300 mm - 400 mm x 300 mm	UND	1,00
Climatização - Insuflamento	Redução de duto - 700 mm x 300 mm - 550 mm x 300 mm	UND	1,00
Climatização - Insuflamento	Redução de duto - 850 mm x 300 mm - 750 mm x 300 mm	UND	1,00
Climatização - Insuflamento	Transição - 270 mm x 290 mm - 270 mmø	UND	2,00
DUTOS			
Climatização - Insuflamento	Duto Flexível de Insuflamento - ø102 mm	M	1,79
Climatização - Insuflamento	Duto Flexível de Insuflamento - ø152 mm	M	5,87
Climatização - Insuflamento	Duto Flexível de Insuflamento - ø203 mm	M	5,34
Climatização - Insuflamento	Duto Flexível de Insuflamento - ø270 mm	M	0,04
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 1000 mmx150 mm	M ²	2,85
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 150 mmx300 mm	M ²	1,97
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 200 mmx300 mm	M ²	6,94
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 250 mmx250 mm	M ²	0,40
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 300 mmx300 mm	M ²	3,60
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 300 mmx750 mm	M ²	0,02
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 400 mmx300 mm	M ²	10,41
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 550 mmx300 mm	M ²	18,92
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 650 mmx150 mm	M ²	1,25
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 700 mmx300 mm	M ²	3,43
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 750 mmx300 mm	M ²	0,23
Climatização - Insuflamento	Duto rígido em chapa de aço galvanizado - 850 mmx300 mm	M ²	0,48

Fonte: Autoria própria.

5.1.5.5 Quantitativo do sistema hidráulico de água para climatização

O resultado da modelagem 3D é mostrado na Figura 41. O quantitativo do sistema hidráulico de água para climatização gerado no Revit 2016 é apresentado na Tabela 15.

Figura 41 – Resultado da modelagem 3D do sistema hidráulico de água para climatização



Fonte: Autoria própria.

Tabela 15 – Quantitativo dos materiais para rede hidráulica de climatização.

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
	ACESSÓRIOS DE TUBO		
Água Gelada Climatização	Válvula Esfera - 32mm	UND	2,00
Água Gelada Climatização	Joelho - Aço Carb. DIN 2440 - 20 mmø	UND	44,00
Água Gelada Climatização	Joelho - Aço Carb. DIN 2440 - 32 mmø	UND	16,00
Água Gelada Climatização	Joelho - Aço Carb. DIN 2440 - 40 mmø	UND	8,00
Água Gelada Climatização	Redução - Aço Carb. DIN 2440 - 20 mmø	UND	14,00
Água Gelada Climatização	Redução - Aço Carb. DIN 2440 - 25 mmø	UND	2,00
Água Gelada Climatização	Redução - Aço Carb. DIN 2440 - 32 mmø	UND	6,00
Água Gelada Climatização	Te - Aço Carb. DIN 2440 - 25 mmø	UND	2,00
Água Gelada Climatização	Te - Aço Carb. DIN 2440 - 32 mmø	UND	10,00
Água Gelada Climatização	Te - Aço Carb. DIN 2440 - 40 mmø	UND	4,00
Água Gelada Climatização	Te - Aço Carb. DIN 2440 - 50 mmø	UND	2,00
Água Quente Climatização	Joelho - Aço Carb. DIN 2440 - 20 mmø	UND	50,00
Água Quente Climatização	Joelho - Aço Carb. DIN 2440 - 40 mmø	UND	2,00
Água Quente Climatização	Joelho - Aço Carb. DIN 2440 - 50 mmø	UND	16,00
Água Quente Climatização	Redução - Aço Carb. DIN 2440 - 20 mmø	UND	12,00
Água Quente Climatização	Redução - Aço Carb. DIN 2440 - 25 mmø	UND	2,00
Água Quente Climatização	Redução - Aço Carb. DIN 2440 - 32 mmø	UND	2,00
Água Quente Climatização	Redução - Aço Carb. DIN 2440 - 40 mmø	UND	2,00
Água Quente Climatização	Redução - Aço Carb. DIN 2440 - 50 mmø	UND	2,00
Água Quente Climatização	Te - Aço Carb. DIN 2440 - 25 mmø	UND	2,00
Água Quente Climatização	Te - Aço Carb. DIN 2440 - 20 mmø	UND	4,00
Água Quente Climatização	Te - Aço Carb. DIN 2440 - 32 mmø	UND	8,00
Água Quente Climatização	Te - Aço Carb. DIN 2440 - 40 mmø	UND	2,00

	TUBOS		
Água Gelada Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 150 mm	M	7,38
Água Gelada Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 20 mm	M	47,59
Água Gelada Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 25 mm	M	9,22
Água Gelada Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 32 mm	M	34,00
Água Gelada Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 40 mm	M	38,01
Água Quente Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 100 mm	M	7,52
Água Quente Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 20 mm	M	65,23
Água Quente Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 25 mm	M	6,24
Água Quente Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 32 mm	M	28,88
Água Quente Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 40 mm	M	18,60
Água Quente Climatização	Tubo aço carbono preto DIN 2440 com costura - 50 mm	M	10,53

Fonte: Autoria própria.

5.2 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS PELO MÉTODO TRADICIONAL

O levantamento de quantitativos elaborado pelo método tradicional, ou seja, utilizando os projetos 2D, foi realizado pela construtora responsável pela execução da obra. Serão apresentados os quantitativos levantados pela construtora contratada, contemplando apenas os sistemas que foram realizados a modelagem 3D para possibilitar a comparação. Para a elaboração da planilha de comparativos dos sistemas do pavimento modelado foi necessário consultar cerca de 25 arquivos de projeto em duas dimensões, além dos memoriais descritivos de cada disciplina (seis memoriais descritivos para consulta).

5.2.1 Quantitativo de Arquitetura

É apresentado na Tabela 16 o quantitativo de arquitetura disponibilizado pela construtora.

Tabela 16 – Quantitativo de arquitetura pelo método tradicional.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL (TRADICIONAL)
ALVENARIAS E VEDAÇÕES		
Bloco Cerâmico 9 x 19 x 39 cm	M ²	11,35
Bloco Cerâmico 11,5 x 19 x 39 cm	M ²	646,70
Bloco Cerâmico 19 x 19 x 39 cm	M ²	314,88
Drywall 15 cm - Chapa ST dupla - Pintura x Pintura	M ²	266,25
FORRO		
FORRO EM GESSO ACARTONADO RESISTENTE À UMIDADE (RU)	M ²	39,97
FORRO EM GESSO ACARTONADO SIMPLES REJUNTADO - Esp 12.5mm	M ²	360,13

FORRO REMOVÍVEL ACÚSTICO EM PLACA 62.5x62.5cm	M ²	73,21
TABICA METÁLICA - COR BRANCA	M	511,25
MOLDURAS DE PAREDE		
PROTETOR DE PAREDE REF. CS-GROUP-ACROVYN - MODELO SCR-50	M	114,31
PROTETOR DE PAREDE REF. CS-GROUP-ACROVYN - MODELO HRB-4C	M	35,06
PORTAS		
Porta de Elevador - Elev. Emergência 9	UNID	1,00
Porta de Elevador - Elev. Social 6	UNID	1,00
Porta de Elevador - Elev. Social 7	UNID	1,00
Porta de Elevador - Elev. Técnico 8	UNID	1,00
Porta Dupla de Abrir em Madeira - PCF.07 / A2*	UNID	1,00
Porta Dupla de Abrir em Madeira - PCF.07 / A2**	UNID	1,00
Porta Dupla de Abrir em Madeira - PCF.11 / A2	UNID	1,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.02 / A1	UNID	2,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.03 / A1	UNID	2,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.03 / A1.V	UNID	3,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.03 / A1.V.#	UNID	1,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.04 / A1.B	UNID	9,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.04 / A1.V	UNID	2,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.04 / A1.V.#	UNID	1,00
Porta de Correr em Madeira - PM.05 / C1.V.#	UNID	1,00
Porta de Abrir em Madeira - PM.07 / A1.Ac	UNID	8,00
PISOS		
Piso Cerâmico 45 x 45 cm- Cargo <i>Plus</i>	M ²	25,35
Piso Cerâmico 59 x 59 cm - <i>Minimum Beige</i>	M ²	51,68
Piso Cerâmico 90 x 90 cm- <i>Portland Off-White</i>	M ²	7,66
Piso Vinílico - Manta <i>Absolute Madero</i>	M ²	177,74
Piso Vinílico - Manta <i>Eclipse Premium</i>	M ²	166,34

Fonte: Autoria própria.

5.2.2 Quantitativo de Superestrutura

O quantitativo de superestrutura realizado pela construtora está detalhado em lajes, pilares e vigas, e está apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 – Quantitativo de superestrutura.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
LAJES - Concreto Fck 40 Mpa	M ³	180,48
PILARES - Concreto Fck 40 Mpa	M ³	42,03
VIGAS - Concreto Fck 40 Mpa	M ³	75,68

Fonte: Autoria própria.

5.2.2 Quantitativo de hidráulica

Os quantitativos dos sistemas hidráulicos feitos pela construtora são apresentados nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 18 – Quantitativo de água fria realizado atualizando o projeto CAD.

ÁGUA FRIA		
DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
TUBOS		
Tubo de cobre hidrolar classe "A" Ø 22mm	M	240,00
Tubo de cobre hidrolar classe "A" Ø 28mm	M	50,00
Tubo de cobre hidrolar classe "A" Ø 35mm	M	25,00
Tubo de cobre hidrolar classe "A" Ø 42mm	M	40,00
Tubo de cobre hidrolar classe "A" Ø 54mm	M	30,00
Tubo de cobre hidrolar classe "A" Ø 66mm	M	10,00
ACESSÓRIOS DE TUBO		
Bucha de redução cobre s/ anel ponta x bolsa 600-2 Ø 28 x 22mm	PÇ	20,00
Bucha de redução cobre s/ anel ponta x bolsa 600-2 Ø 35 x 28mm	PÇ	2,00
Bucha de redução cobre s/ anel ponta x bolsa 600-2 Ø 42 x 35mm	PÇ	3,00
Bucha de redução cobre s/ anel ponta x bolsa 600-2 Ø 54 x 28mm	PÇ	2,00
Bucha de redução cobre s/ anel ponta x bolsa 600-2 Ø 54 x 42mm	PÇ	2,00
Conector RF cobre s/ anel bolsa x bolsa 603 Ø 22mm x 3/4"	PÇ	40,00
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 22mm x 3/4"	PÇ	34,00
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 28mm x 1"	PÇ	27,00
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 35mm x 1.1/4"	PÇ	9,00
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 42mm x 1.1/2"	PÇ	17,00
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 54mm x 2"	PÇ	5,00
Cotovelo 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 607 Ø 22mm	PÇ	143,00
Cotovelo 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 607 Ø 28mm	PÇ	13,00
Cotovelo 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 607 Ø 35mm	PÇ	8,00
Cotovelo 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 607 Ø 42mm	PÇ	5,00
Cotovelo RF 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 707-3 Ø 22mm x 1/2"	PÇ	37,00
Cotovelo RF 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 707-3 Ø 22mm x 3/4"	PÇ	17,00

Curva 45° cobre s/ anel bolsa x bolsa 606 Ø 54mm	PÇ	4,00
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 22mm	PÇ	36,00
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 28mm	PÇ	10,00
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 35mm	PÇ	5,00
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 42mm	PÇ	8,00
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 54mm	PÇ	6,00
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 66mm	PÇ	2,00
Tê cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611 Ø 22mm	PÇ	14,00
Tê cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611 Ø 28mm	PÇ	17,00
Tê cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611 Ø 35mm	PÇ	2,00
Tê cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611 Ø 42mm	PÇ	4,00
Tê cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611 Ø 54mm	PÇ	3,00
Tê c/ RF central cobre s/ anel bolsa x rosca x bolsa 712 Ø 22 x 3/4" x 22mm	PÇ	9,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 28 x 22 x 28mm	PÇ	4,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 35 x 22 x 35mm	PÇ	4,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 35 x 28 x 35mm	PÇ	3,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 42 x 22 x 42mm	PÇ	3,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 42 x 28 x 42mm	PÇ	3,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 42 x 35 x 42mm	PÇ	4,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 54 x 22 x 54mm	PÇ	3,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 54 x 28 x 54mm	PÇ	3,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 54 x 35 x 54mm	PÇ	2,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 54 x 42 x 54mm	PÇ	3,00

Fonte: Autoria própria.

Tabela 19 – Quantitativo de água quente realizado pelo método usual de orçamentação.

ÁGUA QUENTE		
DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
TUBOS		
Tubo de cobre hidrolar classe "A" Ø 22mm	M	200,00
Tubo de cobre hidrolar classe "A" Ø 28mm	M	80,00
Tubo de cobre hidrolar classe "A" Ø 35mm	M	45,00
Tubo de cobre hidrolar classe "A" Ø 42mm	M	25,00
ACESSÓRIOS DE TUBO		
Bucha de redução cobre s/ anel ponta x bolsa 600-2 Ø 28 x 22mm	PÇ	17,00
Bucha de redução cobre s/ anel ponta x bolsa 600-2 Ø 35 x 22mm	PÇ	2,00
Bucha de redução cobre s/ anel ponta x bolsa 600-2 Ø 42 x 22mm	PÇ	2,00
Bucha de redução cobre s/ anel ponta x bolsa 600-2 Ø 42 x 35mm	PÇ	2,00
Conector RF cobre s/ anel bolsa x bolsa 603 Ø 22mm x 3/4"	PÇ	9,00
Conector RF cobre s/ anel bolsa x bolsa 603 Ø 28mm x 1"	PÇ	17,00
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 22mm x 3/4"	PÇ	44,00
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 28mm x 1"	PÇ	3,00

Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 35mm x 1.1/4"	PÇ	11,00
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 42mm x 1.1/2"	PÇ	3,00
Cotovelo 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 607 Ø 22mm	PÇ	208,00
Cotovelo 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 607 Ø 28mm	PÇ	24,00
Cotovelo 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 607 Ø 35mm	PÇ	7,00
Cotovelo 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 607 Ø 42mm	PÇ	3,00
Cotovelo RF 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 707-3 Ø 22mm x 1/2"	PÇ	34,00
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 22mm	PÇ	40,00
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 28mm	PÇ	13,00
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 35mm	PÇ	6,00
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 42mm	PÇ	3,00
Tê cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611 Ø 22mm	PÇ	31,00
Tê cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611 Ø 28mm	PÇ	9,00
Tê cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611 Ø 35mm	PÇ	3,00
Tê cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611 Ø 42mm	PÇ	2,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 28 x 22 x 28mm	PÇ	6,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 35 x 28 x 35mm	PÇ	3,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 42 x 22 x 42mm	PÇ	2,00
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 42 x 35 x 42mm	PÇ	2,00
Proteção para tubo tipo elumaflex Ø 22mm	M	215,00
Proteção para tubo tipo elumaflex Ø 28mm	M	70,00
Proteção para tubo tipo elumaflex Ø 35mm	M	30,00
Proteção para tubo tipo elumaflex Ø 42mm	M	15,00

Fonte: Autoria própria.

5.2.3 Quantitativo de Gases Medicinais

É apresentado na Tabela 20 o levantamento de quantitativos das instalações de gases medicinais para o pavimento modelado.

Tabela 20 – Quantitativos do sistema de gases medicinais realizado pelo método tradicional.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
Sistema de Oxigênio Medicinal		
Tubo de cobre hidrolar classe A Ø 15mm	M	115,00
Tubo de cobre hidrolar classe A Ø 22mm	M	42,00
Conexões de cobre	VB	1,00
Sistema de Ar Comprimido Medicinal		
Tubo de cobre hidrolar classe A Ø 15mm	M	120,00
Tubo de cobre hidrolar classe A Ø 22mm	M	42,00

Conexões de cobre	VB	1,00
Sistema de Vácuo Clínico		
Tubo de cobre hidrolar classe A Ø 15mm	M	115,00
Tubo de cobre hidrolar classe A Ø 22mm	M	16,00
Tubo de cobre hidrolar classe A Ø 28mm	M	28,00
Conexões de cobre	VB	1,00

Fonte: Autoria própria.

5.2.4 Quantitativo de climatização

Os sistemas que compõem climatização não foram especificados no orçamento da construtora e a Tabela 21 apresenta os quantitativos disponibilizados. Foi mantida a organização original dos itens e em alguns materiais foi orçada apenas uma verba.

Tabela 21 – Levantamento de quantitativo de climatização elaborado pela construtora.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
REDES DE DUTOS PARA DISTRIBUIÇÃO E RETORNO DE AR CONDICIONADO	VERBA	
DUTOS DE AÇO GALVANIZADO	VERBA	
09º Pavimento	KG	800,00
DUTOS DE PVC	VERBA	
09º PAVIMENTO	M	75,00
DUTOS FLEXÍVEIS	VERBA	
Dutos flexíveis	VERBA	1,00
BOCAS DE AR	VERBA	
DIFUSORES QUADRADOS	UNIDADE	
09º pavimento	VERBA	1,00
GRELHAS DE DISTRIBUIÇÃO DE AR	UNIDADE	
09º pavimento	VERBA	1,00
<i>DAMPERS</i> DE REGULAGEM	VERBA	
09º pavimento	VERBA	1,00
SISTEMA DE ÁGUA GELADA	VERBA	
REDE HIDRÁULICA DE ÁGUA DE ÁGUA GELADA	VERBA	
Prumada	VERBA	1,00
09º Pavimento	VERBA	1,00
<i>FAN COIL</i>	VERBA	
9º PAVIMENTO - <i>FAN COIL</i>		
FC-9P-01 5100 m³/h G4 S	PÇ	1,00
9º PAVIMENTO - FANCOLETE		
FCT-9P-01 a 08 1020 m³/h G4 S	PÇ	8,00
INSTALAÇÕES DE EXAUSTÃO	VERBA	
9º PAVIMENTO		

EX-9P-01 a 08 150 m³/h	PÇ	8,00
EX-9P-09 150 m³/h	PÇ	1,00
EX-9P-10 200 m³/h	PÇ	1,00
EX-9P-11 150 m³/h	PÇ	1,00
EX-9P-12 150 m³/h	PÇ	1,00
EX-9P-13 250 m³/h	PÇ	1,00
EX-9P-14 e 15 150 m³/h	PÇ	2,00
EX-9P-16 a 18 150 m³/h	PÇ	3,00

Fonte: Autoria própria.

5.3 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Apresenta-se nessa seção a comparação entre os resultados obtidos pelo método automatizado e pelo método manual. Como a modelagem foi realizada seguindo os projetos 2D e os materiais descritos conforme o projeto e o levantamento manual de quantitativo foi extraído da planilha financeira da construtora, a descrição dos itens apresentavam alguma diferença. Sendo assim, os itens foram equalizados numa mesma planilha e manteve-se a descrição dos elementos modelados. Nos sistemas de instalações não foi possível equalizar todos os itens e as especificidades encontradas em cada sistema será apresentada a seguir.

5.3.1 Arquitetura

A comparação entre os levantamentos de quantitativos dos métodos através do *software* BIM, Revit 2016, e o método utilizando os projetos 2D é apresentado na Tabela 22. Verifica-se que nos itens unitários não há variação do quantitativo, como é o caso de portas. Nos demais itens há variação do quantitativo e normalmente a construtora apresenta quantitativos superiores aos levantados a partir do modelo 3D no Revit.

Tabela 22 – Comparação dos quantitativos de arquitetura.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL		VARIÇÃO
		Revit	Construtora	
ALVENARIAS E VEDAÇÕES				
Bloco Cerâmico 9 x 19 x 39 cm	M²	10,03	11,35	13%
Bloco Cerâmico 11,5 x 19 x 39 cm	M²	543,90	646,70	19%

Bloco Cerâmico 19 x 19 x 39 cm	M ²	254,96	314,88	24%
Drywall 15 cm - Chapa ST dupla - Pintura x Pintura	M ²	231,57	266,25	15%
FORRO				
FORRO EM GESSO ACARTONADO RESISTENTE Á UMIDADE (RU)	M ²	36,25	39,97	10%
FORRO EM GESSO ACARTONADO SIMPLES REJUNTADO – Esp. 12.5mm	M ²	303,99	360,13	18%
FORRO REMOVÍVEL ACÚSTICO EM PLACA 62.5x62.5cm	M ²	73,30	73,21	0%
TABICA METÁLICA - COR BRANCA	M	378,13	511,25	35%
MOLDURAS DE PAREDE				
PROTECTOR DE PAREDE REF. CS-GROUP-ACROVYN - MODELO SCR-50	M	144,96	114,31	-21%
PROTECTOR DE PAREDE REF. CS-GROUP-ACROVYN - MODELO HRB-4C	M	36,47	35,06	-4%
PORTAS				
Porta de Elevador - Elev. Emergência 9	UNID	1,00	1,00	0%
Porta de Elevador - Elev. Social 6	UNID	1,00	1,00	0%
Porta de Elevador - Elev. Social 7	UNID	1,00	1,00	0%
Porta de Elevador - Elev. Técnico 8	UNID	1,00	1,00	0%
Porta Dupla de Abrir em Madeira - PCF.07 / A2*	UNID	1,00	1,00	0%
Porta Dupla de Abrir em Madeira - PCF.07 / A2**	UNID	1,00	1,00	0%
Porta Dupla de Abrir em Madeira - PCF.11 / A2	UNID	1,00	1,00	0%
Porta de Abrir em Madeira - PM.02 / A1	UNID	2,00	2,00	0%
Porta de Abrir em Madeira - PM.03 / A1	UNID	2,00	2,00	0%
Porta de Abrir em Madeira - PM.03 / A1.V	UNID	3,00	3,00	0%
Porta de Abrir em Madeira - PM.03 / A1.V.#	UNID	1,00	1,00	0%
Porta de Abrir em Madeira - PM.04 / A1.B	UNID	9,00	9,00	0%
Porta de Abrir em Madeira - PM.04 / A1.V	UNID	2,00	2,00	0%
Porta de Abrir em Madeira - PM.04 / A1.V.#	UNID	1,00	1,00	0%
Porta de Correr em Madeira - PM.05 / C1.V.#	UNID	1,00	1,00	0%
Porta de Abrir em Madeira - PM.07 / A1.Ac	UNID	8,00	8,00	0%
PISOS				
Piso Cerâmico 45 x 45 cm- Cargo Plus	M ²	22,19	25,35	14%
Piso Cerâmico 59 x 59 cm - Minimum Beige	M ²	54,17	51,68	-5%
Piso Cerâmico 90 x 90 cm- Portland Off-White	M ²	4,68	7,66	64%
Piso Vinílico - Manta Absolute Madero	M ²	177,04	177,74	0%
Piso Vinílico - Manta Eclipse Premium	M ²	168,95	166,34	-2%

Fonte: Autoria própria.

A maior distorção está no quantitativo de piso cerâmico 90x90 cm *portland off-white*, orçado com 64% a mais que o . Alvenarias e vedações também apresentaram uma distorção significativa, sendo que todos os itens foram orçados a mais pela construtora, tendo parede em bloco cerâmico 19x19x39 cm o mais destoante. Os itens referentes a revestimento interno (chapisco, emboço e reboco) não foram extraídos seus quantitativos, apesar de fazerem parte da composição das paredes do modelo. Como, convencionalmente, o orçamentista com base no quantitativo de

paredes orça itens como revestimentos de parede (chapisco, emboço e reboco) e pintura, a distorção constatada em alvenaria na comparação entre métodos também se repetirá nos itens de revestimentos.

Em contrapartida, moldura de parede foi orçado a menos pela construtora, resultando em prejuízo para a mesma. Isso se deve ao fato desse material ser detalhado tanto no projeto de arquitetura quanto no projeto de arquitetura de interiores e, provavelmente, o orçamentista não consultou o projeto de interiores para o seu levantamento.

5.3.2 Superestrutura

São apresentados na Tabela 23 os resultados da extração de quantitativos da superestrutura pelo Revit 2016 e pelo método manual realizado pela construtora. O Revit 2016 possibilita a extração de quantitativos com o nível de detalhamento conforme o usuário deseja e em coerência com as informações inseridas no momento da modelagem. O quantitativo da construtora não possui o mesmo nível de detalhamento do quantitativo automático, dessa forma, os itens não especificados pela construtora estão em branco.

Tabela 23 – Comparação dos quantitativos de superestrutura

TIPO	PAVIMENTO	VOLUME CONCRETO [m ³]		VARIÇÃO
		Revit 2016	Construtora	
LAJES		153,60	180,48	18%
Laje 11 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	3,12		
Laje 12 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	15,11		
Laje 13 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	30,10		
Laje 14 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	11,08		
Laje 15 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	9,16		
Laje 17 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	7,39		
Laje 18 cm - Fck 40 MPa	9º Pavimento	14,34		
Laje 11 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	3,21		
Laje 12 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	15,11		
Laje 13 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	3,01		
Laje 14 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	11,08		
Laje 15 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	9,16		
Laje 17 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	7,39		
Laje 18 cm - Fck 40 MPa	10º Pavimento	14,34		
PILARES		38,74	42,03	9%
Pilar 20 x 60 cm	9º Pavimento	0,95		

Pilar 20 x 70 cm	9º Pavimento	0,55		
Pilar 21 x 165 cm	9º Pavimento	4,11		
Pilar 30 x 14 cm	9º Pavimento	0,33		
Pilar 30 x 46 cm	9º Pavimento	0,55		
Pilar 40 x 46 cm	9º Pavimento	0,73		
Pilar 50 x 40 cm	9º Pavimento	2,37		
Pilar 60 x 40 cm	9º Pavimento	1,90		
Pilar 60 x 50 cm	9º Pavimento	3,56		
Pilar 233 x 18 cm	9º Pavimento	3,31		
Pilar 233 x 20 cm	9º Pavimento	1,84		
Pilar 255 x 25 cm	9º Pavimento	2,52		
Pilar 263 x 20 cm	9º Pavimento	2,08		
Pilar 410 x 22 cm	9º Pavimento	3,56		
Pilar 472,50 x 20 cm	9º Pavimento	3,73		
Pilar-parede Concreto Fck 40 MPa	9º Pavimento	6,65		
VIGAS		66,18	75,68	14%
Viga 14 x 80 cm	9º Pavimento	0,51		
Viga 20 x 50 cm	9º Pavimento	6,79		
Viga 20 x 80 cm	9º Pavimento	16,50		
Viga 25 x 50 cm	9º Pavimento	5,34		
Viga 25 x 80 cm	9º Pavimento	4,91		
Viga 14 x 80 cm	10º Pavimento	0,47		
Viga 20 x 50 cm	10º Pavimento	6,53		
Viga 20 x 80 cm	10º Pavimento	15,65		
Viga 25 x 50 cm	10º Pavimento	4,72		
Viga 25 x 80 cm	10º Pavimento	4,76		

Fonte: Autoria própria.

Observa-se uma variação entre os quantitativos de lajes, pilares e vigas. Nesses itens a construtora orçou a mais, o item lajes chega a 18% a mais que o resultado através do Revit. No geral, a construtora orçou 15% a mais de concreto apenas nesse pavimento.

5.3.3 Hidráulica

Os quantitativos dos sistemas hidráulicos são apresentados na Tabela 24 e 25. Alguns itens não foram modelados e, portanto, não constam na planilha de quantitativos. Esses itens não são detalhados no projeto e, para que o modelo contemple essas conexões, se aproximando da realidade da instalação que será executada, deve-se ter a presença do executor no momento da modelagem.

Tabela 24 – Comparação entre os quantitativos de água fria

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL		VARIACÃO
		Revit	Construtora	
TUBOS				
Tubo de cobre classe A - 22 mmø	M	119,35	240,00	101%
Tubo de cobre classe A - 28 mmø	M	36,43	50,00	37%
Tubo de cobre classe A - 35 mmø	M	18,08	25,00	38%
Tubo de cobre classe A - 42 mmø	M	22,98	40,00	74%
Tubo de cobre classe A - 50 mmø	M	3,03	-	
Tubo de cobre classe A - 54 mmø	M	22,13	30,00	36%
Tubo de cobre classe A - 66 mmø	M	7,90	10,00	27%
ACESSÓRIOS DE TUBO				
Joelho - Cobre, Classe A - 22 mmø	UND	139,00	143,00	3%
Joelho - Cobre, Classe A - 28 mmø	UND	13,00	13,00	0%
Joelho - Cobre, Classe A - 35 mmø	UND	3,00	8,00	167%
Joelho - Cobre, Classe A - 42 mmø	UND	6,00	5,00	-17%
Joelho - Cobre, Classe A - 50 mmø	UND	2,00	-	
Joelho - Cobre, Classe A - 54 mmø	UND	2,00	-	
Redução - Cobre, Classe A - 28 mmø-22 mmø	UND	20,00	20,00	0%
Redução - Cobre, Classe A - 35 mmø-22 mmø	UND	3,00	-	
Redução - Cobre, Classe A - 35 mmø-28 mmø	UND	3,00	2,00	-33%
Redução - Cobre, Classe A - 42 mmø-22 mmø	UND	2,00	-	
Redução - Cobre, Classe A - 42 mmø-28 mmø	UND	5,00	-	
Redução - Cobre, Classe A - 42 mmø-35 mmø	UND	5,00	3,00	-40%
Redução - Cobre, Classe A - 50 mmø-35 mmø	UND	1,00	-	
Redução - Cobre, Classe A - 54 mmø-22 mmø	UND	3,00	-	
Redução - Cobre, Classe A - 54 mmø-28 mmø	UND	3,00	2,00	-33%
Redução - Cobre, Classe A - 54 mmø-42 mmø	UND	3,00	2,00	-33%
Registro esfera - 28mm	UND	5,00	-	
Registro esfera - 35mm	UND	2,00	-	
Registro esfera - 42mm	UND	2,00	-	
Registro esfera - 54mm	UND	2,00	-	
Registro de Gaveta - 22mm	UND	6,00	-	
Registro de Gaveta - 28mm	UND	8,00	-	
Te - Cobre, Classe A - 22 mmø	UND	15,00	14,00	-7%
Te - Cobre, Classe A - 28 mmø	UND	20,00	17,00	-15%
Te - Cobre, Classe A - 35 mmø	UND	6,00	2,00	-67%
Te - Cobre, Classe A - 42 mmø	UND	9,00	4,00	-56%
Te - Cobre, Classe A - 54 mmø	UND	9,00	3,00	-67%
Conector RF cobre s/ anel bolsa x bolsa 603 Ø 22mm x 3/4"	UND	-	40,00	
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 22mm x 3/4"	UND	-	34,00	
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 28mm x 1"	UND	-	27,00	
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 35mm x 1.1/4"	UND	-	9,00	

Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 42mm x 1.1/2"	UND	-	17,00	
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 54mm x 2"	UND	-	5,00	
Cotovelo RF 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 707-3 Ø 22mm x 1/2"	UND	-	37,00	
Cotovelo RF 90° cobre s/ anel bolsa x bolsa 707-3 Ø 22mm x 3/4"	UND	-	17,00	
Curva 45° cobre s/ anel bolsa x bolsa 606 Ø 54mm	UND	-	4,00	
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 22mm	UND	-	36,00	
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 28mm	UND	-	10,00	
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 35mm	UND	-	5,00	
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 42mm	UND	-	8,00	
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 54mm	UND	-	6,00	
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 66mm	UND	-	2,00	
Tê c/ RF central cobre s/ anel bolsa x rosca x bolsa 712 Ø 22 x 3/4" x 22mm	UND	-	9,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 28 x 22 x 28mm	UND	-	4,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 35 x 22 x 35mm	UND	-	4,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 35 x 28 x 35mm	UND	-	3,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 42 x 22 x 42mm	UND	-	3,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 42 x 28 x 42mm	UND	-	3,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 42 x 35 x 42mm	UND	-	4,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 54 x 22 x 54mm	UND	-	3,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 54 x 28 x 54mm	UND	-	3,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 54 x 35 x 54mm	UND	-	2,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 54 x 42 x 54mm	UND	-	3,00	

Fonte: Autoria própria.

Tabela 25 – Comparação entre os quantitativos de água quente

DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL		VARIÇÃO
		Revit	Construtora	
TUBOS				
Tubo de cobre classe A - 22 mmØ	M	135,24	200,00	48%
Tubo de cobre classe A - 28 mmØ	M	42,48	80,00	88%
Tubo de cobre classe A - 35 mmØ	M	32,57	45,00	38%
Tubo de cobre classe A - 42 mmØ	M	10,37	25,00	141%
ACESSÓRIOS DE TUBO				
Joelho - Cobre, Classe A - 22 mmØ	UND	217,00	208,00	-4%
Joelho - Cobre, Classe A - 35 mmØ	UND	6,00	24,00	300%
Joelho - Cobre, Classe A - 28 mmØ	UND	8,00	7,00	-13%
Joelho - Cobre, Classe A - 42 mmØ	UND	3,00	3,00	0%
Redução - Cobre, Classe A - 28 mmØ-22 mmØ	UND	8,00	17,00	113%
Redução - Cobre, Classe A - 35 mmØ-22 mmØ	UND	3,00	2,00	-33%
Redução - Cobre, Classe A - 35 mmØ-28 mmØ	UND	3,00	-	
Redução - Cobre, Classe A - 42 mmØ-22 mmØ	UND	2,00	2,00	0%
Redução - Cobre, Classe A - 42 mmØ-35 mmØ	UND	2,00	2,00	0%
Registro esfera - 22mm	UND	5,00	-	

Registro esfera - 28mm	UND	1,00	-	
Registro esfera - 35mm	UND	5,00	-	
Registro esfera - 42mm	UND	1,00	-	
Registro de Gaveta - 22mm	UND	13,00	-	
Registro de Gaveta - 28mm	UND	3,00	-	
Te - Cobre, Classe A - 22 mmø	UND	13,00	31,00	138%
Te - Cobre, Classe A - 28 mmø	UND	3,00	9,00	200%
Te - Cobre, Classe A - 35 mmø	UND	7,00	3,00	-57%
Te - Cobre, Classe A - 42 mmø	UND	3,00	2,00	-33%
Conector RF cobre s/ anel bolsa x bolsa 603 Ø 22mm x 3/4"	PÇ	-	9,00	
Conector RF cobre s/ anel bolsa x bolsa 603 Ø 28mm x 1"	PÇ	-	17,00	
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 22mm x 3/4"	PÇ	-	44,00	
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 28mm x 1"	PÇ	-	3,00	
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 35mm x 1.1/4"	PÇ	-	11,00	
Conector RM cobre s/ anel bolsa x ponta 604 Ø 42mm x 1.1/2"	PÇ	-	3,00	
Cotovelo RF 90º cobre s/ anel bolsa x bolsa 707-3 Ø 22mm x 1/2"	PÇ	-	34,00	
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 22mm	PÇ	-	40,00	
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 28mm	PÇ	-	13,00	
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 35mm	PÇ	-	6,00	
Luva cobre s/ anel bolsa x bolsa 600 Ø 42mm	PÇ	-	3,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 28 x 22 x 28mm	PÇ	-	6,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 35 x 28 x 35mm	PÇ	-	3,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 42 x 22 x 42mm	PÇ	-	2,00	
Te red. central cobre s/ anel bolsa x bolsa x bolsa 611-RC Ø 42 x 35 x 42mm	PÇ	-	2,00	
Proteção para tubo tipo elumaflex Ø 22mm	M	-	215,00	
Proteção para tubo tipo elumaflex Ø 28mm	M	-	70,00	
Proteção para tubo tipo elumaflex Ø 35mm	M	-	30,00	
Proteção para tubo tipo elumaflex Ø 42mm	M	-	15,00	
METAIS				
Misturador termostático - Deca CR10 Cromado Metal	UND	8,00	-	

Fonte: Aatoria própria.

Os levantamentos de quantitativos de instalações, historicamente, apresentam-se falhos. No caso da obra em estudo, onde não possui pavimento tipo e as instalações mudam muito de um pavimento para outro, exigiu que se atentasse para os projetos para a realização do orçamento. Os quantitativos de conexões de tubos de ambas as instalações oferecem obstáculos para comparação, já que os projetos 2D abrem espaço para interpretações dúbias. As ramificações da rede de distribuição para os pontos de consumo não indicam como é a conexão de derivação, interferindo no quantitativo das conexões.

Entretanto, o quantitativo das tubulações é possível de ser comparado. As distorções são

grandes e o valor levantado a mais pela construtora na quantidade de tubos varia entre 27% a 141%. Destaca-se o tubo de cobre classe A de 42 mm de diâmetro para a instalação de água quente que foi orçado em uma quantidade 2,41 vezes a quantidade de projeto.

5.3.4 Gases medicinais

As instalações de gases medicinais são no mesmo material das instalações hidráulica de água para consumo, portanto utilizam as mesmas conexões de tubo de hidráulica; essas conexões não foram inseridas no modelo. A Tabela 26 apresenta o pareamento dos quantitativos feitos pelo método utilizando conceitos BIM e o método convencional.

Tabela 26 – Comparação entre quantitativo de gases medicinais

SISTEMA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL		VARIÇÃO
			Revit	Construtora	
	TUBOS				
Ar Comprimido	Tubo de cobre classe A - 15 mm	M	95,34	120,00	26%
Ar Comprimido	Tubo de cobre classe A - 22 mm	M	33,53	42,00	25%
Ar Comprimido	Tubo de cobre classe A - 42 mm	M	4,38	-	
Oxigênio	Tubo de cobre classe A - 15 mm	M	91,36	115,00	26%
Oxigênio	Tubo de cobre classe A - 22 mm	M	33,41	42,00	26%
Oxigênio	Tubo de cobre classe A - 42 mm	M	4,58	-	
Vácuo	Tubo de cobre classe A - 15 mm	M	93,12	115,00	23%
Vácuo	Tubo de cobre classe A - 22 mm	M	14,29	16,00	12%
Vácuo	Tubo de cobre classe A - 28 mm	M	19,08	28,00	47%
Vácuo	Tubo de cobre classe A - 66 mm	M	4,09	-	
	ACESSÓRIOS DE TUBO				
Ar Comprimido	Chave seccionadora de gases - 22mm	UND	1,00	-	
Ar Comprimido	Joelho - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	29,00	-	
Ar Comprimido	Joelho - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	16,00	-	
Ar Comprimido	Joelho - Cobre, CLasse A - 42 mmø	UND	1,00	-	
Ar Comprimido	Redução - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	10,00	-	
Ar Comprimido	Redução - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	1,00	-	
Ar Comprimido	Registro Esfera - 42mm	UND	1,00	-	
Ar Comprimido	Te - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	9,00	-	
Ar Comprimido	Te - Cobre, CLasse A - 42 mmø	UND	1,00	-	
Oxigênio	Chave seccionadora de gases - 22mm	UND	1,00	-	
Oxigênio	Joelho - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	26,00	-	

Oxigênio	Joelho - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	15,00	-
Oxigênio	Joelho - Cobre, CLasse A - 42 mmø	UND	1,00	-
Oxigênio	Redução - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	9,00	-
Oxigênio	Redução - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	1,00	-
Oxigênio	Registro Esfera - 42mm	UND	1,00	-
Oxigênio	Te - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	8,00	-
Oxigênio	Te - Cobre, CLasse A - 42 mmø	UND	1,00	-
Vácuo	Chave seccionadora de gases - 28mm	UND	1,00	-
Vácuo	Joelho - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	26,00	-
Vácuo	Joelho - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	5,00	-
Vácuo	Joelho - Cobre, CLasse A - 28 mmø	UND	10,00	-
Vácuo	Joelho - Cobre, CLasse A - 66 mmø	UND	1,00	-
Vácuo	Redução - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	5,00	-
Vácuo	Redução - Cobre, CLasse A - 15 mmø	UND	4,00	-
Vácuo	Redução - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	1,00	-
Vácuo	Redução - Cobre, CLasse A - 28 mmø	UND	1,00	-
Vácuo	Registro Esfera - 66mm	UND	1,00	-
Vácuo	Te - Cobre, CLasse A - 22 mmø	UND	4,00	-
Vácuo	Te - Cobre, CLasse A - 28 mmø	UND	4,00	-
Vácuo	Te - Cobre, CLasse A - 66 mmø	UND	1,00	-

Fonte: Aatoria própria.

Contudo, a construtora não detalhou no orçamento as conexões para as instalações de gases medicinais. As tubulações para a prumada de gases não está dividida por pavimento então, tubulações de cobre de 42 mm e 66 mm de diâmetro não foram colocadas na Tabela 26. Também no caso de instalações de gases há variação entre o orçado pela construtora e o extraído do modelo. Todos os itens comparados foram orçados a mais que o retirado do modelo, variando entre 12% e 47% acima do levando através do Revit.

5.3.5 Climatização

O sistema de climatização não foi possível comparar o método automatizado de extração de quantidades e o método tradicional. O método de quantificação de dutos pela construtora é diferente da informação que se extraiu do modelo para quantitativo de dutos. Nesse item a construtora orça os dutos não em comprimento de dutos por tipo de seção, mas sim por quilogramas de chapa de zinco para fabricá-lo. Os dutos de climatização são confeccionados personalizados para cada projeto, atendendo à necessidade de curvas, transposições e formato de

duto que o projeto exige.

Tentou-se adaptar a informação extraída do modelo para ser possível a comparação. Para isso tentou-se extrair do modelo 3D a quantidade de dutos não por comprimento, mas por área, para assim admitir uma espessura de chapa e calcular o peso. Mas isso não foi possível, pois o Revit não calcula a área de alguns elementos como curvas e reduções de dutos.

6 CONCLUSÃO

O orçamento para a construção de um empreendimento é ponto chave para assegurar a competitividade e o lucro da empresa. Significa identificar, ainda na fase de projeto, o custo global para a execução dos serviços e avaliar a viabilidade da construção. Além de exigir o entendimento dos serviços e suas complexidades de execução pela equipe de engenharia de custos e de execução, exige que o levantamento de quantitativos dos materiais seja o mais próximo possível do exigido para a efetivação da edificação.

Este trabalho objetivou avaliar o processo de extração automatizada de quantitativos de materiais, através da utilização de *software* baseado em conceitos BIM. Para isso foi escolhido um empreendimento em construção que utilizou métodos convencionais de orçamentação, baseado em levantamento de quantitativos de projetos bidimensionais. Esse mesmo empreendimento foi submetido à modelagem tridimensional com inserção de informações de construção no programa Autodesk Revit 2016, possibilitando, assim, a extração de quantitativos dos sistemas modelados e a avaliação dessa ferramenta para auxílio no processo de orçamento de obra.

Os resultados obtidos através dos métodos empregados podem ser agrupados em: falhas no processo de orçamentação por métodos tradicionais, omissão de informações, deficiências de modelagem, limitações do *software* e generalidades do uso do mesmo. Cada um dos agrupamentos estão explicitados a seguir.

Decorrente de falhas no processo de orçamentação convencional pode-se destacar as elevadas variações dos quantitativos de itens como tubulações, alvenarias em bloco cerâmico, vedações em *drywall*, concreto para superestrutura, superiores as quantidades extraídas do modelo. Devido à descentralização das informações de construção, onde cada disciplina traz em seu projeto bidimensional uma parcela das informações, induziu a quantificação errada de itens como protetor de parede de bate-maca, já que esses elementos constavam em mais de um projeto. O orçamento do sistema de gases medicinais não teve detalhado o quantitativo de componentes como conexões de tubo, as prumadas não foram divididas por pavimentos, e ainda, teve elementos que não foram orçados. Isso é resultado do curto prazo para elaboração do orçamento e do esforço para extrair essas informações de projetos 2D.

As omissões de informações dos projetos bidimensionais ficam claras no caso das

instalações. Os projetos 2D não detalham as particularidades das conexões ou mesmo transposições de dutos. Assim, a modelagem adotou critérios diferentes que o orçamentista, refletindo na variação das quantidades de conexões de instalações hidráulicas.

As deficiências da modelagem ficam claras nas instalações que empregaram tubos em cobre ou mesmo em aço carbono. O Revit 2016 não possui famílias de tubos, conexões e acessórios para esses materiais em sua biblioteca, e as adaptações feitas de outras famílias desses componentes geraram quantitativos distintos dos orçados pela construtora, já que principalmente as conexões não eram as mesmas.

As limitações do Revit 2016 foram verificadas tanto no processo de modelagem quanto na extração de quantitativos. Durante a realização do modelo 3D verificou-se que as tubulações inseridas não possuem restrição do tamanho máximo do tubo; um tubo contínuo inserido no modelo pode admitir tamanho maior do que a máxima dimensão comercialmente encontrada, não sendo necessárias conexões tipo luva para emenda. Os quantitativos, particularmente de revestimentos de pisos, não consideram perdas, as quantidades são exatas, o que exige um ajuste pelo orçamentista. No caso de dutos para sistemas de climatização, o *software* apresentou deficiências para extrair quantitativos de dutos, uma vez que o programa não gera quantitativo de duto conforme a prática de mercado que é o dimensionamento não por unidades – como o Revit 2016 calcula, mas por quilograma de chapas para confecção dos dutos. Em caso de conexões de dutos como cotovelos, bifurcações e reduções de seções de dutos, o *software* não quantifica o comprimento do elemento, o agrupa por tipo, pois essa informação não compõe a lista de parâmetros para confecção da tabela de quantidades.

Ainda em relação às limitações quanto à extração de quantitativo do modelo através do programa Revit 2016, constatou-se que a geração da tabela de elementos do modelo é facilitada quando a modelagem está separada por sistemas. No modelo com várias disciplinas, ao se extrair os quantitativos de sistemas que são compostos de matérias de mesma especificação (como água fria e quente que neste trabalho são em cobre classe "A"), deve-se identificar no modelo a qual sistema o objeto pertence. Caso contrário, o programa irá quantificar e agrupar os objetos iguais, não sendo possível distinguir a qual sistema pertence o material. Apesar do Revit facilitar a quantificação, não é um processo automático para se extrair de uma só vez todos os componentes do modelo, já que cada família de objetos possui parâmetros específicos para identificação. Dessa forma, a geração de tabelas deve ser focada no sistema que se deseja os quantitativos; a opção de

“tabela multi-categoria” no Revit só permite extrair informações de parâmetros comuns entre os elementos.

Apesar das ações de entidades de classe e Universidades em promoverem a disseminação do BIM no Brasil, e boa parte da indústria da construção ter ao menos um breve conhecimento da tecnologia e seus benefícios, observa-se um distanciamento dessas empresas e a implementação da tecnologia BIM. Pode-se afirmar que, ainda que a grande maioria das empresas (fornecedores, construtores e projetistas) não desenvolvam seus trabalhos baseados nos conceitos da Modelagem da Informação da Construção, os que a aplicam encontram-se na consolidação do estágio um de adoção BIM. Este trabalho foi realizado em contrapartida da correta implementação BIM, pois realizou-se a adaptação do projeto 2D em 3D com o uso da tecnologia e conceitos BIM. Entretanto, foi fundamental para avaliar o método convencional de orçamentação e o desempenho de um dos softwares de modelagem que aplicam o conceito BIM, o Revit 2016. A adoção do BIM envolve não apenas a utilização de um software de modelagem, mas a mudança nos processos das empresas e de todos os envolvidos na realização do produto, buscando um trabalho conjunto e integrado.

Comprova-se que a modelagem 3D focada para BIM 5D deve seguir padronização e coerência quanto à classificação, nomenclatura do objeto e, essencialmente, à qualidade e quantidade das informações inseridas. Antes do processo de modelagem, deve-se haver a definição dos padrões de informações e classificações dos objetos e disciplinas de projeto, possibilitando que na fase de quantificação os objetos estejam agrupados e descritos conforme planejado. A definição e o respeito ao nível de detalhe (LOD) é essencial para se conseguir extrair as informações consistentes e que atendam ao propósito estabelecido.

Por fim, os benefícios que a tecnologia BIM possibilita para o processo de orçamentação representam ganhos em produtividade, transparência e assertividade às empresas da construção civil.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, S. R. L. SILVA, J. C. B. **A contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia BIM** – Uma abordagem teórica. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5, 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: TIC,
- AISH, R. **Building modeling**: The key to integrated construction CAD. In: CIB 5th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE USE OF COMPUTERS FOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING RELATED TO BUILDINGS, 5, 1986, Bath, UK. **Anais...** London: CIBSE, p. 7-9.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E-1557-09**: Standard Classification for Building Elements and Related Sitework UNIFORMAT II. 2005. 54 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965**: Sistema de classificação da informação da construção. Rio de Janeiro, 2011.
- AYRES, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. 2009. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- BARBOSA, A. C. M. **A metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático**: Construção de uma ETAR na Argélia. 2014. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, Portugal, 2014.
- EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.
- BOAS PRÁTICAS EM BIM. **Guia AsBEA**. São Paulo, n. 2, 2015. 27 p.
- LOPES, R. A. **Taxonomia do processo de projeto de edificações**. 2003. 200 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2003.
- MENEZES, G. L. B. B. **Breve histórico de implantação da plataforma BIM**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v.18, n.22, 21º sem. 2011.
- MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**: Dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos. 1 ed. São Paulo: PINI, 2006. 278 p.
- PAPADOPOULOS, N. A. **Avaliação da metodologia BIM através da modelagem paramétrica 3D de um projeto convencional**. 2014. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- PEREIRA, R. M. S. **Sistemas de classificação na construção. Síntese comparada de métodos**. 2013. 123 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.
- RODAS, I. A. R. F. **Aplicação da metodologia BIM na gestão de edifícios**. 2015. 99 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.

SANTOS, A. P. L.; ANTUNES, C. E.; BALBINOT, G. B. Levantamento de quantitativos de obras: Comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianopolis, v. 6, n. 12, p. 134- 155, 2014.

SUCCAR, B. **Building information modeling maturity matrix**. Handbook of research on building information modeling and construction informatics: concepts and technologies. 2009.

TARAR, D. **Impact of 4D Modeling on Construction Planning Process**. 2012. 46 p. Dissertação (Mestrado em Gestão de Projeto e Construção) – Department of Civil and Environmental Engineering - Chalmers University of Technology. Göteborg, Suécia, 2012.

ANEXO I

Tabela – Padronização de cores para compatibilização proposta pela AsBEA e ABRASIP.

SISTEMA		RGB		
Arquitetura		245	205	165
Estrutura de Concreto		166	166	166
Estrutura Metálica		155	50	0
Hidráulica	Água não-potável	35	79	51
	Água Potável (fria)	119	187	17
	Água Pressurizada	0	158	73
	Água Quente	238	0	102
	Água Quente Pressurizada	153	33	53
	Água Servida	89	63	61
	Águas Pluviais	4	38	227
	Alimentação Aquecedor	249	130	127
	Alimentação Aquecedor Pressurizado	234	107	191
	Alimentação Predial	127	186	0
	Alimentação Válvulas	186	232	96
	Aspiração Piscina	112	206	226
	Chuveiros Automáticos	255	0	0
	Dreno	0	135	137
	Esgoto	128	64	0
	Extravasão-Aviso	249	229	38
	Extravasão-Reservatório	255	198	30
	Limpeza-Reservatório	216	181	17
	Recalque	33	91	51
	Recalque Água Pluviais	63	0	119
	Recalque Água Servida	181	168	153
	Recalque Esgoto	114	91	38
	Respiro Água Quente	226	61	40
	Retorno Água Gelada	100	0	140
	Retorno Água Quente	237	122	158
	Retorno Piscina	0	188	226
Sucção	94	221	193	
Ventilação	238	85	0	
Gás	Gás Combustível	255	170	0
	Ventilação Gás	249	155	12
Elétrica	Alimentadores	255	155	0
	Iluminação	0	153	0
	Telecomunicações	118	147	60
	Para-raios	255	63	0
Hidrantes		255	0	0
Sprinkler		205	0	0
Detecção de Incêndio		255	51	0
Segurança		0	105	205
Automação		255	125	125
Drenagem		153	51	136
Ar Condicionado	Dutos de Exaustão	64	128	128
	Dutos de Ventilação	0	127	0
	Dutos de Ar Externo	82	165	0
	Duto de Retorno	128	128	255
	Duto de Ar Pressurizado	240	98	237
	Duto de Insuflamento	255	255	128
	Extração de Fumaça	64	64	192
	Ar Comprimido	237	0	145
	Água Gelada	0	255	205
Frigorígena	0	255	205	

Fonte: (BOAS PRÁTICAS EM BIM, 2015).