

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA

MARIA CAROLINA BESEN

MODELAGEM INTELIGENTE (BIM) NO PROCESSO DE LEVANTAMENTO DE
QUANTITATIVOS PARA ORÇAMENTO DE UM PROJETO INDUSTRIAL

Joinville

2017

MARIA CAROLINA BESEN

MODELAGEM INTELIGENTE (BIM) NO PROCESSO DE LEVANTAMENTO DE
QUANTITATIVOS PARA ORÇAMENTO DE UM PROJETO INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção de título de bacharel em
Engenharia no curso de Engenharia de
Infraestrutura.

Orientadora: Andréa H. Pfützenreuter, Dra.
Arq.

Joinville

2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida. Por se fazer presente em meus dias, dar força nos momentos de angústia e permitir chegar até aqui.

Agradeço à minha família, aos meus irmãos Lais e João, em especial aos meus pais Dirlene e Edemir por apoiarem minhas escolhas e não medirem esforços para que eu pudesse concluir mais esta etapa. Por incentivarem caráter, honestidade e perseverança, sou grata por ter em mim um pouquinho de vocês.

Ao meu namorado Bernardo pela paciência, carinho, dedicação. Por estar comigo em todos os momentos e transmitir a calma que eu precisava. Obrigada por me fazer sentir capaz.

À minha orientadora Andréa Pfützenreuter pelo incentivo, apoio e todo conhecimento transmitido durante a graduação e no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos, cada um de vocês teve sua importância nestes anos vividos na Universidade. Em especial à Carla, Mariana, Tuany e Vanessa pela companhia nos estudos e por permitirem que eu compartilhasse minhas alegrias e angústias. Obrigada por tornarem esta etapa mais leve.

À empresa Perville e ao time COMV. Obrigada por me acolherem de braços abertos, por compartilharem comigo suas experiências e mostrarem a importância do orçamento de obras. Vocês são exemplos de competência e profissionalismo.

Por fim, aos professores e toda equipe da UFSC por contribuírem com minha formação acadêmica.

Encerro esse ciclo com sentimento de missão cumprida.

Este trabalho também pertence a vocês!

RESUMO

Todo empreendimento requer um estudo de viabilidade técnica e econômica, para que isso seja possível é fundamental a elaboração de um orçamento que considere as condicionantes que impactam nos custos de sua construção. A atenção primordial no processo de orçamentação é com relação ao levantamento de quantitativos tanto pelo tempo demandado dos orçamentistas em sua quantificação quanto à falta de informações em decorrência dos projetos analisados estarem em fase preliminar. Este estudo tem como objetivo avaliar a influência do uso de Building Information Modeling no processo de levantamento de quantitativos. Para isto, se fez necessária a identificação do método tradicionalmente utilizado para orçamento de projetos e as limitações existentes neste processo; ainda assim, obter a extração de quantitativos pelo método usual e pela modelagem do projeto em um software BIM. A análise comparativa evidencia que a modelação da informação - BIM apresenta vantagens importantes sobre os métodos usuais, principalmente no que diz respeito à confiabilidade e agilidade nos resultados gerados.

Palavras-chave: Quantitativos. Orçamento. Modelagem. Software. BIM.

ABSTRACT

Every enterprise requires a study of technical and economic feasibility, for this to be possible is essential to create a budget that considers the conditions that impact the cost of its construction. The primary focus in the budgeting process is with regard to the quantity takeoff both for the time demanded of budgeting in quantification and the lack of information as a result of the analyzed projects being in the preliminary phase. This study aims to evaluate the influence of the use of Building Information Modeling on the quantity takeoff process. For this, it was necessary to identify the method traditionally used for project budgeting and the limitations that exist in this process; However, it is possible to obtain quantitative extraction by the usual method and by modeling the design in a BIM software. The comparative analysis shows that BIM information modeling presents important advantages over the usual methods, especially with regard to reliability and agility in the results generated.

Palavras-chave: Quantity. Takeoff. Budget. Modeling. Software. BIM.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo de informações do software BIM	16
Figura 2 – Fluxograma do processo de orçamentação.	20
Figura 3 – Instalação industrial executada em elementos pré-fabricados.....	25
Figura 4 – Composição de elemento – painel de fechamento vertical externo	33
Figura 5 – Composição de elemento – parede drywall resistente à umidade	34
Figura 6 – Composição de elemento – parede empilhada	34
Figura 7 – Composição de elemento – piso industrial.....	36
Figura 8 – Composição de elemento – piso em porcelanato	36
Figura 9 – Configuração de elemento – forro em gesso	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de itens quantificáveis em planilha orçamentária	26
Tabela 2– Características de acabamento do projeto	29
Tabela 3 – Comparativo entre quantitativo obtido por levantamento manual e por ferramenta BIM. Continua.	44
Tabela 3 – Comparativo entre quantitativo obtido por levantamento manual e por ferramenta BIM. Conclusão.....	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas

BIM – Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção)

CAD – Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador)

CUB – Custo Unitário Básico

EAC – Engenharia Arquitetura e Construção

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

EPS – Poliestireno Expandido

MEP – Mechanical, electrical and plumbing (Mecânica, elétrica e hidráulica)

NBIMS – National Building Information Modeling (Modelagem Nacional de Informação da Construção)

TCPO – Tabela de Composições de Preços para Orçamentos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	MODELAGEM INTELIGENTE DE PROJETOS	13
2.1	Processos de Modelação: CAD – BIM	15
2.1.1	Ferramentas que operam em plataforma BIM	17
3	PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO	19
3.1	Etapas para elaboração de um orçamento	20
3.2	Levantamento de Quantitativos	21
3.3	Ferramentas BIM e o processo de orçamentação	22
4	METODOLOGIA APLICADA: ESTUDO DE CASO	24
4.1	Caracterização do projeto	24
4.2	Roteiro para o quantitativo de projeto	25
4.3	Método tradicional: Análise do Projeto 2D	27
4.3.1	Levantamento de Quantitativo de Fachada	27
4.3.2	Levantamento de Quantitativo Interno	27
4.3.1	Considerações do Método Tradicional	29
4.4	Modelagem 3D: extração de quantitativos	31
4.4.1	Paredes	32
4.4.2	Pisos	35
4.4.3	Lajes	37
4.4.4	Forros	37
4.4.5	Aberturas	38
4.4.6	Considerações do Método 3D	39
5	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CAD – BIM	43
6	CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES	49
	REFERÊNCIAS	51
	ANEXOS	53

Anexo A – Projeto Arquitetônico Bloco P	54
Anexo B – Propriedades de tipo de paredes.....	55
Anexo C – Propriedades de tipo de pisos	57
Anexo D – Propriedades de tipo de forros.	59
Anexo E – Propriedades de tipo de portas	61
Anexo F – Propriedades de tipo de janelas.....	64
APÊNDICES.....	66
Apêndice A – Levantamento de Quantitativo de Fachada	Erro! Indicador não definido.
Apêndice B – Levantamento de Quantitativo Interno ...	Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil passa por um momento de oscilação econômica. Segundo Sullivan (2016), a rentabilidade do mercado caiu de 11%, em 2013 para 2% em 2014. O lançamento de novos empreendimentos recuou em 18% no primeiro semestre de 2015 devido à pressão econômica. Este panorama evidencia a necessidade de repensar formas de tornar um empreendimento viável no que diz respeito a custo e eficiência.

A execução de um projeto implica em gastos e a primeira informação que o proprietário requer é a estimativa de custo. Diante disso, Knolseisen (2003) destaca a importância do estudo de viabilidade econômica, de um orçamento detalhado e o acompanhamento de cronograma físico-financeiro para qualquer empreendimento.

Os orçamentos são comumente apresentados por estimativa de custo, preliminar e/ou analítico. O nível de detalhamento e complexidade do projeto afetam a sua precisão (MATTOS, 2006). A prática de publicação de orçamentos é através de planilhas eletrônicas, onde são informados o levantamento de quantitativos, a descrição dos serviços, insumos, mão-de-obra, seus respectivos preços, unidades de medidas, composição de preços unitários e globais do investimento (COELHO, 2001).

Segundo Dias (2004) o levantamento de quantitativos é efetuado com base na análise do projeto, especificações técnicas e plantas construtivas. Por se tratar de um procedimento manual, o orçamento pode estar sujeito a alguns equívocos. Sendo assim, um erro no levantamento de quantitativos pode influenciar expressivamente a estimativa do custo final e inclusive, no estudo de viabilidade da obra. Portanto, é preciso investir em conhecimento e processos de melhoria contínua na equipe e na metodologia do desenvolvimento da orçamentação.

O desenvolvimento de um modelo em BIM permite a integração de referências e concentrá-las em um único banco de dados. Sendo possível adicionar informações aos elementos, obter comunicações extrapoladas, garantir maior assertividade, velocidade na extração de quantitativos e elaboração de orçamentos. A modelagem de empreendimentos através de softwares da plataforma BIM permite inserir

parâmetros aos elementos de projeto, agregando informações a cada etapa. (DINO, 2016).

A opção pelo uso da tecnologia BIM para a modelagem dos projetos utiliza os benefícios fornecidos pela ferramenta para tratar de uma forma integrada os elementos que o compõe, visando maior controle para o gerenciamento das informações, primando na maior assertividade no orçamento do empreendimento.

Diante disso, este estudo apresenta como objetivo geral a análise de uso da ferramenta de modelagem de informações da construção e sua influência no processo de levantamento de quantitativos em projetos industriais da empresa Perville Engenharia e Empreendimentos S/A.

Para o alcance deste objetivo, foram definidos como objetivos específicos:

- Identificar o método atual de orçamento de projetos e as limitações existentes durante o processo;
- Extrair quantitativos do projeto pelo método usual e por um software BIM;
- Comparar os quantitativos extraídos pelo método usual e por um software BIM.

Deste modo, através da pesquisa bibliográfica compôs-se um referencial teórico sobre elaboração de orçamentos, utilização e vantagens obtidas pelo uso da metodologia BIM na etapa de levantamento de quantitativos de um galpão industrial. O estudo limitou-se à quantificação dos fechamentos verticais (paredes), horizontais (pisos e forros) e seus respectivos acabamentos além das esquadrias, para o processo de orçamentação.

Para isso, a partir de um projeto arquitetônico existente, a edificação foi modelada com auxílio do software Revit, da Autodesk. O modelo possibilitou a análise comparativa entre os quantitativos obtidos pelo levantamento manual e os quantitativos gerados pelo software.

Para análise da metodologia aplicada, serão utilizados os critérios qualitativos definidos por Santos et al. (2014) p. 150, para avaliar o comparativo entre a metodologia tradicional e BIM no processo orçamentário, sendo estes:

Grau de dificuldade: está relacionado com a necessidade de domínio de ferramenta específica no desenvolvimento do processo de quantificação.

Confiabilidade dos resultados: remete à fidelidade do resultado com a situação real.

Detalhamento: está relacionado com o produto do processo de quantificação.

Tempo de levantamento de informações: faz alusão ao tempo demandado para obtenção do levantamento de quantidades do projeto.

Os resultados obtidos serão discutidos e qualificados com base no processo de levantamento de informações e precisão obtida com cada metodologia utilizada.

Este trabalho está subdividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma breve discussão a respeito do tema, contextualização, justificativas pela escolha e objetivos a serem alcançados ao final deste estudo.

O segundo capítulo evidencia o referencial teórico acerca do tema qualificando as análises aplicadas ao estudo de caso. No terceiro capítulo, é descrita a metodologia utilizada para o estudo de caso, as etapas seguidas para desenvolvimento do modelo e levantamento de quantitativos do projeto por meio de método tradicional e software BIM.

O quarto capítulo discorre sobre análise comparativa dos resultados obtidos através de quantitativo extraído pelo método usual e pelo modelo desenvolvido em software BIM.

No capítulo cinco, são discutidos os resultados obtidos com a modelagem com software e a influência que o uso da tecnologia exerce sobre a estimativa de custo do empreendimento, comparada à forma usual de orçamento.

Finalmente, são apresentadas as referências utilizadas para a elaboração deste estudo.

2 MODELAGEM INTELIGENTE DE PROJETOS

Catelani (2016) conceitua a modelagem da informação da construção (BIM) como um conjunto de políticas, processos e tecnologias, que combinados, geram uma metodologia que utiliza plataformas digitais, baseadas em objetos visuais, para o processo de projetar uma edificação, ensaiar seu desempenho e gerenciar as informações e dados através de todo o seu ciclo de vida.

Eastman et al. (2014) definem BIM como um dos mais promissores desenvolvimentos da indústria relacionada à Engenharia, Arquitetura e Construção (EAC). O modelo de uma edificação quando gerado, contém todas as informações de geometria, relações espaciais, além de dados relevantes como propriedades e quantidades, necessários para dar suporte à construção, fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção.

O entendimento de parametrização dos objetos na tecnologia BIM é fundamental para diferenciá-los de objetos 2D tradicionais. A modelagem paramétrica é caracterizada por permitir associar à um objeto regras que determinam sua geometria, assim como propriedades e características não geométricas. Os parâmetros e as regras permitem que os objetos se atualizem automaticamente de acordo com o controle do usuário ou mudanças de contexto. Os atributos aos objetos são necessários para fazer a interface com análises, estimativas de custos entre outras aplicações, estes devem ser definidos pelo usuário. Desta forma, Eastman et al. (2014) elencam algumas definições de objetos paramétricos:

- Dados e regras associados à objetos geométricos;
- A integração da geometria é feita de maneira não redundante, de forma que não permite inconsistências.
- As regras paramétricas modificam automaticamente as geometrias associadas, quando são feitas alterações.
- Os objetos possuem diferentes níveis de agregação, o que permite definir e gerenciar os componentes de um elemento.

- As regras dos objetos conseguem identificar quando uma modificação viola a viabilidade do objeto, no que diz respeito à construtibilidade, por exemplo.
- Os objetos têm capacidade de vincular-se ou receber, divulgar ou exportar conjuntos de atributos, gerando relatórios referentes à materiais estruturais, dados acústicos, de energia, sempre relacionado ao modelo e aplicações.

O conceito BIM segundo Mattos (2014) é ser uma plataforma que carregue todas as informações para a gestão do projeto, da obra e de toda vida útil da edificação. Desta forma, BIM pode ser definido em cinco dimensões:

BIM 3D: consiste na consolidação dos projetos da obra em um mesmo ambiente virtual, em três dimensões aplicando todas as informações necessárias para caracterização e posicionamento espacial dos elementos com recursos *clash detection* – detecção de conflitos – que permite a análise de inconsistências.

BIM 4D: Nesta dimensão as informações do modelo podem ser associadas ao cronograma da obra; ferramenta que permite ao gestor o acompanhamento do avanço físico da construção, inclusive com o registro da evolução da obra.

BIM 5D: Permite que seja agregado ao modelo a dimensão custo. Cada elemento do projeto é vinculado à dados de custo.

BIM 6D: Esta dimensão constitui a *facilities management* - gerenciamento do ciclo de vida da edificação; relacionando o controle de garantia dos equipamentos, planos de manutenção, dados de fabricantes e fornecedores, custos de operação, entre outros.

Contudo, migrar do método tradicional de gerenciamento do empreendimento para metodologia BIM requer uma mudança de conceitos. É necessário que todos trabalhem coordenados com softwares que interajam.

Desta forma, de acordo com Santos et al. (2014) apud National Building Information Modeling (NBIMS, 2007), BIM pode ser entendido em três níveis de abstração: como produto, como ferramenta e como um processo. Como produto, no que diz respeito ao modelo de edificação, a entrega do processo de projeto criado a partir de ferramentas da tecnologia da informação. Como ferramenta, BIM faz referência aos softwares que criam, agregam e extraem informações do modelo da edificação. E como processo colaborativo, pela forma com que as informações podem ser obtidas durante o ciclo de vida da edificação.

Santos et al. (2014), fazem referência à alguns trabalhos disponíveis na literatura, relacionados ao uso de ferramentas BIM para extração de quantitativos.

Destaca que para o levantamento de quantitativos de um projeto utilizando software CAD 2D e sistema BIM, com o uso do sistema o resultado é mais rápido e preciso.

O estudo de Witikovski (2011) realizado em diversas empresas conclui que a partir da utilização do BIM, é possível melhorar o planejamento e controle de custos de empreendimentos, otimizando o processo de quantificação dos itens relacionados aos projetos. Amiri (2012) complementa que para obter levantamentos de forma mais eficiente e precisa, é importante mobilizar esforço na criação do modelo, para o processo de levantamento de quantitativos ocorre de forma ágil.

2.1 Processos de Modelação: CAD – BIM

A ferramenta que revolucionou a indústria da arquitetura e engenharia nos últimos 30 anos, ao transportar para o computador o processo de criação de desenhos técnicos para projeto foi o Computer Aided Design (CAD). Este é o termo específico para descrever o projeto ou desenho de representação de entidades geométricas necessárias no projeto. O BIM surge para agregar a esses desenhos informações, tornando-os objetos parametrizados.

A primeira diferença entre os dois, é que CAD é um ou mais softwares, enquanto que o BIM é um conceito que integra informações (gráficas e não gráficas), com o intuito de extrair o máximo de informações sobre o empreendimento com uma mesma base de dados (CORRÊA JÚNIOR, 2013).

De forma aplicada, alguns autores definem BIM como a criação paramétrica, ou inteligente, de modelos em perspectiva 3D. O modelo opera sobre uma base de dados digital e qualquer alteração reflete em todas as peças desenhadas que compõe o projeto (AZEVEDO, 2009).

Eastman et al. (2014) acrescentam que isso possibilita a criação de um modelo digital da construção que permite que a empresa contratante do projeto esteja envolvida no processo de desenvolvimento, podendo definir as diretrizes de projeto, verificar e aprovar os trabalhos executados.

Alguns objetos paramétricos são ditos inteligentes por conterem informações que referenciam sua relação com o entorno, com outros objetos e com os componentes do modelo, ou seja, reage a uma modificação adequando o modelo de modo coerente, tanto construtiva quanto tecnicamente (CATELANI, 2016).

de ajustar folhas de projetos existentes e planilhas de quantitativos; influenciando na confiabilidade nas informações fornecidas, reduzindo a variabilidade na estimativa de custo, proporcionando agilidade e a possibilidade de explorar outras soluções para o projeto.

2.1.1 Ferramentas que operam em plataforma BIM

Por definição, são considerados softwares BIM, aqueles que trabalham com informações associadas a um modelo 3D da edificação. O software Revit foi apresentado pela Autodesk em 2002, depois da aquisição do programa de uma empresa iniciante. É uma plataforma completamente distinta do AutoCad, tanto pela diferença entre código base quanto pela estrutura de dados (EASTMAN ET AL., 2014). Integrados ao software estão os conteúdos architecture, structure e MEP.

Entre as vantagens oferecidas pelo software em comparação ao CAD, destaca-se o suporte para um processo de multidisciplinaridade viabilizando o uso de trabalhos colaborativos; permitindo ensaiar o ciclo de vida do empreendimento, desde o projeto, construção até gerenciamento da edificação (AUTODESK, 2016).

Como desvantagens de utilização, Eastman et al. (2014) elencam a restrição quanto ao desempenho, pois a ferramenta opera sobre um banco de dados, o que faz com que os projetos se tornem mais lentos quando ultrapassam 220 megabytes; parametrização angular; e o fato de não suportar superfícies muito complexas. Também é importante destacar a redução de produtividade, nos primeiros meses após implementação devido ao tempo que demanda a elaboração de uma biblioteca que atenda às necessidades de cada escritório.

Para Eastman et al. (2014), ainda que o uso da tecnologia BIM esteja em ascensão, ele ainda passa por estágio de implementação e os usuários da ferramenta estão utilizando diferentes enfoques para impulsionar a tecnologia.

É importante ressaltar, que em alguns casos, os escritórios utilizam a ferramenta para modelagem 3D, mas sem definir parâmetros aos elementos, sendo útil apenas como representação visual do empreendimento. Neste caso, o produto obtido pelo modelo se restringe apenas à detecção de interferências, visualização e planejamento visual.

Com um modelo 3D paramétrico, os componentes incluídos podem ser quantificáveis e dessa forma dar suporte ao levantamento de quantitativos e coordenação de subempreiteiros.

Um dos principais gargalos no processo de orçamentação segundo Pedro Antônio Badra, engenheiro e consultor da empresa Sistemática Badra de Dados (SBD) em entrevista à revista Construção Mercado (2012), é o levantamento de quantitativos. Isso ocorre em função do nível de detalhamento em que se encontram os projetos quando submetidos ao processo de orçamentação, em geral, se tratam de projetos básicos. A dificuldade surge com a exigência de fornecer a esses projetos um orçamento a nível executivo. A utilização de ferramenta BIM, permite que haja pouca variabilidade entre o orçado e custo real da obra, podendo atingir uma precisão de até 95%. Pois as informações associadas ao projeto são atualizadas à medida que o projeto evolui.

3 PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO

A avaliação de viabilidade de um projeto é realizada através da estimativa de seus custos, por isso a necessidade de um orçamento, que considere as estratégias técnicas e alternativas que possibilitem maior agilidade para construção, um preço competitivo e agilidade em seu desenvolvimento (ANDRADE; SOUZA, 2002).

Limmer (1996) define o orçamento como a determinação dos gastos necessários para realização de um projeto, conforme o plano de execução estabelecido e os gastos traduzidos em termos quantitativos.

O orçamento tem como objetivos definir o custo necessário para realizar uma atividade ou serviço; apresentar um documento contratual para dirimir dúvidas ou omissões quanto a pagamentos; exercer um instrumento de análise de rendimentos obtidos dos recursos empregados na execução de um projeto; operar como instrumento de controle da execução do projeto, como parâmetro para gerar coeficientes cada vez mais precisos contribuindo com a competitividade da empresa.

Cardoso (2014) reflete sobre a fragilidade no conceito de caracterização de orçamento como um custo provável da obra. Isso significa que a determinação do custo de uma construção está associada à probabilidade, portanto, não há como garantir que o valor orçado represente com certeza o total de dispêndios necessários para execução de um empreendimento.

A precisão está relacionada ao grau de detalhamento do orçamento. Informações abundantes, disponíveis e de qualidade sobre um empreendimento levam à qualidade dos levantamentos de dados, estudos criteriosos e o desenvolvimento de projetos executivos e de especificações técnicas e detalhadas (TCPO, 2014). Mattos (2006) classifica e define as formas de orçamento como:

a) Estimativa de Custo ou Orçamento Paramétrico: A avaliação baseia-se em dados históricos e pela comparação com projetos similares, fornecendo uma ideia de grandeza do custo do empreendimento, a partir de indicadores genéricos. Um indicador utilizado é o Custo Unitário Básico (CUB), entretanto é comum que cada construtora utilize seus próprios indicadores à medida que adquire experiência.

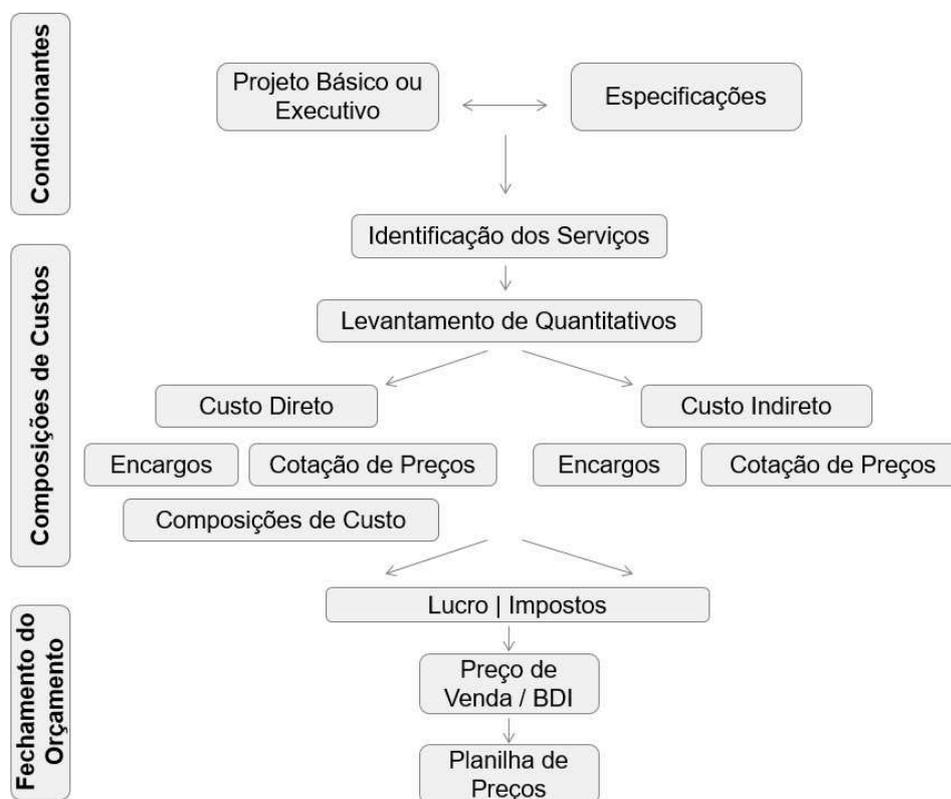
b) Orçamento Preliminar: trata-se de um orçamento um pouco mais detalhado, pressupondo o levantamento de algumas quantidades e atribuição de custos a alguns serviços. Neste tipo de orçamento, utiliza-se um número maior de indicadores, o que aprimora a estimativa inicial, pois geram pacotes de trabalho menores, que facilitam o orçamento, a análise e a sensibilidade de preços.

c) Orçamento Analítico: este orçamento constitui a maneira mais detalhada e precisa de se prever o custo da obra, uma vez que surge a partir de composições de custos e pesquisa de preços dos insumos, visando o valor mais próximo do real.

3.1 Etapas para elaboração de um orçamento

Mattos (2006) esquematiza o processo de orçamentação em três grandes etapas de trabalho: estudo das condicionantes, composição de custo e determinação do preço. Desta forma, é possível definir um fluxo de atividades para compor o orçamento como um todo, como ilustra a Fig. 2.

Figura 2 – Fluxograma do processo de orçamentação.



Fonte: Adaptado de Mattos (2006).

Um orçamento é definido e constituído por uma sequência de procedimentos. Tisaka (2006) aborda de maneira detalhada os procedimentos:

1 – Ter em mãos o projeto básico ou executivo da obra, para que seja possível a leitura e interpretação do projeto e especificações técnicas; a partir do qual serão identificados serviços constantes na obra com suas respectivas quantidades;

2 – Identificação dos serviços envolvidos, com base em etapas, listando e organizando-os segundo ordem lógica;

3 – Itemizar os serviços, em uma planilha, criando colunas onde constem os itens: Discriminação, Quantidade, Unidade, Preço Unitário, Preço do Item e Subtotal.

4 – Estimar as quantidades de cada serviço e suas respectivas unidades (ml, m², m³, Kg, un, vb, etc), tendo como base os projetos e memoriais descritivos;

5 – Compor os custos unitários que estão diretamente relacionados com a realização de cada atividade definida no escopo, considerando materiais, mão-de-obra e equipamentos, seus respectivos consumos, isto é, quantidade necessária de cada insumo para produção de uma unidade do serviço e cotação de preços praticados no mercado.

6 – Incorporar ao orçamento os custos que dizem respeito às taxas administrativas e não estão diretamente relacionados às atividades de execução do empreendimento;

7 – O próximo passo consiste em definir a lucratividade que se deseja obter, isso é feito incidindo sobre os custos totais o BDI.

Ao estabelecer um roteiro de procedimentos que siga uma ordem lógica entre as etapas torna a atividade mais eficiente, além de proporcionar direcionamento do processo. Sua ausência pode implicar no esquecimento de alguma das etapas o que influencia diretamente no custo da obra.

3.2 Levantamento de Quantitativos

Esta etapa consiste em efetuar o levantamento de serviços a serem realizados e suas quantidades conforme as especificações do projeto. O conhecimento dos serviços necessários para a elaboração da obra gera ao engenheiro de custos as condições de definir a lista dos custos unitários que devem ser considerados para a formação do orçamento (DIAS, 2001).

A quantificação de custos e insumos, da maneira tradicional, em geral é feita através de análise do projeto, especificações técnicas e plantas construtivas. Santos et al. (2014) caracterizam como sendo a etapa preliminar à estimativa de custos da obra. Para Mattos (2006) este é um processo que mais requer do projetista, pois demanda uma avaliação criteriosa dos projetos, contagens, dimensões e cálculo de áreas, volumes entre outros. Com base nessas informações, é elaborada a estimativa de custo do empreendimento. Processo que demanda tempo e requer experiência do orçamentista para recorrer a índices históricos ou de mercado para que seja possível precificar de forma adequada os itens que compreendem o projeto. A utilização de memória de cálculo é geralmente realizada por planilhas eletrônicas, podendo fazer uso de softwares específicos de orçamentação.

As características do levantamento de quantitativos apontadas por Santos et al. (2014), salientam diversos aspectos onde o processo de quantificação pode ser aprimorado com o uso da tecnologia BIM.

3.3 Ferramentas BIM e o processo de orçamentação

Os modelos gerados por software BIM fornecem agilidade e confiabilidade nas etapas de quantificação, decorrentes da modelagem minuciosa do projetista, exigindo um nível de detalhamento coerente com as informações que pretende extrair. Eastman et al. (2014) destacam que o uso dos softwares BIM não substitui o processo de orçamentação devido ao fato de que as ferramentas que operam em plataforma BIM disponíveis no mercado atual não permitem análise orçamentária completa, como identificação de condicionantes de projeto que impactam nos custos. Desta forma, o autor sugere três opções de uso de ferramentas BIM no processo de orçamentação:

1. Exportar quantitativos de objetos da edificação para um software de orçamentação. As ferramentas BIM possuem recursos para exportar dados de quantitativos para uma planilha ou banco de dados externo;
2. Conectar a ferramenta BIM diretamente a um software de orçamentação. Esta alternativa consiste em utilizar uma ferramenta BIM capaz de se conectar via plug-in a um pacote de orçamentação. Essas ferramentas permitem associar os componentes do modelo a montagens e composições, podendo incluir itens como mão-de-obra, equipamentos e materiais, tempo de construção e custos associados.

Como resultado, todas as informações requeridas para determinar estimativa de custo e lista detalhada de atividades básicas, podem ser usadas para o planejamento da construção, gerando um modelo 4D.

3. Ferramenta para levantamento de quantitativos, ou seja, a elaboração do modelo é feita para atender exclusivamente à necessidade do orçamentista sem a obrigação de aprender todos os recursos disponíveis em uma ferramenta BIM. Associando a combinação do uso de ferramentas manuais e recursos automáticos, de forma que em um levantamento de grande porte, eventuais alterações não comprometam a confiabilidade no levantamento.

Em geral, é comum que os relatórios gerados por ferramentas BIM sejam exportados a outros softwares ou com aplicações de interface direta com o software BIM, quando estes fazem uso de mesmo formato de definição de dados (BAGNO et. al. 2017 apud MONTEIRO; MARTINS, 2013).

Desta forma, softwares BIM tendem a facilitar o processo de quantificação pela capacidade de armazenar as informações em um banco de dados à medida que os critérios de execução são impostos; transformando os dados em quantidades. Com o auxílio dos softwares, não é necessário submeter os arquivos a um orçamentista para quantificação, somente à sua precificação, caso isto não tenha sido agregado ao modelo. Desta forma, Américo Corrêa, engenheiro de soluções da Autodesk Brasil em entrevista à Construção Mercado (PINI, 2009) comenta que “Os orçamentistas e projetistas, podem dedicar mais tempo ao nível estratégico, em prol da lucratividade do empreendimento, ao invés de perder tempo com o operacional”.

4 METODOLOGIA APLICADA: ESTUDO DE CASO

Neste capítulo serão apresentados aspectos relacionados ao estudo de caso, bem como as etapas desenvolvidas para a modelagem 3D do empreendimento e detalhes para garantir confiabilidade nos resultados extraídos para as etapas subsequentes.

É importante destacar que uma das principais características da utilização de ferramentas BIM é a informação, sendo assim, é essencial garantir a precisão do modelo com dados substanciados.

4.1 Caracterização do projeto

O estudo se refere à modelagem de um projeto desenvolvido e fabricado pela Perville Engenharia e Empreendimentos S/A, correspondente à uma instalação industrial que compõe o Condomínio Industrial Perini Business Park, instalado em Joinville (SC) desde 1999. O projeto arquitetônico que inclui a implantação, planta, cortes e detalhes da instalação industrial denominada Bloco P do condomínio industrial apresenta-se no Anexo A deste trabalho.

A empresa incorpora às suas soluções o conceito greenbuilding, visando aproveitar ao máximo os recursos naturais como iluminação nos ambientes industriais através do sistema de cobertura *Shed Perini*, uso de painéis de vedação vertical pré-fabricados preenchidos por placas de poliestireno expandido (EPS) para o isolamento térmico e acústico à edificação e a captação de água da chuva (PERVILLE, 2017).

Os módulos são construídos e ajustados de acordo com a necessidade do cliente, entretanto, sempre seguindo os conceitos de pré-fabricação e utilizando os preceitos da racionalização industrial com uso de modulação em sua estrutura, gerando projetos com pouca complexidade geométrica

As modulações possuem uma área de aproximadamente dois mil metros quadrados de área disponível para operações produtivas. A estrutura é projetada

dentro de um conceito chamado *Sistema Aberto*, onde os elementos pré-fabricados de forma engastada ou semi-engastada, permitindo a montagem (Figura 3).

Figura 3 – Instalação industrial executada em elementos pré-fabricados.



Fonte: Perville (2017).

O piso industrial é dimensionado com a capacidade de suportar até 3 toneladas por metro quadrado e o layout pode incluir infraestrutura de docas para carga e descarga e ponte rolante.

As áreas administrativas integradas aos módulos compreendem áreas destinadas à recepção, escritórios, suprimentos, banheiros, vestiários e refeitórios.

4.2 Roteiro para o quantitativo de projeto

O objetivo do levantamento de quantitativos é compilar as informações que compõe o escopo da obra e suas respectivas quantidades para a etapa subsequente que corresponde a composição dos custos do projeto. Estas informações são comumente apresentadas através de planilhas eletrônicas, com o objetivo de minimizar inconsistências decorrentes do processo.

Portanto, é conveniente desenvolver uma estrutura que contemple as condicionantes que impactam no custo do empreendimento. Conhecendo as informações que caracterizam o projeto e as diretrizes de procedimentos internos, é possível definir uma rotina para a identificação dos itens quantificáveis:

Tabela 1 – Relação de itens quantificáveis em planilha orçamentária

LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS PARA ORÇAMENTO	
1.	Gerenciamento de Obra
2.	Serviços Iniciais
3.	Infraestrutura
3.1	Fundação
4.	Superestrutura
4.1	Estrutural
4.1.1	Concreto
4.1.2	Aço
4.1.3	Forma
4.2	Arquitetônico
4.2.1	Características do ambiente
4.2.2	Parede Bruta
4.2.3	Forros
4.2.4	Revestimentos
4.2.5	Rodapé
4.2.6	Louças, Metais e Acessórios sanitários
4.2.7	Esquadrias
4.2.8	Soleiras e Peitoris
4.3	Cobertura
4.4	Sistemas
4.3.1	Projeto Preventivo Contra Incêndio
4.3.2	Projeto Elétrico
4.3.3	Projeto Hidrossanitário
4.3.4	Projeto HVAC
5.	Serviços Complementares
6.	Limpeza Final de Obra

Fonte: Autora (2017).

O roteiro apresenta a itemização dos pacotes que compõe as atividades em nível macro, a depender de cada projeto a estrutura deve ser aberta em níveis de serviços de acordo com suas características.

Este trabalho de conclusão de curso está delimitado a quantificar o projeto arquitetônico que corresponde ao item 4.2 da Tabela 1, com exceção dos subitens 4.2.6 e 4.2.8.

4.3 Método tradicional: Análise do Projeto 2D

O levantamento de quantitativos pelo método tradicional consiste na análise de plantas, cortes e detalhes do projeto, utilizando o software da Autodesk AutoCad 2D 2016, pela disponibilidade em versão estudantil.

O levantamento de quantitativos manual é realizado através da identificação, medição e contagem de todos os elementos previstos para o projeto. Através de planilhas eletrônicas, se mantém o histórico de informações anteriormente levantadas. Neste estudo, a quantificação manual foi dividida em duas etapas: Levantamento de Quantitativo de Fachada e Levantamento de Quantitativo Interno.

4.3.1 Levantamento de Quantitativo de Fachada

O fechamento vertical de fachada é realizado por painéis pré-fabricados, sendo quantificada por face de fechamento, nas quais foram identificados os painéis, suas respectivas larguras e alturas. Para obtenção de área efetiva de painel foram utilizados os critérios de medição, descontando os vãos das esquadrias.

A tabela de quantitativos de Fachada apresenta-se no Apêndice A.

4.3.2 Levantamento de Quantitativo Interno

A planilha eletrônica foi formatada com informações básicas de dimensões dos ambientes, pisos, paredes, forros, revestimentos horizontais e verticais e esquadrias. Os serviços devem ser extraídos de acordo com suas unidades do arquivo CAD 2D. Para facilitar a identificação e rastreabilidade dos elementos, os mesmos foram identificados através de camadas específicas no software.

Seguindo o roteiro de levantamento de quantitativos pré-estabelecido, a primeira etapa consiste na identificação dos ambientes, suas respectivas áreas, perímetros, altura de parede e altura de posicionamento de forro.

O software AutoCad possui ferramenta que fornece o cálculo de área e perímetro automaticamente, porém é usual informar à planilha eletrônica as dimensões dos ambientes e definir fórmulas para executar esses cálculos, a opção do método fica à critério do autor.

As áreas de pisos e forros são consideradas as dimensões limitadas pelas paredes, que coincidem com a área do ambiente em questão, definidas, portanto por unidade em metro quadrado.

Para o levantamento dos fechamentos verticais, definidos no projeto como painel pré-fabricado e sistema drywall, é importante criar, na planilha, uma coluna para cada item, em função de seu tipo e espessura. As dimensões são obtidas pelo perímetro do ambiente avaliado e a altura de fechamento. Nesta etapa, é comum que surjam dúvidas, tendo o cuidado para que não haja duplicidade de parede em ambientes adjacentes.

Os critérios de medição adotados podem variar de acordo com a empresa contratante e a maneira como realizadas as medições em obra. Há divergências nos critérios adotados para diferentes órgãos da construção civil, a TCPO adota o critério que: se, a área for menor que $2m^2$, o vão proveniente para o encaixe das aberturas não precisa ser considerado. Entretanto se a área for maior que $2m^2$ somente subtrai-se do valor, a metragem que exceder a medida de $2m^2$, cabe ressaltar que o cálculo deve ser feito vão a vão, e não pela soma total. A razão deste critério é que o trabalho que se tem para requadrar e arestar um vão de $2m^2$ é o mesmo que teria se fosse preencher este vão com alvenaria.

Desta forma, segundo o critério, a medição corresponde mais próximo ao que se executa. As perdas a serem consideradas em função do serviço podem ser previstas na composição de preço em uma etapa subsequente à quantificação.

Os revestimentos de paredes, assim como as paredes brutas, foram definidos em função do perímetro do ambiente e a altura de referência foi estabelecida pelo limite de altura de forro. Na quantificação de revestimento de paredes, é usual utilizar como verificação a que a área de acabamento deve ser maior ou igual a duas vezes a área de fechamento vertical.

Por fim são quantificadas as esquadrias. As esquadrias metálicas, são quantificadas comumente por metro quadrado de vão livre, entretanto neste estudo de caso, em se tratando de esquadrias padrão utilizada no condomínio industrial, são quantificadas por unidade. A tabela de quantitativos internos gerada apresenta-se no Apêndice B.

4.3.1 Considerações do Método Tradicional

É importante estabelecer uma rotina de trabalho, pois as interrupções e alterações no decorrer do processo tendem a gerar situações improdutivas e desgastantes.

Outro item que merece destaque é a definição de um método de anotações, que consiste em registrar as diretrizes adotadas durante o levantamento, uma vez que havendo a necessidade de ajuste de alguma informação, não é necessário iniciar o levantamento novamente.

A identificação das características e acabamentos de projeto, estão atreladas ao memorial descritivo e às informações contidas na planta de layout da edificação, além de características comuns às edificações executadas com padrão similar pela própria empresa. Estas informações estão apresentadas na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Características de acabamento de projeto

A tabela com as definições de acabamentos dos módulos foi desenvolvida com objetivo tornar a identificação dos itens mais eficiente, sem que seja necessário recorrer à um memorial em caso de dúvidas. A partir das informações contidas nesta tabela, foi formatada a planilha eletrônica na qual foram registrados os quantitativos referentes às áreas de acordo com suas características.

De acordo com os critérios qualitativos sugeridos por Santos et al. (2014) e apresentados no Capítulo 1. Como análise desta metodologia, no que se refere ao grau de dificuldade, não houve demanda de tempo de busca por conhecimento do software utilizado para análise de projeto e quantificação, uma vez que o AutoCad é muito difundido nos cursos de Arquitetura e Engenharia. Entretanto, é necessário conhecimento das diretrizes básicas para o levantamento de quantitativos.

Quanto à confiabilidade dos resultados, estes podem sofrer influência de quem faz a quantificação pela interpretação e compilação dos dados.

O detalhamento das informações ocorre pela identificação do orçamentista, desta forma, fica sujeito à equívocos.

Em relação ao tempo demandado para levantamento das informações, geralmente este é o gargalo do orçamento, pois exige leitura, interpretação, extração e armazenamento dos dados, quando não o retrabalho em atualizar informações à medida que o projeto evolui.

4.4 Modelagem 3D: extração de quantitativos

O levantamento de quantitativos pela modelagem 3D consiste no desenvolvimento de modelos gerados a partir das informações extraídas do projeto arquitetônico do bloco P, disponível em formato CAD 2D.

O processo de modelagem foi desenvolvido com o uso do software Revit Architecture, da Autodesk, com disponibilidade em versão estudantil. O escopo das diretrizes básicas de modelagem dos elementos consiste em: definições das paredes, pisos, lajes, Forros e aberturas (portas e janelas). Este software disponibiliza as famílias básicas de objetos que permitem criar alternativas do objeto proposto informando a dimensão, tamanho, espessura, níveis, material, custos, fabricantes entre outros de acordo com a necessidade do projeto.

Nas etapas de informação de parâmetros aos elementos, quanto maior for o nível de detalhamento, mais precisos são os resultados extraídos do modelo e seu conjunto projetual.

4.4.1 Paredes

O recurso de paredes é definido como sistema de famílias, dentro do qual estão disponíveis três tipos básicos:

- Paredes Básicas – que se refere a qualquer parede simples, com composição básica. Através dela podem ser definidos diferentes parâmetros para as camadas que compõe a parede que se deseja criar;
- Paredes Cortina – consiste em painéis divididos por linhas. Permite especificar o material de cada painel e inserir suportes de formas e tamanhos específicos nas linhas para definir esquadrias.
- Empilhada – são tipos de parede que podem ser sobrepostos verticalmente sobre os tipos paredes básicas.

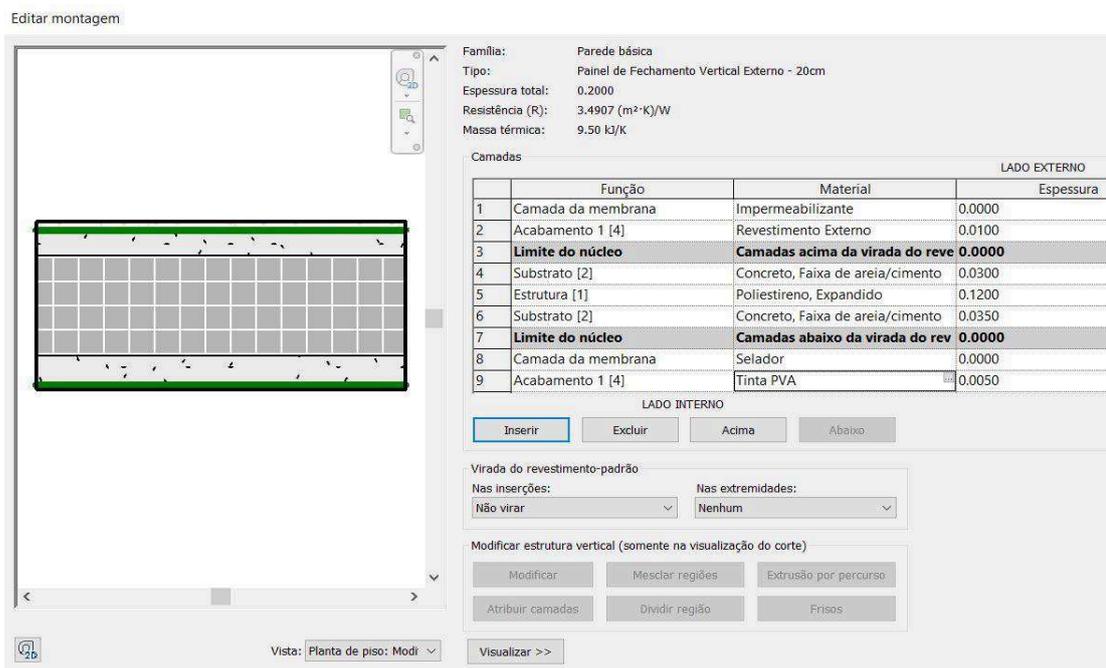
As paredes podem ter suas propriedades alteradas, o que permite modificar sua estrutura, comportamento de revestimento e função. As alterações das propriedades tipo encontram-se detalhadas no Anexo B.

Para o desenvolvimento do modelo em estudo, a partir de uma parede básica, foram criadas as paredes que compõe a edificação. Em função da necessidade de se adequar os revestimentos aos ambientes adjacentes, foi necessária a criação de diversas paredes, que foram definidas como:

Painel de fechamento vertical externo – teve sua composição ajustada de acordo com o elemento pré-fabricado, que é composto por enchimento em EPS, concreto e revestimentos (selante e pintura para área interna e revestimento em granilha e impermeabilizante para área externa), conforme Fig. 4.

Figura 4 – Composição de elemento – painel de fechamento vertical externo

Editar montagem



Família: Parede básica
 Tipo: Painel de Fechamento Vertical Externo - 20cm
 Espessura total: 0.2000
 Resistência (R): 3.4907 (m²·K)/W
 Massa térmica: 9.50 kJ/K

Camadas

LADO EXTERNO			
	Função	Material	Espessura
1	Camada da membrana	Impermeabilizante	0.0000
2	Acabamento 1 [4]	Revestimento Externo	0.0100
3	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do rev	0.0000
4	Substrato [2]	Concreto, Faixa de areia/cimento	0.0300
5	Estrutura [1]	Poliestireno, Expandido	0.1200
6	Substrato [2]	Concreto, Faixa de areia/cimento	0.0350
7	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do rev	0.0000
8	Camada da membrana	Selador	0.0000
9	Acabamento 1 [4]	Tinta PVA	0.0050

LADO INTERNO

Inserir Excluir Acima Abaixo

Virada do revestimento-padrão

Nas inserções: Não virar
 Nas extremidades: Nenhum

Modificar estrutura vertical (somente na visualização do corte)

Modificar Mesclar regiões Extrusão por percurso

Atribuir camadas Dividir região Frisos

Vista: Planta de piso: Modi Visualizar >>

Fonte: Autora (2017).

O painel de fechamento vertical interno – localizado entre os módulos, individualizando-os possui a mesma composição do painel vertical externo, no entanto, o revestimento interno dispensa a granilha e impermeabilizante, sendo necessário apenas selador e pintura em ambos os lados.

O drywall é composto por chapas de gesso acartonado revestido de massa corrida e pintura. O drywall resistente à umidade é aplicado em áreas destinadas à lavabo, é composto por placas de gesso acartonado resistente à umidade revestido de argamassa colante e acabamento cerâmico na face voltada ao lavabo, a face externa é revestida de massa corrida e pintura, conforme Fig. 5.

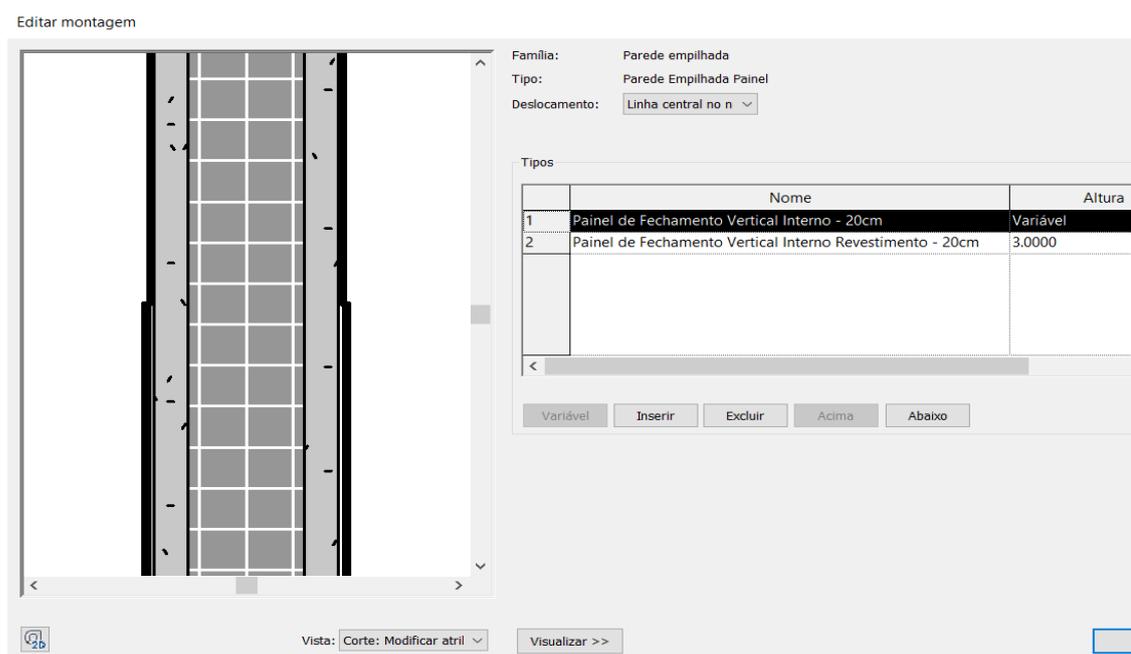
Figura 5 – Composição de elemento – parede drywall resistente à umidade



Fonte: Autora (2017).

Para inserir revestimento cerâmico ao painel de vedação vertical interno que faz o fechamento de uma das faces do lavabo, foi necessário o uso do recurso Paredes Empilhadas, que permite “empilhar” paredes básicas ou cortina já existentes, conforme Fig. 6:

Figura 6 – Composição de elemento – parede empilhada



Fonte: Autora (2017).

A inserção das paredes pode ser através de vista em planta ou 3D. A barra de opções permite que sejam ajustados:

- Níveis – ajuste de restrição à base, posição em elevação em que se encontra a base da parede.
- Altura – é possível conectar a altura com base em um nível superior pré-definido ou informar a altura desejada.
- Linha de localização – plano a partir do qual a parede será inserida, permitindo que sejam utilizadas como referência linha de centro de parede, linha de centro do núcleo, face de acabamento externa ou interna, e face do núcleo interno ou externo.
- Deslocamento – permite que seja informada o quão distante da linha de localização a parede será deslocada.
- Status de união – permite ou não que as paredes se unam quando encontradas.

Uma vez definidas as propriedades, as paredes foram inseridas de acordo com dimensões determinadas no projeto base do AutoCad.

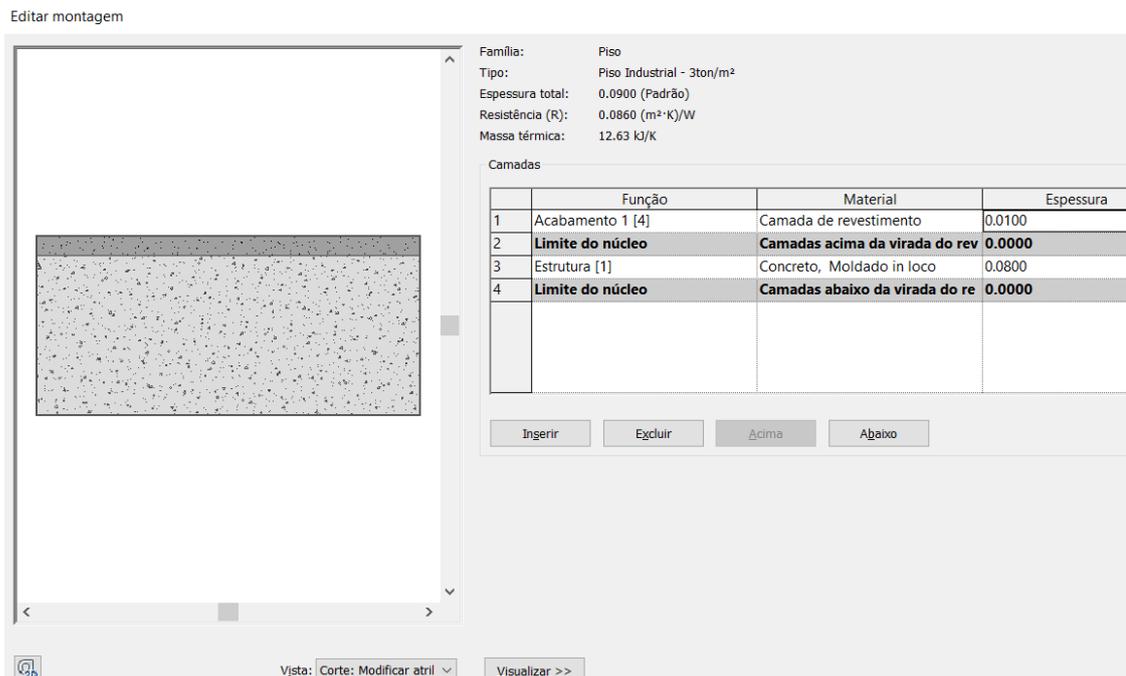
4.4.2 Pisos

Os acabamentos horizontais são definidos pelo recurso de sistema de famílias de pisos. Semelhante ao recurso de paredes, permite personalização das camadas que constituem o piso de acordo com características de projeto. O Anexo C, apresenta as modificações que às propriedades dos pisos.

Os revestimentos foram definidos de acordo com as áreas de utilização. As áreas destinadas às operações produtivas: piso industrial, contrapiso com acabamento de proteção à desgaste por abrasão, Fig.7.

Figura 7 – Composição de elemento – piso industrial

Editar montagem



Família: Piso
 Tipo: Piso Industrial - 3ton/m²
 Espessura total: 0.0900 (Padrão)
 Resistência (R): 0.0860 (m²·K)/W
 Massa térmica: 12.63 kJ/K

Camadas

	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 1 [4]	Camada de revestimento	0.0100
2	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do rev	0.0000
3	Estrutura [1]	Concreto, Moldado in loco	0.0800
4	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do re	0.0000

Inserir Excluir Acima Abaixo

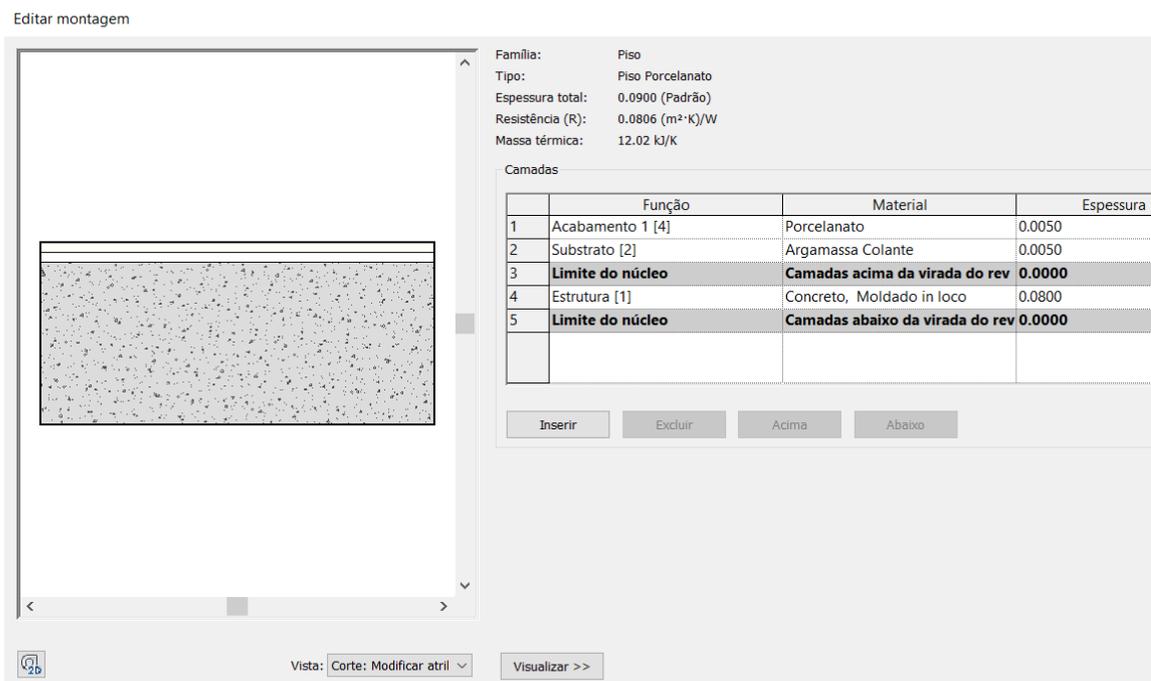
Vista: Corte: Modificar atril Visualizar >>

Fonte: Autora (2017).

Para as áreas administrativa: destinada à recepção, contrapiso com revestimento em porcelanato, Fig. 8.

Figura 8 – Composição de elemento – piso em porcelanato

Editar montagem



Família: Piso
 Tipo: Piso Porcelanato
 Espessura total: 0.0900 (Padrão)
 Resistência (R): 0.0806 (m²·K)/W
 Massa térmica: 12.02 kJ/K

Camadas

	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 1 [4]	Porcelanato	0.0050
2	Substrato [2]	Argamassa Colante	0.0050
3	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do rev	0.0000
4	Estrutura [1]	Concreto, Moldado in loco	0.0800
5	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do rev	0.0000

Inserir Excluir Acima Abaixo

Vista: Corte: Modificar atril Visualizar >>

Fonte: Autora (2017).

Para as áreas destinada à despensa, lavabo e serviço: contrapiso com revestimento cerâmico; às áreas destinada à escritórios (Mezanino): laje finalizada com revestida de piso vinílico em placas.

A inserção dos pisos ao modelo pode ocorrer de duas maneiras, definindo os limites pela seleção das paredes ou através de ferramentas de desenho.

4.4.3 Lajes

Para a inserção da componente laje ao modelo, foi utilizada a interface e funcionalidade similar ao recurso apresentado no sistema de família de pisos. A laje existente em um mezanino previsto sobre a área administrativa, no módulo administrativo 05, foi modelada a partir de um piso padrão de concreto, definindo espessura final de 32 cm, compreendendo laje e acabamento de piso.

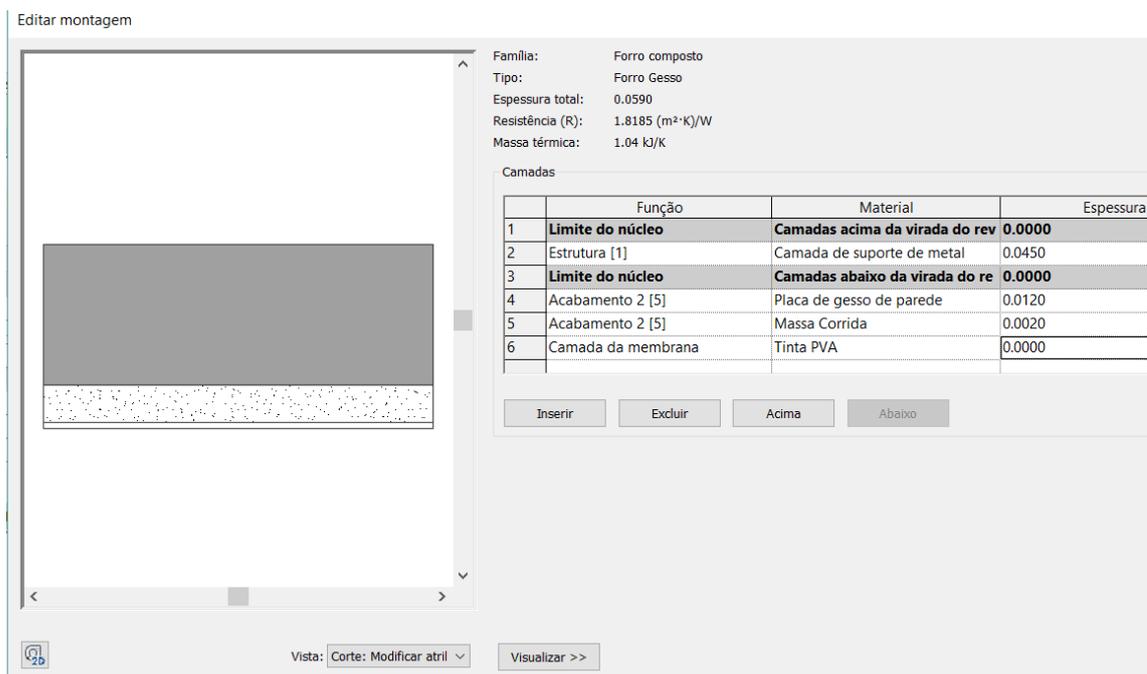
4.4.4 Forros

Os forros são elementos com base em nível, criados a uma distância especificada acima do nível de piso. O software disponibiliza dois tipos de forros. O forro básico apresenta elementos planos sem nenhuma espessura, enquanto que o forro composto apresenta camadas com espessura de material.

Para o modelo do estudo de caso, foi utilizado um padrão pré-existente definido por forro de gesso composto, que prevê os montantes que estruturam o forro e placa de gesso acartonado. O comando permite que seja definido um croqui delimitando a região de inserção pelas paredes, definindo áreas distintas para sua aplicação, separando áreas comuns das áreas molhadas.

Conforme padrão utilizado pela empresa, para o mezanino foi previsto forro em fibra mineral. Como acabamento das áreas com forro em gesso, foi definido revestimento composto por massa corrida e pintura, conforme apresenta Fig. 9.

Figura 9 – Configuração de elemento – forro em gesso



Fonte: Autora (2017).

4.4.5 Aberturas

As esquadrias são adicionadas em qualquer tipo de parede que servem como wall-hosted. O software define alguns objetos como padrão, de acordo com a necessidade, é possível carregar ao modelo objetos a partir de bibliotecas.

4.4.5.1 Portas

O Revit dispõe de elementos pré-definidos a partir dos quais são ajustados parâmetros de tipo. Pela necessidade de itens específicos ao projeto, com objetivo de inserir ao modelo portas semelhantes ao padrão utilizado ao demais projetos, foram carregadas novas famílias de portas. As propriedades de tipo editáveis de cada elemento são apresentadas no Anexo E.

Sua inserção pode ser feita em planta, corte, elevação ou 3D. Ao colocar a porta em vista plana, ao posicionar o cursor, surgem cotas temporárias que auxiliam na identificação do local apropriado. O faceamento da porta (lado para o qual abre e fecha) pode ser ajustado pelo ícone permitindo a inversão.

4.4.5.2 Janelas

Este recurso permite que os elementos sejam hospedados em qualquer tipo de parede. Podem ser criadas em vistas de planta, corte ou elevação 3D. As janelas foram inseridas a partir de uma nova família carregada ao modelo. Com o tipo de janela selecionado, é definida sua localização na parede. O Revit automaticamente ajusta a abertura à janela. Semelhante ao recurso de portas, é possível inverter a posição das janelas ou face de instalação através do ícone de inversão que surge juntamente com as cotas temporárias.

O Anexo F apresenta as propriedades das janelas passíveis de alterações, de acordo com necessidades do projeto.

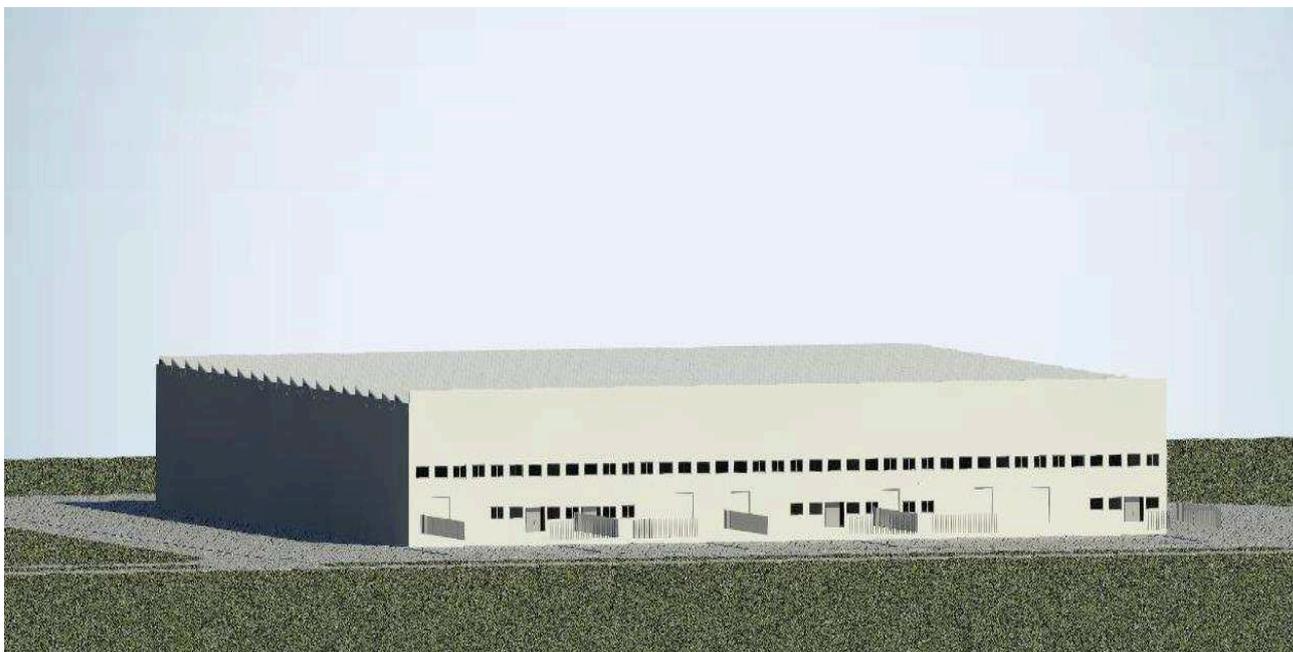
4.4.6 Considerações do Método 3D

Para garantir a confiabilidade do modelo elaborado no Revit, após modelagem arquitetônica, através da ferramenta de detecção de conflitos, verificou-se a interferência entre elementos, que permitiu extinguir qualquer duplicidade ou inconsistência que possam interferir nos dados gerados.

A quantificação é um produto direto da modelagem. Um modelo que representa a edificação, tende a produzir resultados consistentes garantindo maior confiabilidade nos resultados, menos passíveis a erros inerentes ao processo. Que puderam ser percebidos pela mínima variabilidade encontrada nos resultados, estas em geral associadas à arredondamento ou equívoco de interpretação no método manual, contudo, não desqualificam o levantamento de quantitativos.

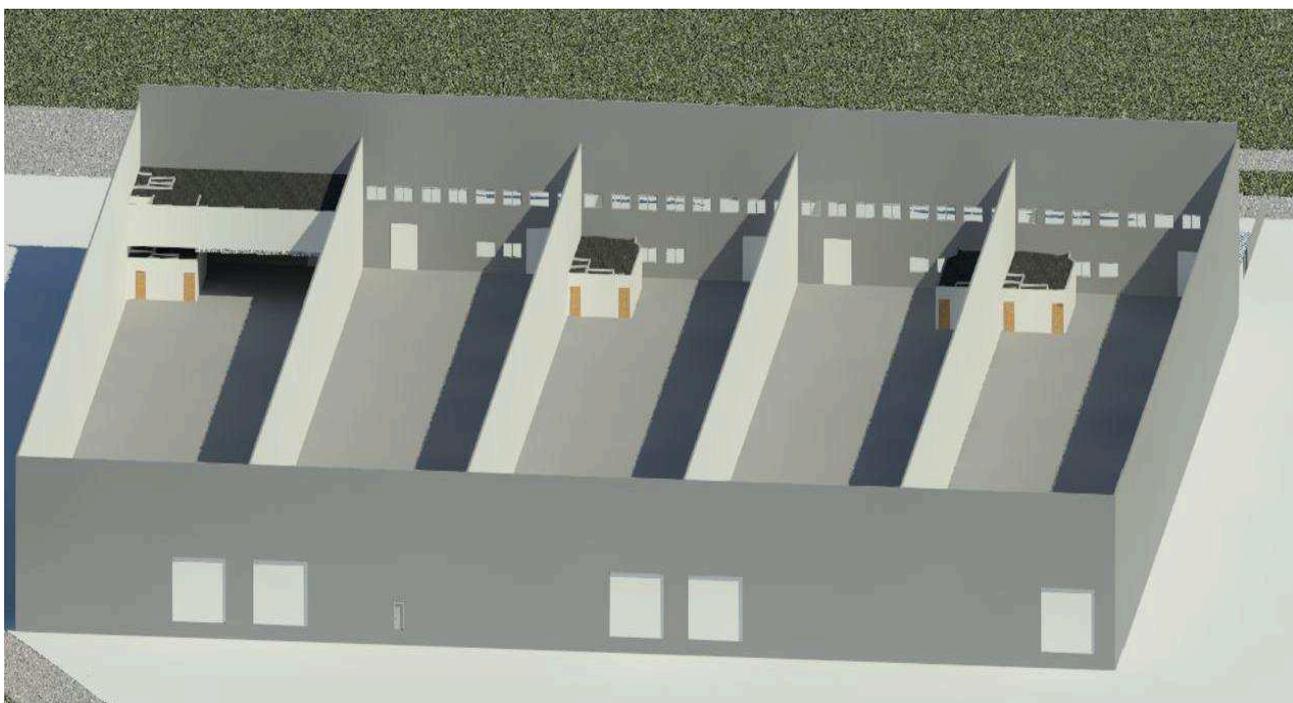
Na sequência são apresentadas algumas imagens provenientes da modelagem 3D.

Figura – Modelo 3D gerado pelo Revit



Fonte: Autora (2017).

Figura – Módulos internos – Modelo 3D



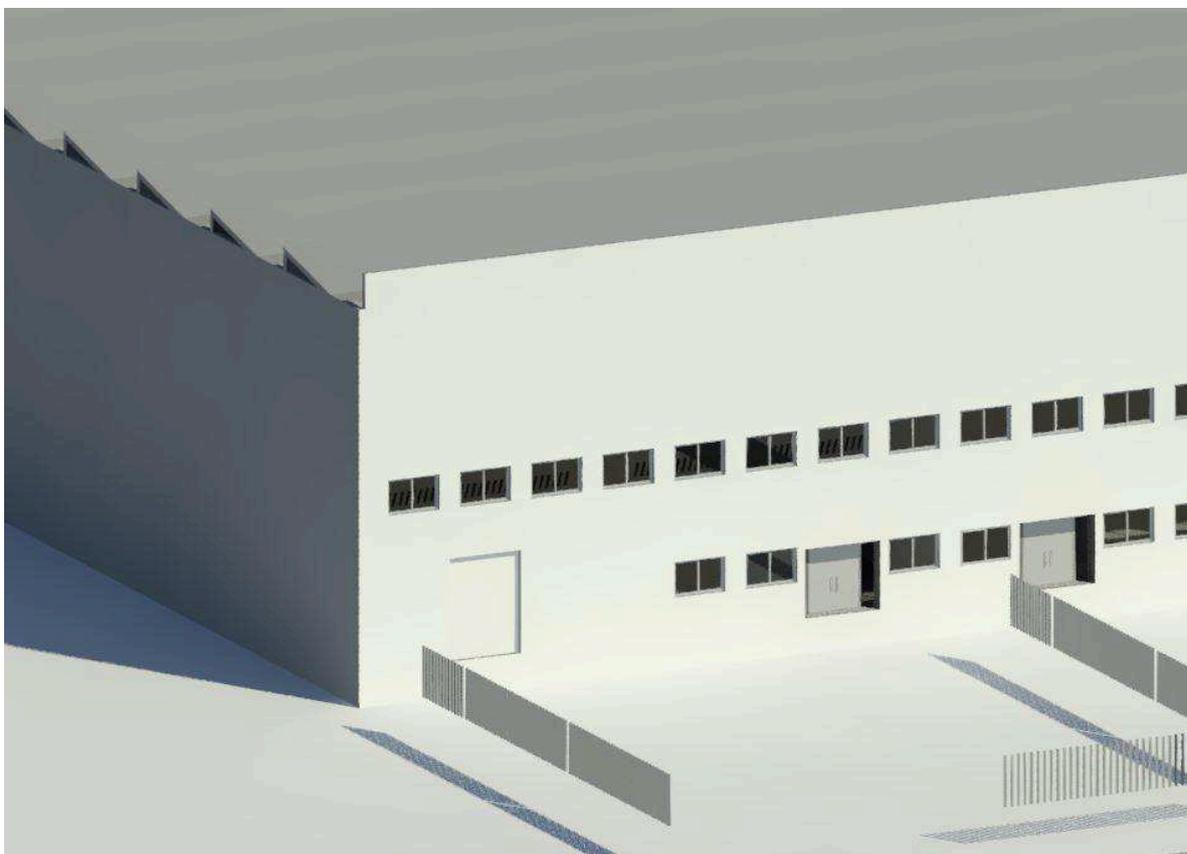
Fonte: Autora (2017).

Figura – Módulo Administrativo 05 – Modelo 3D



Fonte: Autora (2017).

Figura – Modelo 3D



Fonte: Autora (2017).

Considerando os critérios qualitativos sugeridos por Santos et al. (2014), quanto ao grau de dificuldade, foi necessário conhecimento básico do software Revit, além das diretrizes básicas para quantificação, que permitem identificar os dados de inserção necessária ao modelo.

A confiabilidade dos resultados é dependente do conhecimento do software e da qualidade do modelo desenvolvido. Para garantir dados confiáveis, é necessária boa prática de modelagem, atentar-se ao detalhamento de informações e mitigar inconsistências como duplicidade e interferências.

O grau de detalhamento das informações está relacionado com o que foi desenvolvido no projeto, desta forma, o software identifica e armazena os dados inseridos no modelo, quanto maior o grau de detalhamento de projeto, maior a quantidade de informações possíveis de extrair.

No que se refere ao tempo de levantamento de informações, estas são obtidas instantaneamente assim que solicitado ao comando de extração de relatórios disponível no software.

5 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CAD – BIM

Quando referenciados projetos de grande complexidade em geometria e variabilidade de elementos construtivos, o levantamento de quantitativos manual tende a demandar muito tempo da equipe, tornando a quantificação uma tarefa tediosa. Em situações semelhantes, é viável utilizar um método para evitar duplicidade na quantificação de algum elemento ou o seu esquecimento. Sobretudo nestes casos, a ferramenta BIM pode surgir como um aliado importante, fornecendo ajuste automático das informações à medida que o modelo é incrementado garantindo confiabilidade nos dados gerados além de proporcionar redução no tempo que demanda a quantificação.

Apesar da facilidade de quantificação com a ferramenta BIM, ela não substitui a importância de análise do orçamentista em visualizar, entender e decidir o que é relevante ou não ao orçamento. A ferramenta não é capaz de fornecer junto às informações de quantidades outras variáveis que impactam diretamente o custo, como mão de obra e equipamentos para execução.

A possibilidade de identificação de elementos separadamente através do comando que isola o componente ou o grupo (pisos, paredes, esquadrias) permitindo a fácil compreensão do projeto, ressalta que a modelagem paramétrica torna rápida a modificação necessária, contribuindo para a experimentação de alternativas. Além disso, a capacidade de a ferramenta antecipar e alertar a existência de interferências entre os elementos, trazendo a sugestão de modificações.

Os cortes e vistas gerados a partir da modelagem da construção tornam visuais detalhes pouco perceptíveis em modelo bidimensional, tornando mais claro o entendimento do projeto desenvolvido.

A modelagem da edificação permite além da visualização da construção como um todo, analisar a viabilidade técnica da solução proposta. A capacidade de os elementos terem relacionados a si suas características e parâmetros construtivos,

permite que sejam exploradas as soluções técnicas possíveis para um mesmo projeto tornando a proposta mais competitiva.

A elaboração de um modelo paramétrico virtual proporciona a identificação da relação que os elementos têm entre si, à medida que o modelo se desenvolve, a compreensão do processo construtivo antecipa erros de interpretação.

O comparativo entre resultados obtidos nos levantamentos de quantitativos pelo método tradicional e por ferramenta BIM é apresentado na Tabela 3.

Tabela 2 – Comparativo entre quantitativo obtido por levantamento manual e por ferramenta BIM. (Continua)

Descrição	Unidade	Quantidade Manual	Quantidade Revit	%
SUPERESTRUTURA				
EXTERNA				
Painéis de Fechamento	m ²	5448,71	5289,71	2,92
INTERNA				
Paredes				
Painéis de Fechamento	m ²	4161,60	4161,09	0,01
Paredes Drywall	m ²	385,47	375,15	2,68
Paredes Drywall RU - Resistente à Umidade	m ²	106,88	100,80	5,69
Vidro Temperado	m ²	11,73	11,27	3,93
Revestimento de Paredes				
Massa Corrida	m ²	908,83	844,35	7,10
Pintura em Tinta PVA - branco gelo	m ²	14832,07	14429,25	2,72
Argamassa Colante	m ²	125,70	119,99	4,54
Revestimento Cerâmico	m ²	125,70	119,99	4,54
Impermeabilizante	m ²	5448,71	5289,71	2,92
Selador	m ²	13923,24	13587,44	2,41
Impermeabilizante	m ²	5479,56	5289,34	3,47

Fonte: Autora (2017).

Tabela 3 – Comparativo entre quantitativo obtido por levantamento manual e por ferramenta BIM. (Conclusão)

Descrição	Unidade	Quantidade Manual	Quantidade Revit	%
Pisos				
Piso Industrial - 3tf/m ²	m ²	9944,52	9944,64	0,00
Piso em Porcelanato	m ²	206,42	210,81	-2,13
Piso Cerâmico	m ²	43,49	42,79	1,60
Piso Vinílico Paviflex	m ²	203,40	200,85	1,25
Forro				
Gesso	m ²	450,09	458,29	-1,82
Revestimento de Forro				
Massa Corrida	m ²	450,09	458,29	-1,82
Pintura Acrílica - branco gelo	m ²	450,09	458,29	-1,82
Esquadrias				
Porta de abrir - 1 folha - dimensões 80x210 cm	unid	8,00	8,00	0,00
Porta de abrir - 1 folha - dimensões 90x210 cm	unid	11,00	11,00	0,00
Porta pivotante, vidro temperado 8mm – dimensões 250x235cm	unid	4,00	4,00	0,00
Portão metálico - dimensões 250x350cm	unid	6,00	6,00	0,00
Portão metálico - dimensões 500x500cm	unid	5,00	5,00	0,00
Janela maxim-ar - dimensões 180x120cm	unid	40,00	40,00	0,00

Fonte: Autora (2017).

É possível perceber que os quantitativos não apresentam grande variabilidade. Como já discutido anteriormente, os quantitativos resultantes pelo software tendem a expressar informações mais assertivas, pois a medida que o modelo é desenvolvido, os dados são armazenados automaticamente. É importante destacar que, para o levantamento de fechamento vertical externo, enquanto no método manual é considerado o critério de descontos de esquadrias de acordo com o vão ocupado, o

quantitativo gerado pelo software não leva esses critérios em consideração, descontando todo vão ocupado, independente da área.

De maneira geral, em se tratando de fechamento vertical (painel ou drywall), as áreas que contém aberturas tendem a apresentar quantitativo menor através do software. O resultado apresentado ao quantitativo de painel de fechamento vertical interno corrobora com a análise, tendo uma diferença de 0,01% entre os resultados obtidos pelos dois métodos, isso se deve ao fato de que não há interferência de critérios de descontos, por não haver aberturas.

O comparativo entre os revestimentos de paredes, percebe-se uma variação considerável entre os resultados obtidos, novamente tem-se a influência dos critérios de medição.

Entre os resultados obtidos, o comparativo entre os pisos não apresentou variabilidade expressiva, apresentando uma diferença praticamente nula quando se refere à revestimento de piso industrial. O porcelanato que apresentou a maior diferença, de 2,16%, em virtude da consideração no modelo BIM das áreas de acesso à recepção, desconsideradas no levantamento manual.

O quantitativo de forro apresentou uma diferença de 1,85%, possivelmente por equívoco no levantamento manual, pois pelo método BIM, certificou-se de que as áreas definidas correspondem às identificadas no método tradicional.

Conseqüentemente, a mesma variação no comparativo é percebida nos quantitativos de revestimento de forro. No item esquadrias, não houve variabilidade no comparativo, a quantidade obtida por ambos os métodos coincide, isso ocorre em função da identificação dos itens não envolver grande dificuldade.

Como ressaltado anteriormente, o levantamento de quantitativo é a premissa básica para realização de um orçamento de obra. Através do qual são definidos os insumos necessários para execução dos serviços e posterior precificação de cada item de acordo com a composição de custo unitário que o representa. Qualquer inconsistência decorrente do processo de quantificação tende a propagar incertezas aos serviços relacionados e conseqüentemente à estimativa de custo do empreendimento.

Desta forma, embora a quantificação pelo software tenha como ponto negativo o fato de não associar os critérios de medição ao seu levantamento, mostra-se coerente nos demais aspectos. A ferramenta apresenta-se muito eficiente no que diz respeito a tempo de extração dos relatórios, que ocorre imediatamente após a

solicitação através do comando, enquanto que o levantamento manual exige do profissional um trabalho exaustivo. Principalmente quando se trata de atualização de projeto, enquanto no manual há necessidade de entendimento dos critérios adotados no levantamento e atualização pontual item a item, em ferramenta BIM, basta atualizar os relatórios.

Segundo os critérios definidos Santos et al. (2014), os procedimentos de quantificação de projeto podem ser avaliados qualitativamente em função do grau de dificuldade de uso da tecnologia proposta, confiabilidade e detalhe dos resultados além de rapidez no levantamento.

Enquanto grau de dificuldade o levantamento de quantitativo manual não requer domínio de um software específico no gerenciamento de informações do modelo do empreendimento, cabe apenas conhecimento das diretrizes básicas de levantamento e conhecimento básico de ferramenta de desenho.

Para a quantificação com uso de ferramenta avançada que detém informações do modelo, é necessário conhecimento do software Revit, o que aumenta o nível de dificuldade.

Quando analisada a confiabilidade dos resultados, entende-se que o produto final obtido através de ferramenta BIM tenha maior confiabilidade uma vez que o produto da modelagem é resultado das informações fornecidas ao software. No método usual de quantificação fica sujeita à interferência humana inerente ao processo.

No que se refere à detalhamento, no processo manual, fica à cargo do responsável pela quantificação fazer a varredura nos projetos e identificar todos os itens que foram previstos e possam interferir diretamente no custo do empreendimento. No modelo gerado por ferramenta BIM, à medida que o projeto é desenvolvido, todas suas variáveis são entendidas e armazenadas pelo software.

Quanto ao tempo de levantamento de informações, a quantificação pelo método manual, requer tempo para análise dos projetos, identificação dos itens relacionados, entendimento e organização das informações.

Através de ferramenta BIM, a quantificação é um produto do modelo, ou seja, é gerada automaticamente. Portanto, a agilidade de obtenção da informação é uma das grandes vantagens do software BIM diante do processo manual. Sendo necessária alteração de projeto, o software entende e atualiza as informações automaticamente, no processo manual, cabe ao orçamentista revisar as planilhas

eletrônicas, entender as considerações feitas durante o levantamento e fazer as alterações necessárias, esta etapa deixa o levantamento de quantitativos sujeito à equívocos que tendem a propagar imprecisões ao orçamento.

6 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

A etapa de quantificação de um projeto é de extrema importância para a definição da estimativa de custo de um empreendimento. Desta forma, uma avaliação equivocada de seus custos pode inclusive invalidar a viabilidade de um empreendimento.

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência que o uso da tecnologia BIM exerce sobre a etapa de quantificação de um projeto, através da análise comparativa entre resultados obtidos pelo método usual e pela modelagem da construção em software BIM.

Ao analisar os resultados obtidos pela quantificação manual e por modelagem do projeto em software BIM, foi constatado que não houve variabilidade significativa, embora qualquer inconsistência seja suficiente para propagar erros ao orçamento. Desta forma, é válida a modelagem da construção pelo uso de software BIM. Esta alternativa oferece como diferencial a capacidade de entender e armazenar informações à medida em que o projeto evolui, atualizando automaticamente seus relatórios de quantidades, tornando mais eficiente o tempo do orçamentista, permitindo que os esforços sejam concentrados em analisar soluções técnicas e trabalhar em nível estratégico.

O uso do software, é justificado principalmente quando se trata de projeto que envolve certa complexidade seja pela geometria ou por quantidade de itens que necessitem ser quantificados.

A tecnologia BIM se apresenta como um grande avanço tecnológico, não apenas no que diz respeito à orçamento de obras, neste quesito sobretudo, apresenta vantagens importantes sobre os métodos usuais, principalmente no que diz respeito à confiabilidade e agilidade nos resultados gerados.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

O estudo tratou da implementação de um modelo BIM da edificação por uma mesma pessoa tanto projetista como orçamentista. Sendo assim, as informações foram inseridas no modelo de acordo com o que foi considerado relevante para o orçamento. Como sugestão para trabalhos futuros pode ser considerado o comparativo da implementação da tecnologia sob ótica do projetista e orçamentista como pessoas distintas.

Além disso, a relação do custo e benefício da implantação da metodologia BIM em escritórios de Engenharia e Arquitetura.

REFERÊNCIAS

AMIRI, Helia. **Building Information Modeling for construction applications: formwork installation and quantity takeoff**. Master Thesis. 2012. p. 192 – The University of British Columbia, 2012.

AUTODESK. **Revit 2017**. Disponível em: <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2017/PTB/?guid=GUID-C3DEF8F6-A9C0-496E-A554-8147B12A4EDA>>. Acesso em: 05 jun. 2017

AZEVEDO, Orlando José Maravilha. **Metodologia BIM** – Building Information Modeling na direção técnica de obras. Universidade do Minho. Braga: s.n., 2009.

BAGNO, Rodrigo; ARANTES, Eduardo. **BIM no processo de orçamentação de um empreendimento residencial**. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_409.pdf> Acesso em: 16 maio 2017.

BRAGA, Paula Rodrigues. **Levantamento de quantitativos com uso da tecnologia BIM**. 130p. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

CATELANI, Wilton Silva. **10 Motivos para evoluir com BIM**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. Disponível em: <http://cbic.org.br/arquivos/CBIC_Guia_10%20Motivos_para%20Evoluir_o_BIM.pdf> Acesso em: 10 set. 2016.

CICHINELLI, Gisele. Orçamentação com BIM. **Construção e Mercado**. 10/2012. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/135/orcamentacao-com-bim-engenheiro-explica-as-vantagens-e-os-299649-1.aspx>>. Acesso em: 16 mai. 2017.

CICHINELLI, Gisele. Como orçar com BIM. **Mercado e Construção**. 05/2009. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/94/artigo299232-2.aspx>>. Acesso em: 16 mai. 2017.

COELHO, Ronaldo Sérgio. **Orçamento de obras prediais**. São Luís, MA. Editora UEMA, 2001.

CORRÊA JÚNIOR, Américo. **CAD vs BIM** – Você sabe a diferença? 27/11/2013. Disponível em: <http://www.maxpressnet.com.br/Conteudo/1,638328,CAD_vs_BIM_-_Voce_sabe_a_Diferenca_,638328,2.htm>. Acesso em: 30 out. 2016.

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

DINO. **Orçamento de obra com a tecnologia BIM: informações mais precisas e confiáveis**. Revista Exame. 14/09/2016. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/dino/orcamento-de-obra-com-tecnologia-bim-informacoes-mais-precisas-e-confiaveis-dino890108724131/>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

EASTMAN, Chuck. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

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

KNOLSEISEN, Patrícia Cecília. **Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações**. p. 172. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

MATTOS, Aldo Dórea. **BIM 3D, 4D, 5D e 6D**. Pini Blogs: Engenharia de custos, São Paulo, p.[1-6], 17 dez.2014. Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx>>. Acesso em: 19 maio 2017.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras: Dicas para orçamentistas** - Estudos de caso - Exemplos. São Paulo: Pini, 2006.

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

SULLIVAN, Paul. **Crise: é hora de repensar processos na construção civil**. 15/01/2016. Disponível em: <<http://www.obra24horas.com.br/artigos/mercado-imobiliario/crise--e-hora-de-repensar-processos-na-construcao-civil>> Acesso em: 16 set. 2016.

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Editora PINI, 2006.

WITICOVSKI, L.C. **Levantamento de quantitativos em projeto: uma análise comparativa do fluxo de informações entre as representações 2D e o modelo de informações da construção (BIM)**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal do Paraná, 2011.

ANEXOS

Anexo A – Projeto Arquitetônico Bloco P

Anexo B – Propriedades de tipo de paredes. (Continua)

Nome	Descrição
Construção	
Estrutura	O Editar permite a criação de paredes compostas.
Virada nas inserções	Este parâmetro define a virada das paredes em torno da porta.
Virada nas extremidades	Define a virada da camada em torno das extremidades da parede.
Largura	Define a largura da parede.
Função	Categoriza a parede como Exterior, Interior, Retenção, Fundação, Sofito ou Shaft núcleo. A função é utilizada na tabulação e para criar filtros que simplificam um modelo para visibilidade ou ao exportar.
Gráfico	
Padrão de preenchimento de escala de baixa resolução	Define um padrão de preenchimento para uma parede na vista com escala de baixa resolução.
Cor de preenchimento de escala de baixa resolução	Aplica uma cor no padrão de preenchimento para uma parede na vista com escala de baixa resolução.
Dados da identidade	
Modelo	Geralmente, isto não é uma propriedade aplicável para paredes.
Fabricante	Geralmente, isto não é uma propriedade aplicável para paredes.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo B – Propriedades de tipo de paredes. (Conclusão)

Comentários do tipo	Um campo para colocar comentários gerais sobre o tipo de parede.
URL	Link para uma página da web.
Descrição	Descrição da parede.
Descrição da montagem	Descrição da montagem com base em uma seleção do código de montagem.
Código de montagem	Código de montagem Unifomat selecionado na lista hierárquica.
Marcação de tipo	Um valor para designar uma determinada parede. Geralmente, isto não é uma propriedade aplicável para paredes. Este valor precisa ser único para cada parede no projeto. O Revit avisa se o número já está sendo usado mas permite continuar a usá-lo.
Classificação de incêndio	Classificação contra incêndio da parede.
Custo	Custo dos materiais para construir a parede.
Propriedades analíticas	
Coeficiente de transferência de calor (U)	É utilizado para calcular a transferência de calor, normalmente por convecção ou alteração de fase entre um fluido e um sólido.
Resistência térmica (R)	Medida da diferença de temperatura pela qual um objeto ou material resiste a um fluxo de calor (calor por unidade de tempo ou resistência térmica).
Absorção	Uma medida da capacidade de um objeto de absorver a radiação, igual a relação do fluxo de radiação absorvido para o fluxo do incidente.
Rugosidade	Uma medida da textura da superfície.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo C – Propriedades de tipo de pisos (Continua)

Nome	Descrição
Construção	
Estrutura	Cria a composição de um piso composto.
Espessura padrão	Indica a espessura do tipo de piso, que é determinada pela espessura cumulativa de suas camadas.
Função	Indica se o piso é interno ou externo. A função é utilizada na tabulação e para criar filtros para simplificar um modelo ao exportar.
Deslocamento adicional superior/externo	Especifica um deslocamento adicional do recobrimento do vergalhão superior/externo. Isto permite colocar múltiplos elementos de vergalhão juntos em diferentes camadas de armadura de área.
Deslocamento adicional inferior/interno	Especifica um deslocamento adicional do recobrimento do vergalhão inferior/interno. Isto permite colocar múltiplos elementos de vergalhão juntos em diferentes camadas de armadura de área.
Deslocamento adicional	Especifica um deslocamento adicional do recobrimento do vergalhão. Isto permite colocar múltiplos elementos de vergalhão juntos em diferentes camadas de armadura de caminho.
Gráfico	
Padrão de preenchimento de escala de baixa resolução	Define um padrão de preenchimento para um piso em uma vista com escala de baixa resolução.
Cor de preenchimento de escala de baixa resolução	Aplica uma cor no padrão de preenchimento para um piso na vista com escala de baixa resolução.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo C – Propriedades de tipo de pisos. (Continua)

Materiais e acabamentos	
Material estrutural	Especifica um material para a estrutura do elemento. Esta informação pode ser incluída em tabelas.
Dados da identidade	
Nota-chave	Permite que sejam adicionadas ou editadas notas-chaves de pisos.
Modelo	O tipo de modelo do piso.
Fabricante	O fabricante dos materiais do piso.
Comentários do tipo	Comentários sobre o tipo de piso. Esta informação pode ser incluída em uma tabela.
URL	Link para uma página da web do fabricante.
Descrição	Fornece uma descrição para o piso.
Descrição da montagem	Descrição da montagem com base em uma seleção do código de montagem. Este é um valor de somente leitura.
Código de montagem	Código de montagem Unifomat selecionado na lista hierárquica.
Marcação de tipo	Um valor para designar um determinado piso. Este valor precisa ser único para cada elemento no projeto. O Revit avisa se o número já está sendo usado mas permite continuar a usá-lo.
Custo	O custo do piso. Isto pode ser incluído em uma tabela.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo C – Propriedades de tipo de pisos. (Conclusão)

Propriedades analíticas

Coeficiente de transferência de calor (U)	É utilizado para calcular a transferência de calor, normalmente por convecção ou alteração de fase entre um fluido e um sólido.
Massa térmica	Uma medida da habilidade de um elemento de construção ser capaz de armazenar calor, é o produto de cada massa de camada do material e da capacidade de calor específico.
Absorção	Uma medida da habilidade de um elemento de construção ser capaz de absorver a radiação, é o coeficiente da radiação absorvidas pelo incidente.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo D – Propriedades de tipo de forros. (Continua)

Nome	Descrição
Construção	
Estrutura	Abre uma caixa de diálogo na qual é possível adicionar, modificar e excluir camadas que compõem uma estrutura composta.
Espessura	Especifica a espessura total do forro. (Somente leitura)
Gráfico	
Padrão de preenchimento de escala de baixa resolução	Especifica o padrão de preenchimento para este tipo de elemento quando exibido em um nível de detalhamento de baixa resolução.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo D – Propriedades de tipo de forros. (Continua)

Cor de preenchimento de escala de baixa resolução	Aplica uma cor no padrão de preenchimento para este tipo de elemento em uma vista com escala de baixa resolução.
Dados da identidade	
Nota-chave	Permite adicionar ou editar uma nota-chave para este tipo de elemento.
Modelo	Especifica o modelo para os materiais que compreendem o forro.
Fabricante	O fabricante dos materiais do forro.
Comentários do tipo	Comentários gerais sobre o tipo de forro. Esta informação pode ser incluída em uma tabela.
URL	Define um link para uma página da web.
Descrição	Fornece uma descrição para este tipo de família.
Descrição da montagem	Descrição da montagem com base em uma seleção do código de montagem.
Código de montagem	Código de montagem Unifomat selecionado na lista hierárquica.
Marcação de tipo	Um valor para designar um determinado forro, como 1A, 2B, e assim por diante. Este valor precisa ser único para cada forro no projeto. O Revit avisa se o número já estiver sendo usado, mas permite continuar a usá-lo.
Custo	Custo dos materiais para construir o forro.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo D – Propriedades de tipo de forros. (Conclusão)

Propriedades analíticas

Coeficiente de transferência de calor (U)	É utilizado para calcular a transferência de calor, normalmente por convecção ou alteração de fase entre um fluido e um sólido.
Coeficiente de transferência de calor (U)	Uma medida de uma diferença de temperatura pela qual um objeto ou material resiste a um fluxo de calor (calor por unidade de tempo ou resistência térmica).
Massa térmica	Equivalente a capacidade térmica ou capacidade de calor.
Absorção	Uma medida da capacidade de um objeto de absorver a radiação, igual a relação do fluxo de radiação absorvido para o fluxo do incidente.
Rugosidade	Uma medida da textura da superfície.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo E – Propriedades de tipo de portas (Continua).

Nome	Descrição
Construção	
Fechamento de parede	O revestimento da camada em torno da porta. Ele sobrepõe quaisquer configurações no hospedeiro.
Tipo de construção	O tipo de construção da porta.
Função	Indica se uma porta é interna (valor padrão) ou externa. A função é utilizada na tabulação e para criar filtros para simplificar um modelo ao exportar.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo E – Propriedades de tipo de portas (Continua).

Materiais e acabamentos	
Material da porta	O material para a porta (por exemplo metal ou madeira)
Material da moldura	O material para a moldura da porta.
Cotas	
Espessura	A espessura da porta.
Altura	A altura da porta.
Projeção do recorte externo	A projeção do recorte externo.
Projeção do recorte interno	A projeção do recorte interno.
Largura do recorte	A largura do recorte da porta.
Largura	A largura da porta.
Largura bruta	Pode ser tabulada ou exportada.
Altura bruta	Pode ser tabulada ou exportada.
Dados da identidade	
Nota-chave	Permite adicionar ou editar uma nota-chave de porta.
Modelo	O nome do tipo de modelo da porta.
Fabricante	O nome do fabricante da porta.
Comentários do tipo	Comentários sobre o tipo de porta. Esta informação pode aparecer em uma tabela.
URL	Define um link para uma página da web do fabricante.
Descrição	Fornece uma descrição para a porta.
Descrição da montagem	Descrição da montagem com base em uma seleção do código de montagem.
Código de montagem	Código de montagem Unifomat selecionado na lista hierárquica.
Marcação de tipo	Um valor para designar um determinado tipo de porta. Este valor precisa ser único para cada tipo de porta em um projeto. O Revit avisa se o número já está sendo usado mas permite continuar a usá-lo.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo E – Propriedades de tipo de portas (Conclusão).

Classificação de incêndio	A classificação de incêndio da porta.
Custo	Permite definir o custo da porta.
Número OmniClass	O número da Tabela 23 do Sistema de Classificação de Construção OmniClass que melhor categoriza o tipo de família.
Título OmniClass	O nome da Tabela 23 do Sistema de Classificação OmniClass que melhor categoriza o tipo de família.
Parâmetros IFC	
Operação	A operação da porta, como definida pela descrição IFC atual (por exemplo, abertura_única_esquerda ou porta_dupla_abertura_dupla). Estes valores não diferenciam maiúsculas de minúsculas e sublinhados são opcionais. ABERTURA_ÚNICA_ESQUERDA e AberturaÚnicaEsquerda são iguais.
Propriedades analíticas	
Construção analítica	
Coeficiente de transferência de calor (U)	É utilizado para calcular a transferência de calor, normalmente por convecção ou alteração de fase entre um fluido e um sólido.
Resistência térmica (R)	Medida da diferença de temperatura pela qual um objeto ou material resiste a um fluxo de calor (calor por unidade de tempo ou resistência térmica).
Coeficiente de ganho de calor solar	A fração da radiação solar incidente admitida através da janela, diretamente transmitida e absorvida e, a seguir, liberada para dentro.
Transmissão de luz visual	O montante de luz visível que passa através de um sistema de vidraça, expresso como um percentual.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo F – Propriedades de tipo de janelas (Continua).

Nome	Descrição
Construção	
Fechamento de parede	Este parâmetro define a virada da camada em torno da janela. Ele sobrepõe quaisquer configurações no hospedeiro.
Tipo de construção	O tipo de construção para a janela.
Materiais e acabamentos	
Material de painel de vidro	O material para os painéis de vidro na janela.
Material do caixilho	O material para o caixilho da janela.
Cotas	
Altura	A altura da abertura da janela.
Altura padrão da soleira	Define a altura da parte inferior da janela acima do nível.
Largura	A largura da janela.
Inserção de janela	A inserção da janela na parede
Altura bruta	A altura da abertura bruta da janela. Pode ser tabulada ou exportada.
Largura bruta	A largura da abertura bruta da janela. Pode ser tabulada ou exportada.
Dados da identidade	
Código de montagem	Código de montagem Unifomat selecionado na lista hierárquica.
Nota-chave	Permite adicionar ou editar uma nota sobre a janela
Modelo	O número de modelo da janela.
Fabricante	O fabricante da janela.
Comentários do tipo	Comentários específicos sobre o tipo de janela.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

Anexo F – Propriedades de tipo de janelas (Conclusão).

URL	Um link para a página da web do fabricante.
Descrição	Comentários específicos sobre o tipo de janela.
Descrição da montagem	Descrição da montagem com base em uma seleção do código de montagem.
Marcação de tipo	Um valor específico para designar uma determinada janela. Este valor precisa ser único para cada janela no projeto. O Revit avisa se o número já está sendo usado mas permite continuar a usá-lo.
Custo	Permite que seja definido pelo usuário o custo da janela.
Número OmniClass	O número da Tabela 23 do Sistema de Classificação de Construção OmniClass que melhor categoriza o tipo de família.
Título OmniClass	O nome da Tabela 23 do Sistema de Classificação OmniClass que melhor categoriza o tipo de família.
Parâmetros IFC	
Operação	A operação da janela, como definida pela descrição IFC atual (por exemplo, painel_único ou painel_triplo). Estes valores não diferenciam maiúsculas de minúsculas e sublinhados são opcionais. PAINEL_ÚNICO e PainelÚnico são iguais.
Propriedades analíticas	
Construção analítica	
Coeficiente de transferência de calor (U)	É utilizado para calcular a transferência de calor, normalmente por convecção ou alteração de fase entre um fluido e um sólido.

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2017).

APÊNDICES

Tabela 2 - Características de acabamento de projeto

Descrição	Parede (Fechamento Externo - Fachada)		Parede (Divisórias Internas)			Piso	Forro	Portas	Janelas
	Estrutura	Acabamento	Estrutura	Revestimento	Acabamento				
Módulo 1 - Eixo A - C									
Recepção	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de vidro 250x235 + Porta de abrir 80x210cm	-
Despensa	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 80x210cm	-
Serviço	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 80x210cm	-
Lavabo	-	-	Drywall RU - resistente à umidade	Argamassa colante	Revestimento cerâmico	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 90x210cm	-
Fábrica	Painel de fechamento vertical pré-fabricado	Impermeabilizante	-	Selador	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso com proteção ao desgaste por abrasão	-	Portão metálico 250x350 e Portão metálico 500x500	Janela maxim-ar 180x120
Módulo 2 - Eixo C - E									
Recepção	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de vidro 250x235 + Porta de abrir 80x210cm	-
Despensa	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 80x210cm	-
Serviço	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 80x210cm	-
Lavabo	-	-	Drywall RU - resistente à umidade	Argamassa colante	Revestimento cerâmico	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 90x210cm	-
Fábrica	Painel de fechamento vertical pré-fabricado	Impermeabilizante	-	Selador	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso com proteção ao desgaste por abrasão	-	Portão metálico 250x350 e Portão metálico 500x500	Janela maxim-ar 180x120
Módulo 3 - Eixo E - G									
Recepção	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de vidro 250x235 + Porta de abrir 80x210cm	-
Despensa	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 80x210cm	-
Serviço	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 80x210cm	-
Lavabo	-	-	Drywall RU - resistente à umidade	Argamassa colante	Revestimento cerâmico	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 90x210cm	-
Fábrica	Painel de fechamento vertical pré-fabricado	Impermeabilizante	-	Selador	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso com proteção ao desgaste por abrasão	-	Portão metálico 250x350 e Portão metálico 500x500	Janela maxim-ar 180x120
Módulo 4 - Eixo G - I									
Fábrica	Painel de fechamento vertical pré-fabricado	Impermeabilizante	-	Selador	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso com proteção ao desgaste por abrasão	-	Portão metálico 250x350, Portão metálico 500x500 e Porta de abrir 90x210cm	Janela maxim-ar 180x120
Módulo 5 - Eixo I - K									
Recepção	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de vidro 250x235 + Porta de abrir 80x210cm	-
Despensa	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 80x210cm	-
Serviço	-	-	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 80x210cm	-
Lavabo	-	-	Drywall RU - resistente à umidade	Argamassa colante	Revestimento cerâmico	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 90x210cm	-
Fábrica	Painel de fechamento vertical pré-fabricado	Impermeabilizante	-	Selador	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso com proteção ao desgaste por abrasão	-	Portão metálico 250x350 e Portão metálico 500x500	Janela maxim-ar 180x120
Escada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mezanino	Painel de fechamento vertical pré-fabricado	Impermeabilizante	Drywall	Massa corrida	Tinta látex PVA - branco gelo	Contrapiso + revestimento piso vinílico em placa	Gesso	-	Janela maxim-ar 180x120
Banheiros	-	-	Drywall RU - resistente à umidade	Argamassa colante	Revestimento cerâmico	Contrapiso + revestimento em porcelanato	Gesso	Porta de abrir 80x210cm	-

Fonte: Autora (2017).

Apêndice A – Levantamento de Quantitativo de Fachada

Arquitetônico										
Descrição	Quantidade	Largura (m)	Altura (m)	Espessura (m)	Perímetro (m)	Descontos (m ²)	Área Unitária (m ²)	Área Total (m ²)	Volume Unitário (m ³)	Volume Unitário (m ³)
Painéis de Fechamento						133,80	286,59	5448,71	57,32	1116,50
Fachada Lateral Esquerda	2,00	2,24	13,50	0,20	31,47	-	30,17	60,35	6,03	12,069
	39,00	2,49	13,50	0,20	31,98	-	33,62	1.310,99	6,72	262,197
Fachada Lateral Direita	2,00	2,24	13,50	0,20	31,47	-	30,17	60,35	6,03	12,069
	39,00	2,49	13,50	0,20	31,98	-	33,62	1.310,99	6,72	262,197
Fachada Fundos	1,00	1,70	13,50	0,20	30,39	-	22,88	22,88	4,58	4,5765
	38,00	2,49	13,50	0,20	31,98	69,00	33,62	1.208,37	6,72	255,474
	1,00	1,62	13,50	0,20	30,24	-	21,87	21,87	4,37	4,374
	1,00	0,87	13,50	0,20	28,74	-	11,75	11,75	2,35	2,349
	1,00	1,69	13,50	0,20	30,37	-	22,75	22,75	4,55	4,5495
Fachada Frontal	40,00	2,49	14,70	0,20	34,38	64,80	36,60	1.399,32	7,32	292,824
	2,00	0,65	14,70	0,20	30,70	-	9,56	19,11	1,91	3,822

Fonte: Autora (2017).

Apêndice B - Levantamento de Quantitativo Interno

Arquitetônico																										
Descrição	Comprimento (m)	Largura (m)	Pé - Direito (m)	Pé - Direito - Forro (m)	Perímetro (m)	Área (m²)	Piso				Forro	Revestimento de Forro		Parede Bruta				Revestimento de Parede			Esquadrias					
							Porcelanato (m²)	Cerâmico (m²)	Vinílico (m²)	Concreto 3t/m² (m²)	Gesso (m²)	Massa Corrida + Pintura (m²)	Drywall (m²)	Drywall RU (m²)	Painel (m²)	Vidro Temperado (m²)	Massa Corrida + Pintura (m²)	Selador + Pintura (m²)	Cerâmico (m²)	P1 - Porta 80x210cm (unid)	P2 - Porta 90x210cm (unid)	P4 - Porta de vidro 250x235cm (unid)	P5 - Portão metálico 250x350cm (unid)	P6 - Portão metálico 500x500cm (unid)	J1 - Janela maxim-ar 180x120cm P=115cm (unid)	J1 - Janela maxim-ar 180x120cm P=510cm (unid)
TOTAIS						10.394,44	206,43	43,49	203,40	9944,52	450,09	450,09	385,47	106,88	4161,60	11,73	908,83	13923,24	125,70	8,00	11,00	4,00	6,00	5,00	15,00	40,00
Módulo 1 - Eixo A - C																										
Recepção	Variável	Variável	3,20	3,00	33,70	50,76	51,89	-	-	-	50,76	50,76	41,25	-	-	2,93	61,63	15,06	-	-	1,00	1,00	-	-	-	-
Despensa	2,40	1,30	3,20	3,00	7,40	3,12	-	3,12	-	-	3,12	3,12	19,52	-	-	-	12,60	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Serviço	1,50	2,00	3,20	3,00	7,00	3,00	-	3,00	-	-	3,00	3,00	11,20	-	-	-	21,00	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Lavabo	1,50	1,90	3,20	3,00	6,80	2,85	-	2,85	-	-	2,85	2,85	-	15,68	-	-	-	-	20,40	-	1,00	-	-	-	-	-
Fábrica	Variável	Variável	10,20	12,50	245,62	2.010,80	-	-	-	2.010,80	-	-	-	-	1.040,40	-	55,52	1.040,40	-	-	-	-	1,00	1,00	3,00	8,00
Módulo 2 - Eixo C - E																										
Recepção	Variável	Variável	3,20	3,00	33,70	50,76	51,89	-	-	-	50,76	50,76	41,25	-	-	2,93	61,63	15,06	-	-	1,00	1,00	-	-	-	-
Despensa	2,40	1,30	3,20	3,00	7,40	3,12	-	3,12	-	-	3,12	3,12	19,52	-	-	-	12,60	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Serviço	1,50	2,00	3,20	3,00	7,00	3,00	-	3,00	-	-	3,00	3,00	11,20	-	-	-	21,00	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Lavabo	1,50	1,90	3,20	3,00	6,80	2,85	-	2,85	-	-	2,85	2,85	-	15,68	-	-	-	-	20,40	-	1,00	-	-	-	-	-
Fábrica	Variável	Variável	10,20	12,50	244,53	1.954,92	-	-	-	1.954,92	-	-	-	-	1.040,40	-	55,52	1.040,40	-	-	-	-	1,00	1,00	3,00	8,00
Módulo 3 - Eixo E - G																										
Recepção	Variável	Variável	3,20	3,00	33,70	50,76	51,89	-	-	-	50,76	50,76	41,25	-	-	2,93	59,06	15,06	-	-	1,00	1,00	-	-	-	-
Despensa	2,40	1,30	3,20	3,00	7,40	3,12	-	3,12	-	-	3,12	3,12	19,52	-	-	-	12,60	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Serviço	1,50	2,00	3,20	3,00	7,00	3,00	-	3,00	-	-	3,00	3,00	11,20	-	-	-	21,00	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Lavabo	1,50	1,90	3,20	3,00	6,80	2,85	-	2,85	-	-	2,85	2,85	-	15,68	-	-	-	-	20,40	-	1,00	-	-	-	-	-
Fábrica	Variável	Variável	10,20	12,50	244,53	1.954,58	-	-	-	1.954,58	-	-	-	-	1.040,40	-	55,52	1.040,40	-	-	-	-	1,00	1,00	3,00	8,00
Módulo 4 - Eixo G - I																										
Recepção	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Despensa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Serviço	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lavabo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fábrica	102,00	19,80	10,20	12,50	243,60	2.019,60	-	-	-	2.019,60	-	-	-	-	1.040,40	-	-	1.040,40	-	-	1,00	-	2,00	1,00	3,00	8,00
Módulo 5 - Eixo I - K																										
Recepção	Variável	Variável	3,20	3,00	34,26	50,76	50,76	-	-	-	50,92	50,92	41,25	-	-	2,93	67,05	15,06	-	-	1,00	1,00	-	-	-	-
Despensa	2,40	1,30	3,20	3,00	7,40	3,12	-	3,12	-	-	3,12	3,12	19,52	-	-	-	12,60	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Serviço	2,05	2,00	3,20	3,00	8,10	4,10	-	4,10	-	-	4,10	4,10	19,52	-	-	-	24,30	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Lavabo	2,05	1,90	3,20	3,00	7,90	3,90	-	3,90	-	-	3,90	3,90	-	19,20	-	-	-	-	23,70	-	1,00	-	-	-	-	-
Fábrica	Variável	Variável	10,20	12,50	245,63	2.004,62	-	-	-	2.004,62	-	-	-	-	-	-	55,52	-	-	-	-	-	1,00	1,00	3,00	8,00
Escada																										
Mezanino	Variável	Variável	3,20	3,00	78,19	203,40	-	-	203,40	-	203,40	203,40	89,28	-	-	-	299,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Banheiro Feminino	2,10	1,30	3,20	3,00	6,80	2,73	-	2,73	-	-	2,73	2,73	-	21,76	-	-	-	-	20,40	-	1,00	-	-	-	-	-
Banheiro Masculino	2,10	1,30	3,20	3,00	6,80	2,73	-	2,73	-	-	2,73	2,73	-	18,88	-	-	-	-	20,40	-	1,00	-	-	-	-	-

Fonte: Autora (2017)