

*UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL*

Maurício da Silva Machado

**PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DESENVOLVIDO
EM BIM – UM ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Porto Alegre

Julho 2017

MAURÍCIO DA SILVA MACHADO

**PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DESENVOLVIDO
EM BIM – UM ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientação conjunta: Jean Marie Désir e
Luciani Somensi Lorenzi**

Porto Alegre

Julho 2017

MAURÍCIO DA SILVA MACHADO

**PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DESENVOLVIDO EM BIM
– UM ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelos Professores Orientadores e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2017

Profa. Luciani Somensi Lorenzi
Dra. Pela UFRGS - Orientadora

Prof. Jean Marie Désir
Dr. Pela COPPE/UFRJ - Coorientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Luciani Somensi Lorenzi
Doutora pela Universidade Federal de Rio Grande do Sul

Prof. Jean Marie Désir
Doutor pela COPPE/UFRJ

Prof. Eduardo Luis Isatto
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Dóris Zechmeister Weinmann
Doutora pela Universidade Federal de Rio Grande do Sul

João Soliman Junior
Engenheiro Civil pela UFRGS

Dedico este trabalho aos meus colegas, amigos e familiares que sempre me apoiaram e contribuíram de qualquer forma para essa formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores que compraram a ideia deste trabalho e que me ajudaram com o desenvolvimento do mesmo.

Agradeço a minha família que me apoiou e auxiliou no desenvolvimento deste documento.

Agradeço a Simon Engenharia Ltda. por me dar todo o suporte instrumental para que este trabalho pudesse ser desenvolvido.

É a proporção entre nossas representações e a experiência,
que assegura a racionalidade dos nossos pensamentos.

Olavo de Carvalho

RESUMO

Os avanços tecnológicos têm proporcionado uma nova concepção no que diz respeito a projetos estruturais. Um grande passo veio em termos gráficos, quando substituímos as pranchetas e os esquadros pelos softwares de CAD (*Computer Aided Design*), diminuindo o tempo gasto na concepção dos projetos e na quantidade de pessoas envolvidas nos mesmos, revolucionando um mercado. Nos últimos anos, uma nova forma de projetar vem sendo proposta, o BIM (*Building Information Modeling*): um processo de desenvolvimento de projetos com uma proposta diferente dos softwares CAD. O BIM trabalha com o conceito de modelo, uma maquete digital que tem o potencial de agregar informações, não só gráficas, mas de diversas naturezas. Dentre as vantagens do BIM estão: facilitar compatibilização de projetos (arquitetônico, estrutural, instalações prediais e etc.), melhorar o planejamento e acompanhamento das obras, proporcionando orçamentos mais precisos, dentre outras que também auxiliam a gestão de empreendimentos. Na parte gráfica, as facilidades vêm na modelagem 3D, possibilitando extrair informações de forma automática (como cortes e vistas), na extração de quantitativos organizados de diferentes formas, na identificação de interferências, entre outras. Este trabalho tem por objetivo modelar um projeto de alvenaria estrutural utilizando um software BIM, a fim de obter um método que auxilie o uso deste processo na concepção de projetos em alvenaria estrutural, buscando encontrar os limitantes que o mercado de trabalho impõe para que sejam aproveitadas as maiores facilidades do método. A proposta de modelo apresentada propõe facilitar a compatibilização de projetos com o “*clash detection*”¹ dos softwares BIM, procurando assim, agilizar uma fase que consome muito tempo na concepção dos projetos de alvenaria estrutural.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural; BIM; Projeto Estrutural.

¹ Ferramenta capaz de identificar intersecção de objeto com a finalidade de auxiliar a compatibilização de projetos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparação entre o tempo de projetos 2D e 3D	21
Figura 2 - Exemplificação gráfica dos tipos de LOD propostos pela AIA.....	27
Figura 3 - Diferença entre detalhamentos LOD 300 e LOD 400	30
Figura 4 - Corte lateral adaptado da arquitetura	34
Figura 5 - Vista frontal adaptada da arquitetura	35
Figura 6 - Exemplo de modelo exportado do TQS para o Revit®	38
Figura 7 - Legenda dos blocos necessários para o estudo de caso	40
Figura 8 - Criação da família no Revit®	41
Figura 9 - Categorias e parâmetros de família.....	42
Figura 10 - Bloco padrão criado no editor de famílias	43
Figura 11 - Adição dos parâmetros.....	44
Figura 12 - Exemplo de preenchimento dos campos criados	48
Figura 13 - Selecionando todas as instâncias de um determinado elemento.....	54
Figura 14 - Criação de filtro em cores	56
Figura 15 - Diferenciação por cores entre bloco calha e bloco padrão	56
Figura 16 - Auxílio na conferência de blocos.....	58
Figura 17 - Janelas e portas em LOD 100	59
Figura 18 - Comandos de espelhamento e rotação de projeto.....	62
Figura 19 - Quadro da regulagem da faixa de vista.....	65
Figura 20 - Exemplo de representação de uma planta de modulação da primeira fiada	67
Figura 21 - Representação da planta baixa do estudo de caso.....	68
Figura 22 - Exemplo de planta de elevação de parede	71
Figura 23 - Valor agregado e custo de mudanças e distribuição de compensação atual em serviços de projeto	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aproximação de dados do empreendimento.....	33
Quadro 2 – Exemplo de tabela automática de quantitativos.....	71

LISTA DE SIGLAS

CAD – *Computer Aided Design*

BIM – *Building Information Modeling*

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

LOD – *Level of Development* – Nível de Desenvolvimento

PNE – Portador de necessidades especiais.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO	16
1.2 DELIMITAÇÕES	16
1.3 LIMITAÇÕES.....	17
1.4 DELINEAMENTO	17
2 BIM (Building Information Modeling).....	19
2.1 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO BIM	19
2.1.1 Visualizador 3D em projetos	20
2.1.2 Modelagem 4D	22
2.1.3 Identificação de interferências automaticamente	24
2.1.4 Facilidades do BIM.....	24
2.2 MODELAGEM PARAMÉTRICA	25
2.2.1 Definição dos níveis de desenvolvimento	25
2.2.2 O conceito de famílias de elementos no BIM	31
3 ESTUDO DE CASO: MODELAGEM 3D E EXTRAÇÃO DE PRANCHAS DO PROJETO ESTRUTURAL	32
3.1 INFORMAÇÕES SOBRE A OBRA	32
4 CRIAÇÃO DO MODELO NO REVIT®	36
4.1 DA ARQUITETURA AO MODELO ESTRUTURAL	36
4.2 CRIAÇÃO DA FAMÍLIA DOS BLOCOS	39
4.2.1 Utilidades das propriedades não geométricas.....	48
4.2.1.1 Filtros de visualização	48
4.2.1.2 Análise 4D.....	49
4.2.1.3 Levantamento de quantitativo.....	50
4.2.1.4 Realização de ensaios virtuais em softwares específicos	50
4.2.1.5 Clash detection.....	51
4.2.1.6 Visualização da documentação impressa	51
4.2.1.7 Auxílio ao projetar construções complexas.....	52
4.2.1.8 Auxílio à industrialização na obra	52
4.2.1.9 Complementação de outras tecnologias.....	53
4.3 REFINANDO O MODELO	54
4.4 TRABALHANDO O MODELO.....	60
4.4.1 Comandos do Revit®.....	61

5 TRANSFORMANDO O MODELO EM PROJETO	64
5.1 MODULAÇÃO DE ALVENARIAS DE PRIMEIRA FIADA	64
5.2 PLANTA DE FUNDAÇÕES E PLANTA BAIXA	67
5.3 PLANTA DE ELEVAÇÃO DE ALVENARIAS	69
5.4 CRIAÇÃO DE SELOS, DETALHES CONSTRUTIVOS E TABELAS DE QUANTITATIVOS	71
6 RESULTADOS	74
6.1 ALGUMAS DIFICULDADES AO PROJETAR EM REVIT	74
6.1.1 Falta de mão-de-obra qualificada para usar os programas	74
6.1.2 Limitação de <i>hardware</i>	75
6.1.3 Dificuldade na modelagem em 2D.....	75
6.1.4 Inteligência artificial do Revit	76
6.1.5 Flexibilidade das regras das categorias	76
6.1.6 Emissão de pranchas	77
6.1.7 Criação de pranchas de elevação	77
6.1.8 Visualização por parte dos clientes	77
6.2 ALGUMAS FACILIDADES AO PROJETAR EM REVIT	78
6.2.1 Facilidade de compatibilização entre elementos do projeto:.....	78
6.2.2 Alterações de pé direito feitas facilmente	78
6.2.3 Facilidade no levantamento quantitativos.....	78
6.2.4 Recuo da curva valor agregado e custo de mudanças.....	79
6.3 CUSTOS DO PROJETO.....	80
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
8 APÊNDICES.....	
APÊNDICE A.....	
APÊNDICE B.....	
APÊNDICE C.....	
APÊNDICE D.....	
APÊNDICE E.....	
APÊNDICE F.....	

1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil no Brasil vive grande inconstância devido à flutuação da economia do país. Nas últimas décadas, a grande demanda na área resultou em muitas empresas disputando o seu lugar no mercado. Visando aproveitar a boa fase, estas procuraram aumentar a velocidade de execução de seus empreendimentos procurando produzir mais, deixando de lado, muitas vezes, melhorias em termo de planejamento e desenvolvimento de tecnologias novas que poderiam minimizar os custos dos empreendimentos.

Segundo dados da CBIC (*Câmara Brasileira da Indústria da Construção*), nos últimos 3 anos, a quantidade de empreendimentos lançados tem diminuído devido à crise econômica. Por causa disso, há no mercado uma necessidade otimizar serviços, reduzir retrabalhos, perdas e custos. Um dos caminhos tem sido a procura por inovações tecnológicas que agilizem processos e diminuam as margens de erro, já que para manter uma concorrência em período de baixa demanda é preciso diminuir os preços praticados.

Para, Eastman et al. (2011, p.152)

O projeto é a atividade em que a maior parte da informação sobre um empreendimento é inicialmente definida e em que a estrutura documental é organizada para a adição das informações em fases posteriores. [...] Devido à sua habilidade de automatizar formas padronizadas de detalhamento, o BIM reduz significativamente a quantidade de tempo requerido para a produção de documentos para a construção.

Visando reduzir retrabalhos, é importante atentar para a qualidade dos projetos. Atualmente, a condução dos projetos para a construção civil não tem a qualidade necessária para evitar retrabalhos nos canteiros de obras. Este problema é resultado de um mercado que culturalmente não valoriza os projetos e o planejamento das obras. Geralmente é investido pouco tempo na fase de anteprojeto (projeto básico), o que se reflete em um projeto executivo cheio de indefinições levando à irracionalidade na execução de obras, desperdícios excessivos e aumento de custos.

Para Bottega (2012, p.18)

O projeto repercute na qualidade das edificações, percepção dos clientes e interfere diretamente no custo dos empreendimentos. Para ter-se um bom produto final, com acréscimo de competitividade à empresa construtora, aliada ao bom desenvolvimento dos projetos, o processo deve ser desenvolvido ordenadamente, em uma sequência de fases até a sua conclusão, com ferramentas e coordenação adequadas.

Callegari (2007) menciona em seu trabalho a ocasional baixa valorização da atividade, que resultaria em projetos com falhas e lacunas sendo entregues à obra, levando a perda na eficiência da execução, assim como ao prejuízo de determinadas características do produto, idealizada anteriormente à execução.

“O desenvolvimento dos diversos projetos necessários para a construção do edifício deve ser visto como um investimento e não como custo extra, visto que é nesta fase onde se pode antever dificuldades de execução eliminando retrabalhos posteriores” (ÁVILA, 2011).

Neste trabalho, será descrito como projetistas estruturais podem facilitar a verificação de incompatibilidades entre projetos multidisciplinares ao trabalharem com BIM (*Building Information Modeling*). Para tal, serão comparados dois métodos de projeto para um edifício de alvenaria estrutural, um feito em CAD em 2D (modelo dominante no mercado de trabalho), e outro realizado em BIM para que sejam levantadas as dificuldades e facilidades dos métodos no que se trata da realização do projeto, analisando os custos para os projetistas e os benefícios para o cliente que recebe estes projetos.

Apesar de o mercado gaúcho já trabalhar com projetos arquitetônicos e estruturais em BIM, ainda há controvérsias quanto as diferenças entre este modelo e as plataformas CAD. Observa-se projetos em BIM sendo usados apenas como projetos tridimensionais, sendo desprezadas muitas das outras facilidades o sistema pode proporcionar.

Diante do exposto, faz-se a seguinte questão: como a utilização de BIM pode otimizar um projeto, sendo um facilitador para o projetista estrutural e auxiliando na compatibilização entre projetos multidisciplinares?

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a apresentação de um método de realização de um projeto de alvenaria estrutural em BIM, visando explorar da melhor forma as facilidades que oferece a tecnologia BIM.

Objetivo secundário

O objetivo secundário deste trabalho é identificar as dificuldades e facilidades durante o desenvolvimento do trabalho mostrando os potenciais ganhos e perdas da utilização do BIM na elaboração de projetos em alvenaria estrutural.

1.2 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao projeto estrutural de prédios de alvenaria estrutural, não contemplando a avaliação dos cálculos estruturais dessa edificação, mas apenas a concepção gráfica do modelo. Será abordado o projeto de um prédio de alvenaria em um software BIM específico, o Revit® da Autodesk. Neste estudo será gerado o modelo de 3D do Revit® contendo informações gráficas e não gráficas, bem como a documentação final a ser utilizada em obra. Além disso, ainda será apresentado o mesmo projeto feito em duas dimensões por meio de sistemas CAD, para fins comparativos.

1.3 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) Não são parte do escopo o detalhamento de armadura de vigas e lajes da estrutura;
- b) não será avaliado o estudo da compatibilização multidisciplinar no BIM, mas apenas uma preparação para tal fim;
- c) como o projeto é de apenas um edifício, o estudo de caso e o método de detalhamento serão feitos sobre as necessidades do mesmo;
- d) o projeto, bem como as suas facilidades de concepção, serão feitos no programa Revit® da Autodesk;
- e) método abordado necessita de uma exportação prévia do modelo estrutural extraído pelo software de cálculo estrutural TQS.

1.4 DELINEAMENTO

Para atingir os objetivos propostos, será criado um modelo BIM de um edifício de alvenaria estrutural utilizado o software Revit® 2016 da Autodesk visando atender às recomendações das bibliografias estudadas visando atender a melhor utilização das funcionalidades do programa e o padrão de qualidade similar a um projeto feito em software CAD 2D. Serão comparados os dois modelos de projeto quanto à tempo de execução, grau de detalhamento e benefícios aos clientes finais do projeto.

O trabalho será realizado seguindo a ordem das etapas a seguir:

- a) Pesquisa bibliográfica – revisão de bibliografia sobre a concepção de projetos em BIM, compatibilização de projetos e projetos de alvenaria estrutural;
- b) apresentação de funcionalidades do BIM pertinentes ao estudo de caso;
- c) modelagem do problema em BIM;
- d) comparações entre os métodos de CAD 2D e BIM;

e) considerações finais.

Para embasar o trabalho, foi inicialmente feita uma revisão bibliográfica. Posteriormente, foi feita uma introdução ao BIM bem como uma contextualização do uso dessa técnica de projeto. Feito isto, buscou-se explicar como um projetista estrutural pode começar um projeto e criar seu *template*² e famílias personalizadas para a criação de um modelo em Revit®. Posteriormente, foi explicado o fluxo de trabalho, salientando todas as dificuldades e pontos interessantes com os quais os projetistas irão se deparar ao criar um modelo BIM de alvenaria estrutural em tal *software*. Por fim, foram analisadas as prováveis perdas e ganhos do sistema para os projetistas e construtores ao migrarem do modelo de trabalho em CAD para um modelo de trabalho em BIM.

² Modelo (*set up*) de trabalho configurado com o intuito de facilitar, agilizar e padronizar as suas preferências.

2 BIM (Building Information Modeling)

Eastman et al. (2011) define BIM como uma “tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”, tendo como objetivo a integração de projetos para a construção de um modelo virtual único do edifício. Para Ferreira (2007), BIM é um modelo de informação do edifício, onde o conceito é tratar a informação da construção desde a sua concepção até a utilização, manutenção e demolição.

Desde que o termo *Building Information Modeling* (BIM) foi introduzido no cenário construtivo brasileiro, ele tem sido tratado como uma nova abordagem de projeto e gestão de informação. Entretanto, na prática, ainda há muita confusão quanto a como aproveitar os recursos que esta tecnologia propicia.

Para os projetistas essa nova concepção pode ser utilizada para melhorar o padrão de seus projetos, evitando erros com a utilização da modelagem em três dimensões e diminuindo retrabalhos mediante alterações nas decisões que governam as estruturas com o uso dos objetos parametrizados, que uma vez alterados, refletem sua alteração para todas as vistas e plantas do projeto em questão. Segundo a Coletânea de implementação de BIM criada pela CBIC e o SENAI (SENAI, 2015), o desafio para a adoção dessa plataforma tecnológica é promover condições de viabilidade para reunir um conjunto de informações multidisciplinares sobre o empreendimento, desde a concepção até as fases de uso e manutenção.

2.1 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO BIM

Os projetos em BIM estão aos poucos dominando a forma de projetar estruturas pelo mundo todo, mas ainda há muito o que ser avançar nesta questão principalmente no Brasil. O *Building Information Modeling* tem muitas peculiaridades que o tornam um modelo eficiente e fácil de trabalhar. Contudo, apesar do seu grande potencial, o seu principal entrave é o aproveitamento completo do que este processo tem a oferecer, já que há uma grande quantidade de utilidades disponíveis para a tecnologia.

Para Santos Silva (2013, p.1)

O BIM está numa fase de implementação alargada. Os âmbitos e as possibilidades oferecidas por esta tecnologia aumentam todos os dias, tornando-se assim imperativo identificar possibilidades e criar as condições necessárias para as tornar uma realidade.

Nos próximos itens serão levantadas algumas possíveis facilidades e vantagens que chegam junto com a escolha de projetar em BIM.

2.1.1 Visualizador 3D em projetos

Poder visualizar os projetos como um todo em um modelo tridimensional muda a perspectiva dos projetistas, criando um ambiente de trabalho mais dinâmico e com menor geração de erros. Os *softwares* BIM tendem a ter uma estrutura de trabalho em três dimensões bem intuitivas, onde é possível trabalhar com planos fixos, o que dá a certeza de que as coordenadas do objeto em questão realmente estão como deveriam.

Além da vantagem básica da terceira dimensão, no BIM é possível unir temporariamente projetos de várias disciplinas, criando um link, o que oferece a possibilidade de uma visualização em três dimensões de toda a estrutura, evitando erros de compatibilização de projetos.

A compatibilização nos dias atuais pode ser realizada através de softwares, como CAD e a tecnologia BIM, baseados respectivamente na sobreposição de projetos de diferentes *layers* e no conceito de projeto integrado. O BIM aumenta a visibilidade dos resultados através do estabelecimento da comunicação entre partes envolvidas. (SOUTO FILHO et al., 2015).

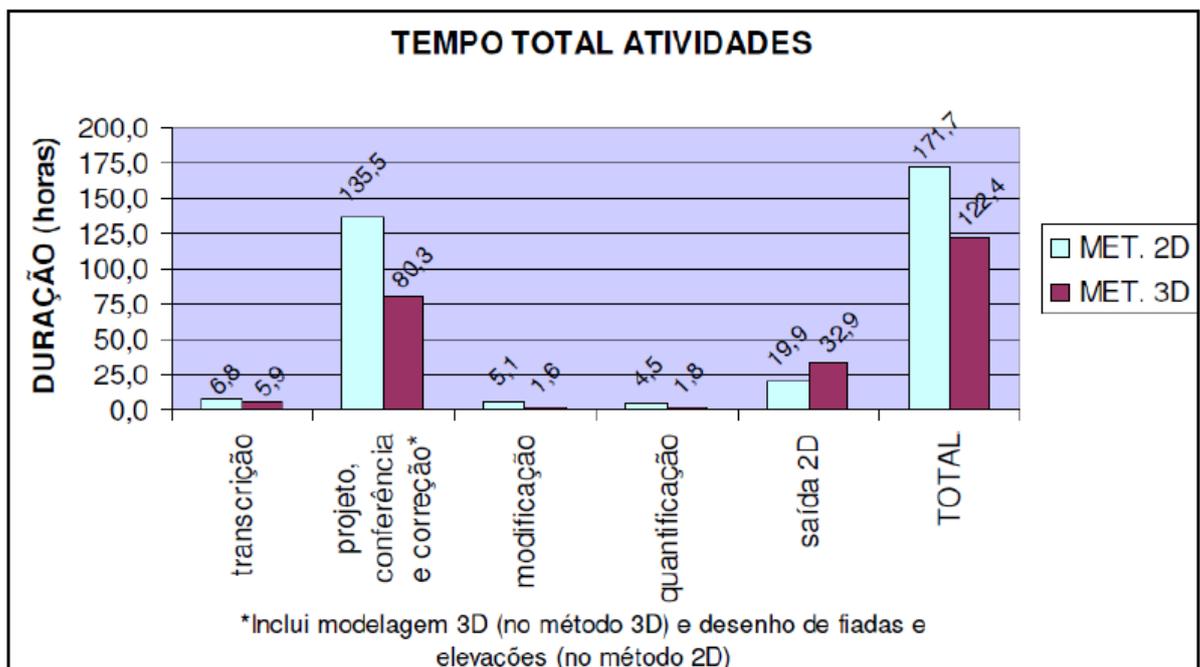
Somente a correta e inequívoca visualização do que está sendo projetado garante o entendimento e a eficácia no processo de comunicação e alinhamento entre todos os envolvidos na construção de um empreendimento. (CBIC/SENAI, 2016)

A modelagem em três dimensões permite a visualização completa do que está sendo projetado em BIM. Geralmente é possível ligar e desligar elementos, fazer janelas de visualização

abrangendo pontos críticos, que se queira visualizar com maior detalhe, e até isolar completamente uma peça, para que a mesma possa ser modificada com maior agilidade ou visualizada em plenitude. Além disso, dentre os ganhos do trabalho em três dimensões do BIM tem-se a alteração dos elementos no modelo 3D associados a todas as plantas do projeto, de modo que uma alteração na maquete é automaticamente levada para todas as vistas de desenho do projeto.

Ferreira e Santos (2007) trabalharam em uma pesquisa onde compararam as vantagens do uso do CAD 3D em ganho de tempo, em um projeto em relação ao modelo 2D. Para este estudo, os autores utilizaram um projeto-piloto feito em 2D e o passaram para 3D. Os seus resultados podem ser vistos na Figura 1.

Figura 1 - Comparação entre o tempo de projetos 2D e 3D



(Fonte: Ferreira e Santos 2007)

Como mostra a comparação de Ferreira e Santos (2007), o método 3D apresenta uma vantagem sobre o 2D, mesmo que para esta análise os autores tenham utilizado o software Autocad® da Autodesk, que não possui muitas das ferramentas dos sistemas BIM que agilizam ainda mais o trabalho.

Softwares como o Revit®, possibilitam que o usuário faça cortes e vistas de forma automática e sem modificar o seu modelo. Estes cortes e vistas podem ser utilizados na documentação final (que vai para o canteiro de obras), ou apenas para conferências do projetista. Estas ferramentas geram grande ganho em termos de tempo de projeto e redução de erros.

Em muitos casos, os projetistas de CAD precisam desenhar várias vistas do mesmo objeto a fim de completar o entendimento do leitor, o que toma tempo e pode ocasionar incoerências entre uma vista e outra, resultando em erro. Resumidamente, a modelagem em três dimensões proposta pelo BIM pode diminuir falhas na compatibilização de projetos, agilizar o trabalho e tornar os projetos multidisciplinares mais fáceis de entender por todos os participantes do processo construtivo.

2.1.2 Modelagem 4D

A plataforma BIM também conta com a variável tempo, e com ela se abre um novo campo de trabalho a ser explorado pelos projetistas. Com este artifício, pode-se estabelecer uma linha do tempo onde se define em que momento do processo construtivo serão executadas as partes da obra, assim o projeto se comunica com o planejamento da obra.

Segundo Biotto, Formoso e Isatto (2013, p.882) “os modelos 4D são modelos tridimensionais enriquecidos com informações não geométricas e ligados ao tempo, e permitem ao modelar visualizar o planejamento da construção.”.

De acordo com Eastman, *et al* (2011)

“Ferramentas de CAD 4D permitem ao construtor simular e avaliar a sequência planejada para a construção e compartilhar tais informações com outros membros da equipe. Os objetos existentes devem ser agrupados de acordo com as fases da construção e conectados às atividades apropriadas no cronograma do empreendimento.”

O modelo em 4D pode ser uma ótima ferramenta para gerenciamento das fases construtivas, de produção, operações e fluxo de gastos da obra. Ademais, podem ser usados para o planejamento das compras dos insumos da obra.

Para Conte (2014, p.85)

“No caso de se fazer a modelagem de um novo empreendimento, seja ele qual for, se for colocado como meta a utilização do controle de execução através de modelagem 4D, deve-se fazer um levantamento dos procedimentos de execução das atividades o mais precisamente possível.”

Em muitos casos será necessário desenvolver diversas versões de um mesmo modelo, para atender a diferentes usos. (...) Não é viável pensar em uma única versão de um objeto BIM, na qual ‘todas’ as informações estejam integradas e incorporadas. Isso conduziria a arquivos muito grandes e a modelos muito pesados. (CBIC/SENAI, 2016, vol.1, p.71)

2.1.3 Identificação de interferências automaticamente

Para Callegari (2007), a compatibilização compõe-se em uma atividade de gerenciar e integrar projetos e afins, visando o perfeito ajuste entre os mesmos, conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade de determinada obra. Segundo SEBRAE (1995), compatibilização define-se como uma atividade de gerenciar e integrar projetos correlatados, visando ao perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinada obra.

A compatibilização de projetos é uma parte onerosa da concepção de projetos tanto para os projetistas, quanto para os construtores. Grandes empresas hoje contam com setores próprios com a função de verificar incompatibilidades entre projetos, muitas vezes por meio de sobreposição de plantas. Este método é ineficiente e muitas vezes são encontrados falsos “erros”, por falta de conhecimento técnico de quem compatibiliza, ou passam erros que seriam facilmente detectados em um projeto em três dimensões. Ferreira e Santos (2007) há muito já chamavam a atenção para as limitações da representação 2D na compatibilização de projetos de edifícios.

Além de contar com as compatibilizações facilitadas dos modelos 3D, alguns softwares BIM localizam automaticamente as interferências entre os objetos que compõem o modelo por

meio do ‘*clash detection*’. Apesar de nem todos os softwares BIM serem realmente aptos a fazer este tipo de conferência automática de forma eficiente, é importante que cada um dos projetistas consiga montar o seu modelo visando que o mesmo passe por uma verificação automática de colisões.

Segundo Eastman et al. (2011), as ferramentas de detecção de interferências baseadas em BIM permitem que a detecção automática de interferências geométricas seja combinada com regras para identificar e qualificar conflitos. As ferramentas de detecção de conflitos BIM permitem que os construtores verifiquem conflitos de maneira seletiva.

Os *softwares* mais avançados nesta área classificam interferências como leves, moderadas e críticas. Ainda é possível criar regras de verificações para estes programas, de modo que seja possível identificar coisas mais sutis como largura de corredores, inclinações de rampas, uso conjunto de materiais que não podem trabalhar associados, dentre muitas possibilidades.

Os relatórios das interferências localizadas em um modelo BIM em desenvolvimento podem ser extraídos automaticamente e compartilhados com as equipes responsáveis por cada uma das diferentes disciplinas. Alguns *softwares* oferecem formatos padronizados de listas de interferências que já incluem a imagem do problema e referências da sua localização no modelo (CBIC/SEBRAE, 2016). Entretanto, é importante salientar que o “*clash detection*” não exclui a necessidade da verificação humana e que o modelo em BIM deverá ter o nível de detalhes apropriado para tal uso.

2.1.4 Facilidades do BIM

Algumas das facilidades que o BIM oferece são:

- a) Correta compreensão de estruturas complexas e com muitas instalações;
- b) ensaio da obra para identificar problemas de acesso;
- c) extração automática de quantitativos e até de serviços para montar o orçamento;
- d) maquete digital ideal para fazer análises estruturais, energéticas, térmicas, luminotécnicas, dentre outras;

e) o BIM também poderá servir para se comunicar com estações totais, facilitando a locação dos pontos da obra, dentre outras funcionalidades tecnológicas que estão surgindo a partir dos softwares deste novo modelo.

2.2 MODELAGEM PARAMÉTRICA

O *Building Information Modeling* consiste em um modelo em três dimensões que agrega informações de diversas ordens ao mesmo, mas para isto é preciso que se saibam quais informações são pertinentes ao projeto em questão. As funções nas quais um modelo irá atuar determinam o nível de detalhes da informação. Por exemplo, para uma estimativa mais precisa de custos, o modelo deve ser suficientemente detalhado para fornecer as quantidades de materiais necessárias para a avaliação de custos. (Eastman et al., 2011)

Para os projetistas, há a partir de então novas possibilidades contratuais; não será mais vendido apenas um projeto geométrico, mas sim um modelo focado em algo diferente. O valor agregado a um projeto deverá ser diferenciado em relação ao que é pedido pelo cliente. Se o cliente quiser ensaiar a construção do prédio, será preciso que os elementos do projeto tenham essa finalidade, o mesmo serve para levantamento de custos, e para muitas outras análises.

2.2.1 Definição dos níveis de desenvolvimento

O fluxo de projeto mais comum atualmente conta com um sistema cooperativo onde cada projetista emite uma revisão datada de seu projeto, com esse tipo de documentação é possível saber em que fase está cada um dos projetos (de diferentes disciplinas) que envolvem uma estrutura. Por outro lado, a tecnologia BIM propõe que o trabalho seja feito em rede, com um único modelo onde todos os projetos são unidos temporariamente, assim, chega-se a fase avançadas de projeto sem a emissão de plantas.

Para evitar problemas de organização ao usar o fluxo de trabalho proposto pelo BIM, é preciso que sejam tomadas medidas em relação a clareza de responsabilidades dentro do modelo (a quem pertencem as entidades) e quão desenvolvido um projeto está. Por isso, estão

sendo desenvolvidos ao redor do mundo que visam padronizar boas práticas de modelagem nesta tecnologia.

Como define Silva, (2013, p.36)

Level of Development (LOD), ou em português nível de desenvolvimento, é um critério para definir a maturidade e usabilidade de BIM em diferentes fases de um projeto. É geralmente expresso como uma série progressiva de números que correspondem a níveis de pormenorização distintos e gradualmente crescentes, relacionado com diferentes etapas da concepção e utilização de um edifício.

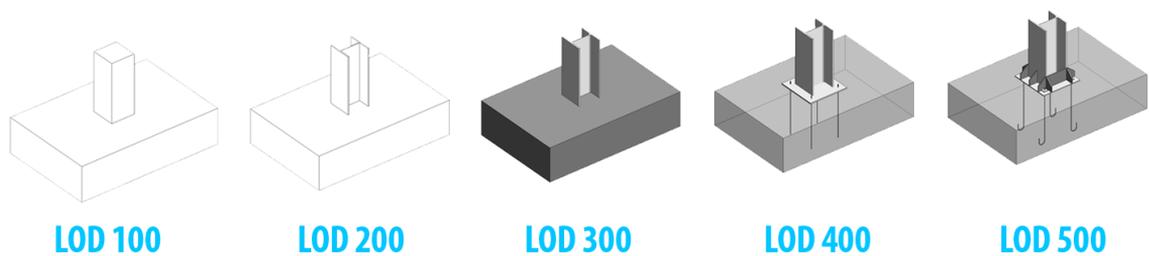
O nível de desenvolvimento é pertinente à fase em que o projeto se encontra – projeto básico, estudo de projeto, projeto executivo, etc. Essa definição está atrelada à finalidade a qual o projeto servirá. Um anteprojeto, ou projeto básico, pode ter um nível de detalhamento baixo, enquanto um projeto de onde serão extraídos quantitativos, necessariamente deverá conter um grande número de informações.

Ao longo da prática de projetar, ideias vagas e conceituais vão se tornando descrições completas e específicas. Por isto, é importante que o projetista saiba em qual LOD está trabalhando, mesmo que essa informação não seja compartilhada com outras pessoas. Como são usadas diferentes espessuras de linhas para classificar a importância de elementos em projetos bidimensionais, não é conveniente que se use um grau de detalhamento alto para a representação de coisas que são irrelevantes ao modelo em questão, ou que ainda aguardam definições.

Como exemplo, ao trabalhar em um modelo estrutural não é aconselhável a criação de elementos de acabamento (como revestimentos, esquadrias, instalações) de forma detalhada. Por mais que seja necessário por vezes o lançamento destes elementos para uma melhor contextualização do projeto, o uso de peças que não são de responsabilidade do projetista em questão pode criar confusão e até grandes dificuldades compatibilização.

Em resumo, num ambiente de trabalho colaborativo é preciso ficar visualmente claro para todos os projetistas quais elementos já estão definidos, quais estão em processo de desenvolvimento e quais estão presentes apenas para um entendimento do todo. Visando a diminuição destes tipos de problemas, o *American Institute of Architects* – AIA, uma das principais entidades representativas dos arquitetos nos Estados Unidos, publicou o *Level of Development Specifications* (AIA, 2013) (figura 2), um documento que organiza e descreve cinco níveis de LODs. Apesar deste ser apenas um dos muitos tipos de classificação já propostos, é o que será utilizado durante o estudo de caso.

Figura 2 - Exemplificação gráfica dos tipos de LOD propostos pela AIA



(Fonte: Stúdiolab, 2013)

A seguir, segue um esboço sobre os diferentes níveis de LODs propostos para o estudo de caso deste trabalho:

LOD 100:

- Definição gráfica: os elementos são representados como formas geométricas simples e sua finalidade é conceitual;
- nível de projeto: estudo de projeto, ou projeto básico;
- funcionalidade: pode servir para um levantamento inicial de quantitativos, para que se tenha ideia de questões arquitetônicas como, por exemplo, o tamanho do empreendimento, o tempo que o empreendimento deverá durar, possíveis dificuldades para implantação do mesmo. Geralmente é mais utilizado por arquitetos durante a

concepção do projeto. Ademais, elementos pertinentes a outras disciplinas podem ser representados em projetos distintos neste nível de detalhamento;

LOD 200:

- Definição gráfica: o LOD 200 já é um modelo onde existem algumas definições prontas quanto à real geometria de algumas peças;
- nível de projeto: para projetistas estruturais, o LOD 200 compõe a fase de anteprojeto e geralmente é a maquete gerada automaticamente pelos softwares de cálculo estrutural;
- funcionalidade: neste nível, informações não gráficas já podem ser anexadas aos elementos, é possível utilizar escala de tempo (4D) neste grau.

LOD 300:

- Definição gráfica: no LOD 300 os objetos já devem estar com a sua geometria definida;
- nível de projeto: projeto a nível executivo, sem detalhamentos mais aprofundados;
- funcionalidade: o nível de desenvolvimento do LOD 300 exige que já existam informações suficientes para a geração de documentação de obra, assim sendo, as informações comuns pertinentes a uma planta baixa, como dimensões de elementos, cotas e indicações devem estar presentes.

De modo geral, o LOD 300 deve conter praticamente todas as informações que são passadas nos detalhamentos nas plataformas de CAD. Isto inclui quantidade, orientação, informações importantes como resistências de materiais e até mesmo de montagem de elementos. Estes modelos podem conter informação temporal, mapas de trabalho, além de permitirem a extração dos quantitativos e estimativas de custo a um nível aceitável.

No estudo de caso deste trabalho, foi escolhido este nível de desenvolvimento, devido ao fato de que o mesmo já contém todas as informações necessárias para a execução

de um prédio de alvenaria estrutural, exceto detalhamento de argamassa, armaduras, vigas, lajes e escadas.

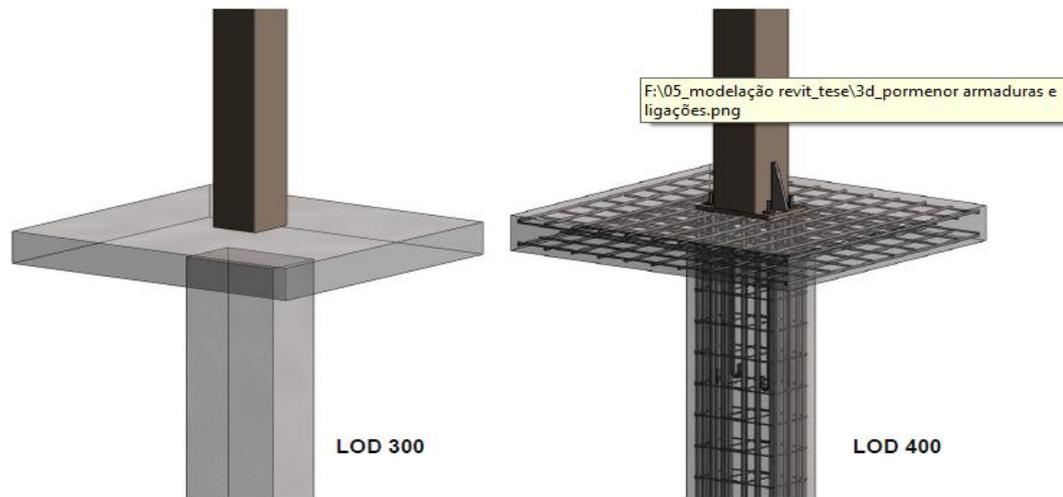
LOD 400:

- Definição gráfica: a definição gráfica do LOD 400 é mais refinada do que o LOD 300. Nela já existem elementos de ligação, elementos como armaduras, tubulações e etc.
- nível de projeto: o nível de projeto do LOD 400 pode ser considerado um projeto executivo e até mesmo uma ferramenta de acompanhamento de obra;
- finalidade: o LOD 400 tem a finalidade de dar informações completas sobre fabricação, montagem e construção dos elementos. Nele estão contidas informações pontuais como forma, desforma, detalhamentos de içamento, etc. A finalidade deste modelo é mais ampla, pois ele pode servir para fins como estimativa de custo, ensaio de obra, compatibilização entre projetos, ensaios energéticos, entre outros.

Então, segundo o (AIA, 2013), o LOD 400 deve incluir um alto grau de detalhamento, representação temporal e outras definições que são tomadas apenas em pontos mais avançados do processo construtivo. Este tipo de detalhamento ainda enfrenta dificuldades de utilização em projetos no Brasil. Isto acontece porque os projetistas são contratados para criar um modelo idealístico, que não contemplam um auxílio pós entrega do projeto.

Tem-se no Brasil a cultura de resolver os processos construtivos no canteiro de obras. Basicamente, o projeto é criado pelo projetista, enviado para o construtor e este só se comunica novamente com o projetista caso haja uma significativa mudança na concepção da edificação. Sendo assim, muitas decisões são tomadas pelas construtoras e pelo engenheiro da obra, sem a consulta ou o consentimento dos projetistas. Por isto, não é possível ficar a cargo dos projetistas o acompanhamento da obra e a retroalimentação do projeto.

Figura 3 - Diferença entre detalhamentos LOD 300 e LOD 400



(Fonte: Silva, 2013)

LOD 500:

- Definição gráfica: o LOD 500 pretende representar de forma mais parecida com a realidade construída os elementos de uma edificação;
- fase de projeto: pós-construção (*as built*);
- finalidade: o LOD 500 é feito pensando no cliente final da edificação, de modo que o mesmo tenha um mapa completo do que foi executado no empreendimento, sendo assim possível fazer reformas ou modificações na estrutura sabendo exatamente o que a compõe.

Um fator importante ao se definir o nível de detalhamento é que se considere que quanto maior a complexidade, maior será o peso do arquivo em que se trabalha, conseqüentemente maior deverá ser a capacidade de processamento e de placa de vídeo do computador para que o desenvolvimento do projeto seja viável. Este pode ser um limitante da utilização de grandes níveis de desenvolvimento no mercado atual.

2.2.2 O conceito de famílias de elementos no BIM

Para Eastman et al. (2011), BIM envolve a definição de um edifício como um conjunto composto de objetos onde é possível se obter bibliotecas pré-definidas de objetos com geometria fixa e paramétrica. Sendo assim, a grande diferença deste sistema de famílias para os sistemas em CAD 3D é a possibilidade de estabelecer regras para os elementos, evitando que os mesmos sejam modificados erroneamente.

Segundo o sistema de ajuda do Revit, (Revit,2016)

Uma família é um grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades chamado de parâmetros e uma representação gráfica relacionada. Os diferentes elementos pertencentes a uma família podem ter diferentes valores para alguns ou todos os parâmetros, mas o conjunto de parâmetros (seus nomes e significados) é o mesmo. Essas variações dentro da família são denominadas de *tipos de família* ou *tipos*.

A confecção de projetos em BIM gira em torno das famílias. Por exemplo, nas regras adotadas pelas famílias do software Revit® da Autodesk, lajes devem estar atreladas a um nível e pavimento. As vigas devem ser atreladas a um nível e já ter pré-definidas sua seção. Estes tipos de definições facilitam muito a criação e as alterações de projeto, já que ao mudar uma altura de pé direito, por exemplo, a cota de topo de uma laje, os pilares e vigas vão junto, já que os elementos tendem a se ajustar quando um deles é alterado.

Também é permitida a criação de novas famílias e a alteração nas regras existentes. O Revit® versão 2016, permite que o usuário crie, por exemplo, uma família de blocos estruturais, com limitações, informações, versatilidades. Este conceito será explorado mais a fundo durante o estudo de caso.

3 ESTUDO DE CASO: MODELAGEM 3D E EXTRAÇÃO DE PRANCHAS DO PROJETO ESTRUTURAL

O estudo de caso teve como objetivo descrever o desenvolvimento de um projeto de alvenaria estrutural em BIM. Para isto foi utilizada uma metodologia de trabalho visando simular um projeto no software Revit® 2016 da Autodesk, mostrando o que um projeto deste tipo deve ter para que sejam aproveitadas as principais vantagens do BIM.

O edifício escolhido para essa análise tem todo o seu conjunto de projetos específicos, de diferentes disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações) em plataforma CAD 2D. Por isto, na compatibilização dos projetos arquitetônico e de instalações hidros-sanitárias do estudo de caso foram verificados pontos de colisão da forma clássica (conferência com o 2D) e somente o projeto elétrico foi modelado no Revit® para título de uma conferência e compatibilização experimental.

O intuito desta pesquisa é apresentar as dificuldades e diferenças no trabalho de um projetista ao desenvolver um modelo BIM, mostrando assim, como deve ser visto um projeto deste tipo. Para isto, será descrito o passo a passo de como o projeto é feito, desde a sua primeira concepção em um programa cálculo estrutural, até a planta impressa emitida do software BIM.

Nos próximos itens serão apresentados o prédio de alvenaria estrutural a ser projetado e as dificuldades encontradas na criação de um modelo Revit deste empreendimento especificamente.

3.1 INFORMAÇÕES SOBRE A OBRA

O empreendimento escolhido para o estudo está atualmente em construção na cidade de Gramado – RS e é ilustrado nas figuras 4 e 5. Neste trabalho ele será referenciado como o empreendimento X. Ele conta com cinco blocos (A, B, C, D, e E) com 6 pavimentos cada, sendo dois destes pavimentos subsolos projetados em concreto armado, e quatro pavimentos em alvenaria estrutural. Para este trabalho, foi desenvolvido apenas o modelo de apenas um dos cinco blocos, o bloco E.

Segundo o projeto arquitetônico, o empreendimento X contará com mais de 300 apartamentos e com uma infraestrutura de ponta e complexo de piscinas internas e externas. É classificado como um resort de alto padrão.

Apesar de serem prédios de baixa altura, o empreendimento conta com uma grande área a ser construída e uma linha de execução para 5 blocos e mais anexos. Quatro dos blocos são similares, apesar de terem algumas singularidades principalmente quanto a diferenças no sistema de fundação e a inclusão ou não dos apartamentos PNE³. Apesar da similaridade de alguns dos prédios, cada um precisa ser estudado quanto a posição para que se defina se o prédio deverá ser projetado “espelhado” ou não, já que isto pode ser um problema para as visadas das elevações dos elementos.

O espelhamento de prédio de alvenaria estrutural é algo muito importante, pois a maioria dos empreendimentos deste sistema construtivo contém uma grande quantidade de prédios similares, mas dispostos de forma diferente. Estas diferenças de disposição podem afetar a visualização das paredes, acarretando em dificuldade de execução quando mediante a necessidade de olhar um desenho e executá-lo invertido. Por isso, é aconselhável o detalhamento de todas as paredes.

Essa questão é reforçada no texto da norma ABNT NBR 15812-2 (2010, p.8)

O projeto deve apresentar desenhos técnicos contendo as plantas das fiadas diferenciadas, exceto na altura das aberturas, e as elevações de todas as paredes. Em casos especiais de elementos longos repetitivos (como muros, por exemplo), plantas e elevações podem ser representadas parcialmente. Devem ser apresentados, sempre que presentes: detalhes de amarração das paredes, localização dos pontos grauteados e armaduras, e posicionamento das juntas de controle e de dilatação.

As obras deste empreendimento foram iniciadas em meados de 2016, não devendo estar concluídas até a publicação deste trabalho. No quadro 1, podemos ver um levantamento informal sobre as áreas construídas desta edificação, as informações para a criação do mesmo foram extraídas do projeto arquitetônico.

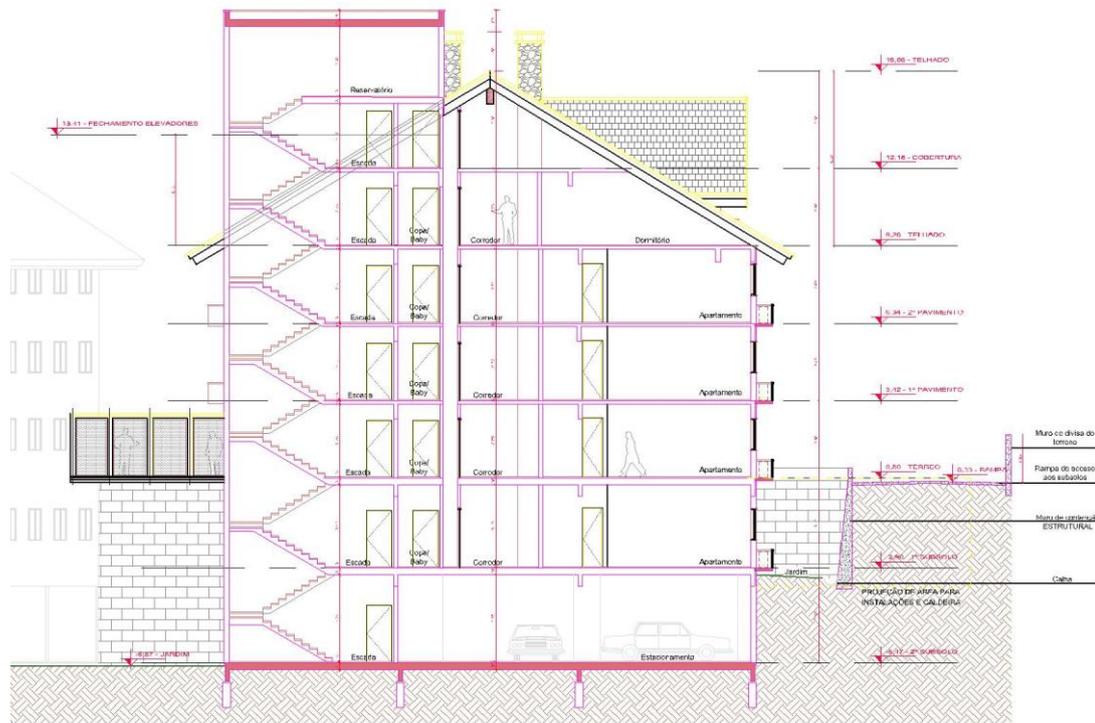
³ Portador de necessidades especiais

Quadro 1 – Aproximação de dados do empreendimento

DADOS DO EMPREENDIMENTO	APARTAMENTOS	311
	ESTACIONAMENTO (VAGAS)	464
	ÁREA NÃO COMPUTÁVEL (m ²)	4643
	ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA m ²)	30593
	ÁREA COMPUTÁVEL (m ²)	29712

(Fonte: Autor)

Figura 4 - Corte lateral adaptado da arquitetura



(Fonte: Adaptado do projeto arquitetônico do empreendimento X)

Figura 5 - Vista frontal adaptada da arquitetura



(Fonte: Adaptado do projeto arquitetônico do empreendimento X)

A definição de sistemas construtivos se deu pela decisão da utilização de fundações com estacas com blocos de coroamento, além de sapatas em certos pontos onde há solo resistente na superfície. Para os subsolos foi adotada estrutura de concreto armado e cortinas de concreto para a contenção do solo. A bandeja, onde nasce a estrutura de alvenaria estrutural se dá no topo do 1ºsubsolo (contado de cima para baixo). Em conjunto, serão os pavimentos térreo, primeiro, segundo, terceiro (subtelhado), a laje técnica e a casa dos reservatórios feitos em alvenaria estrutural. Para o fechamento superior do prédio a estrutural ainda conta com um telhado metálico. Todos os elementos estruturais foram detalhados em Revit.

Também pode ser destacado que para uma edificação como a de um hotel, onde podem haver mudanças e reformas no futuro, é muito interessante para o proprietário ter disponível um modelo que agregue todas as informações necessárias para uma futura alteração.

4 CRIAÇÃO DO MODELO NO REVIT®

4.1 DA ARQUITETURA AO MODELO ESTRUTURAL

Os projetos de alvenaria estrutural são conhecidos por terem coordenação modular. Uma vez que se tenha uma arquitetura pensada para este fim, o lançamento lógico da primeira fiada fica facilitado. A partir desta, em um jogo lógico, buscando inter-travamento entre os blocos, é possível se obter a segunda fiada e com estas duas, todas as fiadas subsequentes.

Para o estudo de caso foi utilizado um modelo estrutural do software TQS, versão 18. Nele foi lançada a modulação da primeira fiada da alvenaria estrutural sobre a arquitetura feita em um modelo CAD 2D. Para isto foi utilizado o sistema de CAD do TQS, o EAG (Editor de Aplicação Gráfica). Neste editor é possível lançar sobre a arquitetura uma modulação (ou paginação) correta travamento de encontros de paredes, usar do artifício dos blocos especiais para quando necessário e ainda fazer com que o programa de cálculos entenda cada bloco como uma área resistiva com propriedades pré-selecionadas.

O modelo estrutural feito em TQS, bem como o cálculo da estrutura, não faz parte do escopo deste trabalho. Entretanto, é preciso que o mesmo seja rapidamente explicado para que se entenda a relação entre o programa de cálculo (de onde será extraída uma maquete 3D gerada pelo TQS) e o Revit.

No TQS, uma vez feita a parte gráfica de modulação (desenho). É criado um modelo estrutural para a edificação em questão. Neste modelo, são feitas todas as considerações de cálculo necessárias como definição de esforços de vento, níveis e pés direito de cada pavimento dentre outras considerações importantes de cálculo.

Com o modelo estrutural criado e os desenhos das modulações prontos, é preciso que se dê a entrada de alguns dados para o TQS. Esses dados são necessários para que o programa possa calcular a estrutura de forma coerente com a realidade. Dentre essas informações dadas pelo projetista estão:

- As definições de certas de paredes, que delimitam um pano de alvenaria agrupando-o em um elemento linear resistivo;

- as definições de portas e janelas, que serve para que o modelo alivie as cargas desses pontos da estrutura, bem como localizar pontos de fragilidade onde serão necessários elementos de reforço como vergas e contra-vergas;
- subestruturas de esforço vertical e horizontal necessários para que possa ser calculada a rigidez da estrutura bem com a resposta da mesma aos esforços a ela submetidos. Tais esforços definirão os pontos de grauteamento da estrutura. Com esses esforços o projetista estrutural pode lançar no modelo os pontos de graute e assim criar mais elementos para compor as suas paredes;
- definições de lajes: é preciso lançar no modelo as lajes que separaram os pavimentos do edifício. Elas são importantes para o cálculo estrutural e são úteis também para serem usadas no modelo no modelo BIM.

Com todos esses elementos lançados e definidos, é possível que se conclua a análise estrutural de um prédio de alvenaria estrutural. No caso do empreendimento X, foram definidos a partir deste modelo a utilização de cinta de blocos canaleta no respaldo das paredes e também na quinta fiada da maioria das paredes da edificação. Também foram necessários alguns pontos de grauteamento e alguns reforços de elementos de concreto armado. Todas essas definições podem ser lançadas no modelo estrutural.

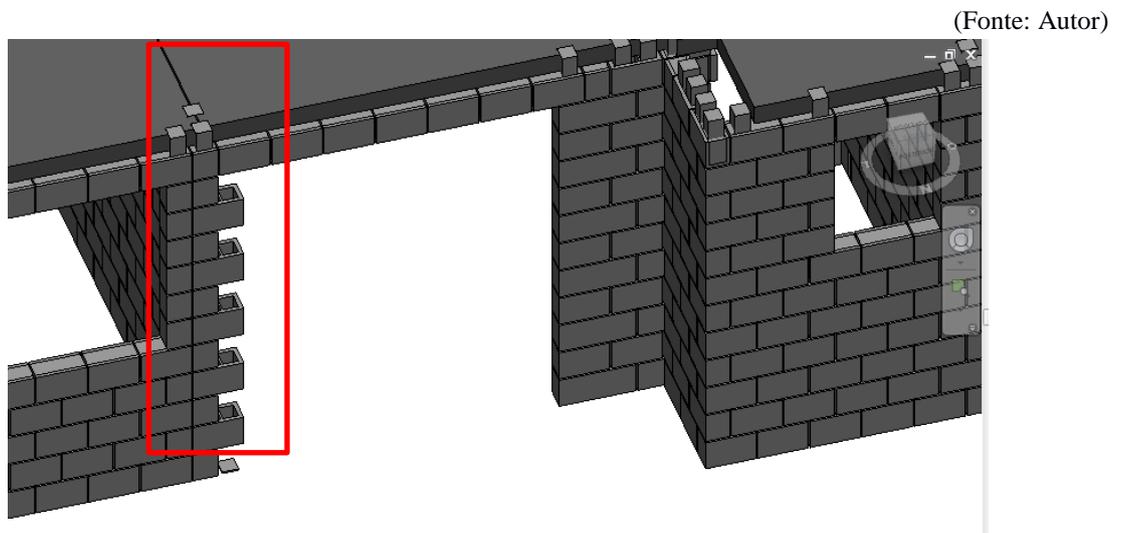
Tomando como base a primeira fiada modelada de cada pavimento, as informações de pé-direito, aberturas, lajes e as definições de elementos de reforço, o TQS é capaz de criar uma maquete 3D do edifício por meio de uma rotina de paginação de blocos. Essa maquete virtual pode ser exportada para o Revit ou outro software BIM em um grau de detalhamento LOD 200, contendo muitas informações gráficas, mas sem contar com refinamentos, principalmente não geométricos.

Para a geração da extensão compatível com o Revit®, é preciso usar a opção “exportar” do TQS. Já no software BIM, por meio de um aplicativo adicionado ao programa, que pode ser baixado diretamente do site da fabricante Autodesk, ou obtido com os próprios fabricantes da TQS, pode-se importar a maquete 3D do TQS já com muitas propriedades importantes previamente definidas na fase do projeto estrutural. Dentre estas definições estão os níveis dos pavimentos (a altura de cota de cada pavimento em relação a um referencial), as lajes, vigas, pontos de grauteamento, aberturas e posição de blocos calha.

Este modo de trabalho foi escolhido principalmente porque a arquitetura disponível foi detalhada em CAD 2D, sendo assim, é mais simples fazer a modulação da primeira fiada dos pavimentos do edifício em uma outra plataforma que lida com desenhos em duas dimensões. Um processo diferente possível pode ser levar o modelo Revit para o TQS, e fazer todo o processo inverso. Isto pode ser mais vantajoso no caso de uma arquitetura em BIM, entretanto, isso não foi testado para este trabalho.

A criação do modelo no TQS pode ser demorada porque muitas informações e definições devem ser feitas no lançamento inicial neste software, entretanto, nesta linha de projeto o tempo gasto com esse lançamento inicial será aproveitado, já que toda a base de dimensionamento será extraída deste processo. No Revit, embora o TQS facilite a saída gráfica das elevações das paredes no modelo 3D, ainda há muito trabalho de edição a ser feito no Revit® após a importação. Como pode ser visto na figura 6.

Figura 6 - Exemplo de modelo exportado do TQS para o Revit®



Dentre os erros típicos que o TQS comete neste tipo de elevação automática, estão as falhas em encontros de paredes e aberturas de portas e janelas. O modelo gerado pelo TQS também vem deficiente de informações não geométricas das peças que o compõe (informações que devem estar presentes em modelos BIM). Sendo assim, não é correto chamar a maquete exportada pelo TQS de um *Building Information Modeling* completo, mas sim um esboço de modelo BIM, ou até mesmo um projeto 3D.

No estudo de caso, além de algumas correções para melhor aproveitamento do Revit®, foram criados novos modelos de blocos de alvenaria, vigas, pontos de graute e etc. Só assim, foi possível ter um modelo com maior quantidade de informações e melhor acabamento, tanto em três dimensões quanto na documentação final. Para tal, é preciso que se crie famílias padronizadas para cada tipo de entidade.

Embora todo o detalhamento em Revit inicialmente pareça um retrabalho, é importante lembrar que um projeto estrutural é dividido em duas partes, a parte de cálculo da estrutura e a parte detalhamento (ou desenho) da estrutura e esses dois passos muitas vezes são realizados por profissionais diferentes. Também, ainda que o projeto continuasse sendo desenvolvido no próprio TQS após a criação do modelo estrutural, haveria a necessidade de se fazer os mesmos ajustes que descritos nos itens a seguir.

Neste estudo de caso, são detalhados os acabamentos de projeto que devem ser realizados pelos desenhistas em um projeto estrutural. Esta tende a ser uma parte muito demorada nos projetos de alvenaria estrutural e é esta que define o quão bem um projeto vai ser entendido no canteiro de obra. Embora seja dedicado grande tempo e esforço no trabalho de cálculo para obter as melhores soluções estruturais, são os desenhos que vão para o canteiro, por isso é necessário que se dê grande atenção aos elementos gráficos dos projetos.

4.2 CRIAÇÃO DA FAMÍLIA DOS BLOCOS

Para este projeto foi utilizada a família de blocos cerâmicos com o padrão modular de 30 centímetros (bloco padrão de 14x29x19). Apesar de não se saber ao certo no início do projeto qual o fabricante de quem o construtor compraria os blocos, foi arbitrada uma família de blocos cerâmicos da fabricante Pauluzzi, já que se tratando de blocos modulares não haveria problemas de uma alteração de fornecedor.

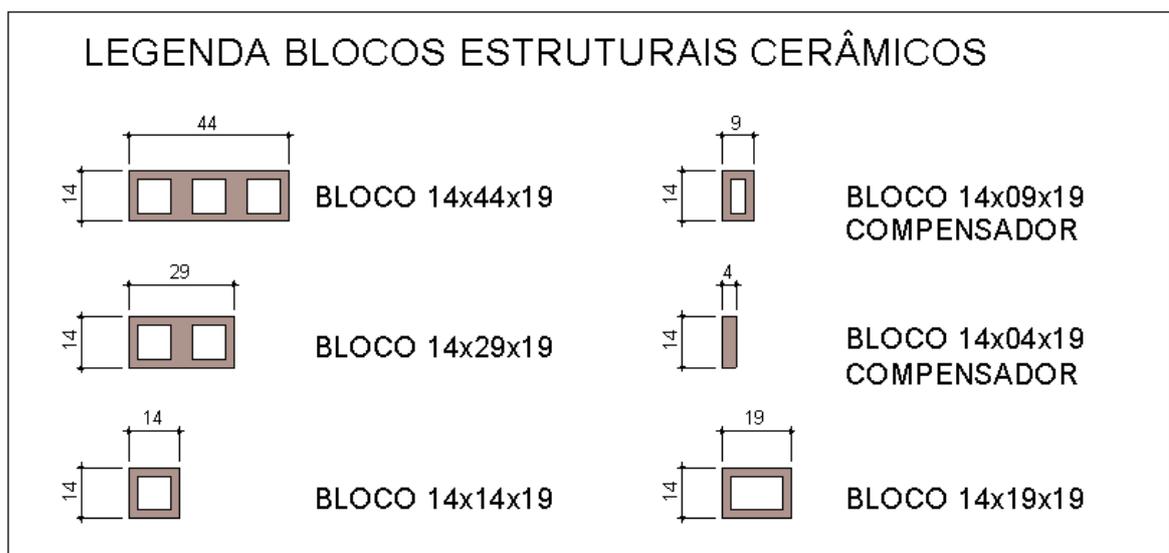
Como explica Zechmeister (2005, p.42),

(...) a possibilidade de escolher o fornecedor das unidades de alvenaria, independe das suas dimensões, possibilita que os critérios de qualidade, durabilidade, prazo de entrega, preço, entre outros, possam ser reavaliados constantemente, possibilitando, se necessário,

a troca de fornecedor para uma mesma obra, sem prejudicar o processo construtivo como um todo.

Tal família conta com: bloco padrão de 14x29x19, meio bloco de 14x14x19, bloco e meio de 14x44x19, bloco especial de 14x19x19, bloco compensador de 14x9x19, bloco bolacha de 14x04x19 e bloco canaleta de 14x29x19, totalizando sete tipos de bloco a serem criados. Os mesmo são apresentados na figura 7.

Figura 7 - Legenda dos blocos necessários para o estudo de caso



(Fonte: Autor)

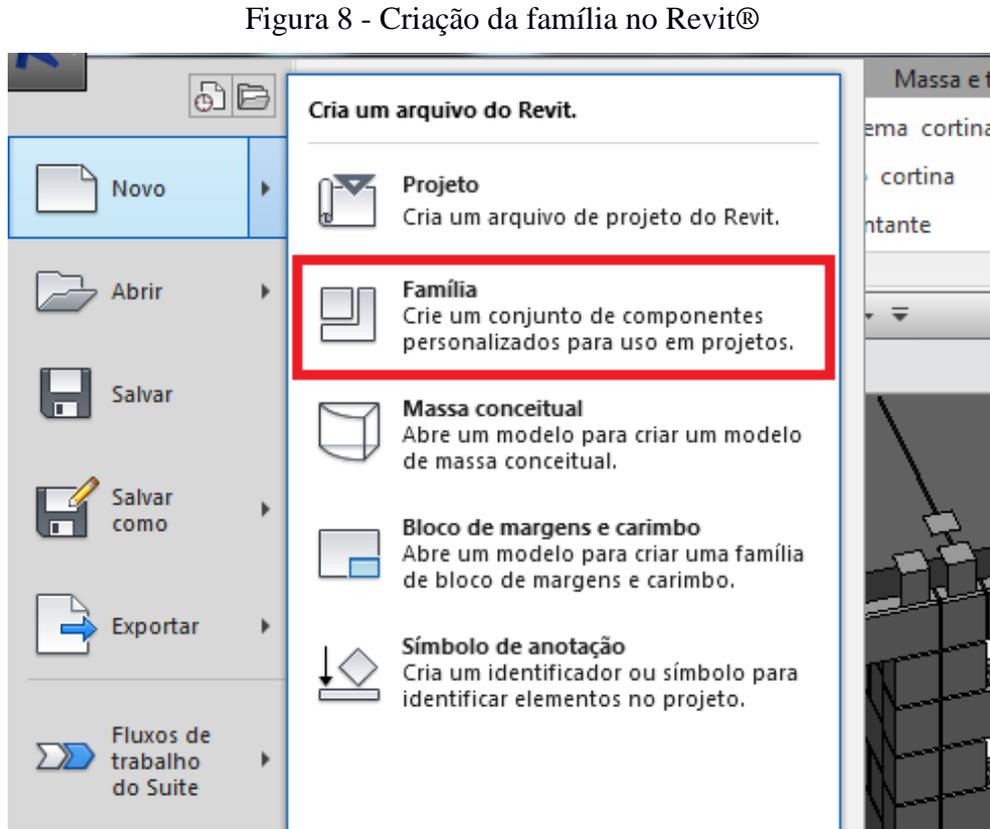
Os blocos importados do TQS possuem as características desta família, já que para o cálculo da estrutura a área dos blocos é importante. A criação dos blocos no Revit® serve para refinar o padrão dos blocos para LOD 300 ou superior, agregando a eles detalhes geométricos e não-geométricos. A substituição blocos criados é muito fácil, porque no Revit® é possível selecionar todas as unidades de um determinado tipo e substituí-las por outra mantendo a sua posição original.

Para a criação do bloco padrão da família (14x19x29), procurou-se criar uma geometria a mais próxima possível dos blocos fabricados pelo mercado, buscando, entretanto, não adicionar detalhes desnecessários que tornariam o modelo mais pesado. Esta foi feita do zero com o modo de criação de famílias do Revit® (ver figura 8), que pode ser acessada facilmente pelos usuários do programa no menu inicial do mesmo. Ao usar o editor de famílias do

Revit® o programa pede que se escolha uma categoria de família. Cada uma dessas categorias conta com uma configuração distinta além de propriedades básicas diferentes.

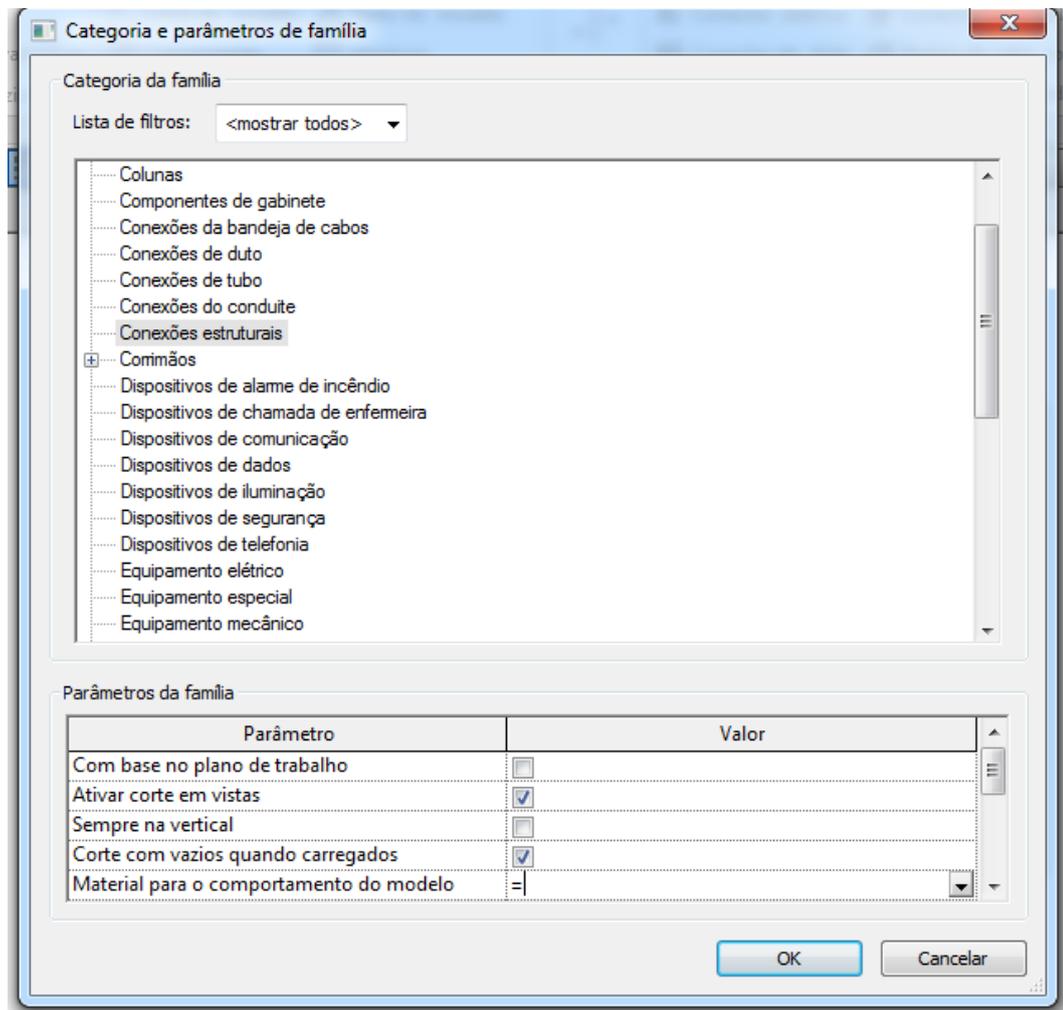
As propriedades escolhidas para a família de blocos criada foi a de conexão estrutural, uma categoria que tem como o princípio de não permitir qualquer alteração de geometria de blocos em sua utilização no projeto. Essa propriedade é importante porque, diferente de uma viga, que pode aumentar de comprimento, ou mudar a seção; um bloco da alvenaria terá sempre a mesma geometria por ser um material pré-fabricado e não ser aconselhável a sua quebra para a utilização.

Figura 8 - Criação da família no Revit®



(Fonte: Autodesk, 2016)

Figura 9 - Categorias e parâmetros de família



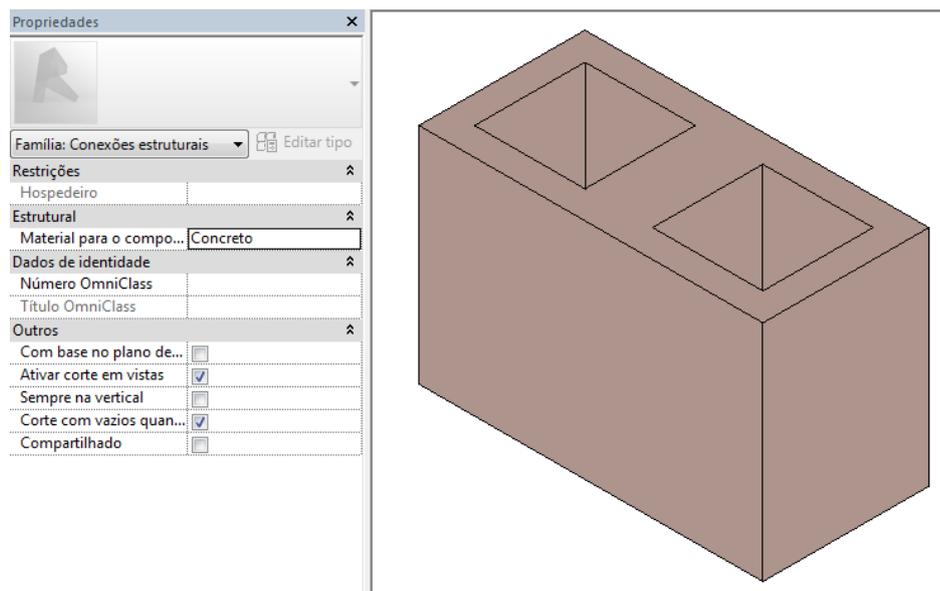
(Fonte: Autodesk, 2016)

Uma vez escolhida a categoria do bloco, parte-se para a definição da geometria mesmo. Isso é feito a partir da projeção em 2D das dimensões originais do bloco padrão da família 14x29x19. Posteriormente, é utilizado o comando Extrudar, semelhante aos dos softwares CAD 3D, que permite que uma peça em duas dimensões seja retirada do plano, gerando assim um objeto no espaço, como o exemplificado na figura 10.

Procura-se fazer com que cada dimensão do bloco possa ser editada parametricamente, de forma que seja fácil derivar novos blocos do primeiro criado, diminuindo, assim, o trabalho de ter que desenhar cada um dos elementos e facilitando uma eventual atualização de geometria. Uma vez obtida a forma tridimensional de um dos blocos, passa-se a agregar ao mesmo as suas propriedades mais importantes, as propriedades não gráficas.

As informações não gráficas são o que realmente diferencia os projetos BIM de projetos de desenho em três dimensões comuns. É a partir destas propriedades que é possível explorar os recursos não gráficos do BIM como a modelagem 4D, *clash detection*, o auxílio ao planejamento de obra, orçamentação, dentre muitas outras facilidades ao projetar e até mesmo pós-obra.

Figura 10 - Bloco padrão criado no editor de famílias



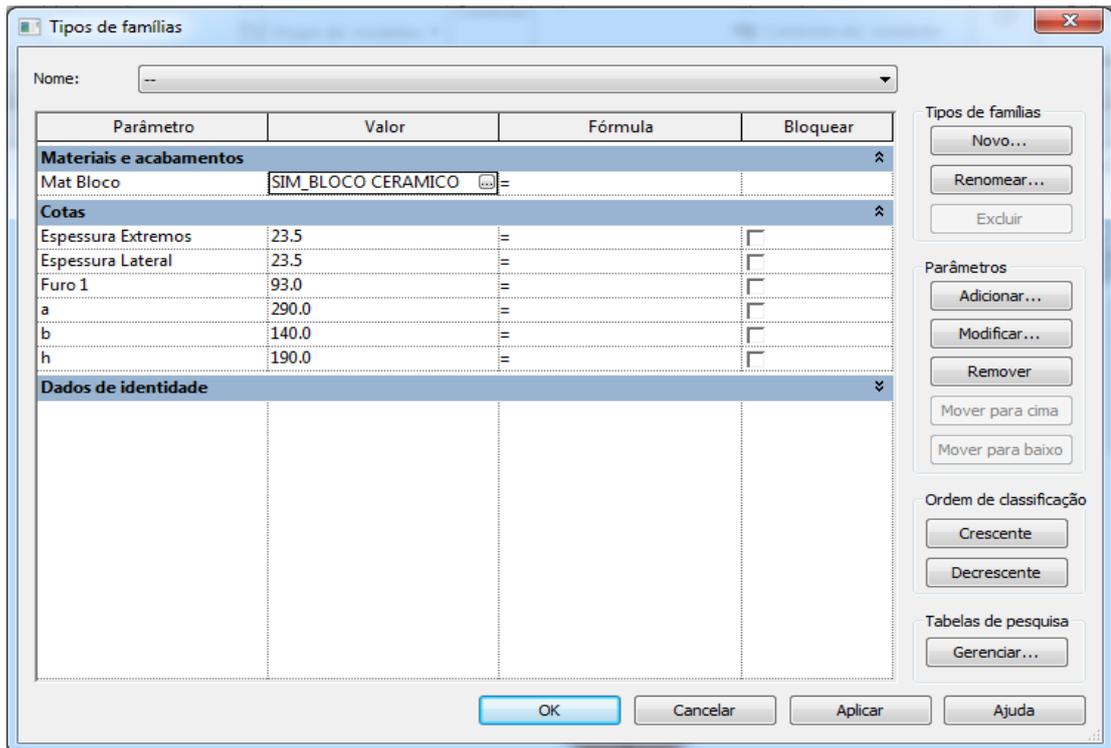
(Fonte: Autor)

Cabe a cada projetista definir quais propriedades agregar ao projeto, este é o modo que se diferenciam os modelos e como se agrega valor aos mesmos. Em paralelo a isso, é importante que o contratante do projeto saiba qual o uso esperado do projeto, ou seja, saiba quais os tipos de análises fará com o modelo, para que assim saiba contratar os serviços que o compõe.

Neste estudo de caso, já que não se conta com a escolha de um cliente, trabalhou-se do modo mais genérico possível, visando atender, ou ao menos estar perto de atender as necessidades mais usuais de compradores de projetos deste tipo. Com esse intuito, fez-se blocos estruturais detalhados individualmente, buscando assim atender melhor as demandas por quantitativos baseados em número de elementos. Entretanto, poderia ser escolhido um outro modelo de trabalho, onde se buscasse quantificar áreas de parede por exemplo, para esta outra necessidade seria mais fácil o lançamento de elementos parede, que geraria um quantitativo mais genérico e tornaria o projeto mais barato.

A figura 11, mostra usando o exemplo das propriedades geométricas que a peça de bloco desenhada é associada a uma lista de parâmetros, estes, nada mais são do que uma lista de pode ser editada por meio de entradas numéricas, onde estas se refletem geometricamente nos elementos alterados.

Figura 11 - Adição dos parâmetros



(Fonte: Autor)

Pode-se ver que nos campos “espessura extremos”, “espessura lateral”, “furo 1”, “a”, ”b” e “h” tem-se medidas em milímetros que se associam com a peça 3D. Uma vez modificados estes valores na sua tabelas, os blocos da família mudam de tamanho. Estas medidas não podem ser alteradas dentro do projeto, mas apenas no editor de família. Estes campos de parâmetros geométricos facilitão a criação dos demais tipos de blocos que serão usados no empreendimento. O mesmo acontece com propriedades não geométricas, entretanto, estas não mudam (necessariamente) o formato e visualização das entidades, apesar se se apresentarem ao ser feita a seleção dos elementos (figura 12).

Para este projeto, foram criadas muitas propriedades não geométricas. Estas existem para os usos posteriores do modelo BIM, ou para facilitarem a própria criação do modelo.

As propriedades adicionadas foram:

- Material constituinte – neste campo é informado o material que compõe a peça. Pode ser usado para diferenciar peças estruturais de peças não estruturais; para identificar se uma peça pode ou não receber um furo; se pode ser reciclada, dentre muitas outras diferenciações. Para os blocos, este campo foi preenchido com: “CERÂMICA ESTRUTURAL”. Essa informação pode ser associada a um filtro de modo que a peça mude de cor ao receber uma informação chave, diferenciando por exemplo blocos de concreto e blocos cerâmicos por cor;
- resistência (fbk e fa) – campos que podem ser modificadas para fck e fcj, estes campos pedem a informação das propriedades estruturais dos materiais e para alimentá-los é preciso que se entre com um valor numérico. Estas propriedades podem ser usadas para diferenciar peças de concreto de diferentes resistências; blocos de alvenaria estrutural de alvenaria de vedação; dentre outros filtros. Para este projeto o campo fbk foi preenchido com a informação “7MPa” para caracterizar a resistência dos blocos escolhida pelo projetista. No campo fa não foi adicionada nenhuma informação, pois o projeto em questão não apresenta o detalhamento de argamassas. Pode-se observar que esta propriedade não altera visualmente as pranchas do projeto e nem a maquete 3D, apenas serve para que se tenha, ao fazer o quantitativo, um informativo da quantidade de peças de uma determinada resistência que deverá ser adquirido. Acredita-se que em um futuro próximo, softwares de cálculo estrutural poderão usar esse tipo de informação para uma análise estrutural por exemplo. Este tipo de propriedade também pode ser inserida e alterada diretamente nas propriedades do material que compõe o elemento criado;
- fase de construção da peça (criação, bloco existente, demolição) – neste campo se dá a entrada de textos como “criação”, “bloco existente”, “concretar segunda”, etc. Serve para que se diferenciem peças de diferentes fases de uma construção ou reforma, essas diferenciações podem ser visuais ou não (pintando as entidades de cores diferentes, por exemplo). Este campo ainda pode ser usado como auxílio ao

projeto, ao marcar objetos não definidos como “aguardando definição”, podemos criar um filtro que pinte as unidades não definidas de alguma cor específica. Neste projeto, não foi utilizado este campo, pois todos os elementos deverão ser construídos, mas este campo deixa a possibilidade de um planejador definir diferentes fases do projeto em uma modelagem 4D;

- campo comentário - onde qualquer utilizador do modelo poderá deixar uma explicação sobre algo relevante à peça, como defeitos, ou outras utilidades. Este campo pode ser muito útil para a comunicação entre projetistas de uma mesma disciplina, ou até mesmo entre projetistas de disciplinas diferentes que venham a usar o modelo. Este campo pode ser associado com as amebas utilizadas para marcação de elementos “*in hold*” em projetos em CAD, inclusive podendo ter diferentes demarcações de cor para elementos com comentários;
- campo tipo de elemento - onde podem ser divididas entidades do modelo em qualquer classificação que o usuário queira dar; esse é uma propriedade coringa, feita apenas para que quem utiliza o modelo possa aplicar um filtro diferente ao seu gosto. É interessante que se tenha esse tipo de propriedade para dar maior liberdade e facilidade na hora de projetar ou utilizar o modelo;
- campo furo – onde se diz se o objeto terá um furo ou não. Pode-se também marcar se o objeto está apto a ter furo ou não;
- campo resultado de ensaio – campo onde se pode dar entradas como “21Mpa”, para informar resultados de ensaios obtidos nos processos de controle das obras. Este pode ser usado diretamente pelo engenheiro que está executando a obra, ou para que o engenheiro calculista deixe assinalado uma área que deverá ser reforçada por exemplo. Este campo foi pensado para que se tenha uma associação entre rastreabilidade das concretagens em obra e o modelo, já que os projetos em BIM também visam uma alimentação *as built*. Com essas informações, caso um proprietário de apartamento venha a querer fazer alguma reforma, ele pode consultar o modelo BIM da edificação e informar ao seu engenheiro calculista até mesmo as informações como a resistência atingida pelo concreto dos elementos do seu apartamento, ou informar a um eletricista onde passa a sua rede elétrica;

Além destes, foram criados campos de auxílio ao projetista e à modelagem 4D, como os campos “componente” e “grupo”, que são campos genéricos que podem servir para várias utilidades.

- campo componente: trata-se de um campo onde são categorizadas unidades de acordo com o que precisa ser levantado em termos de quantitativo. Ou seja, neste campo está se “descrevendo a peça” e a qual conjunto de elementos ela pertence. Por exemplo, um bloco de alvenaria estrutural deverá ir para a categoria de blocos estruturais, logo foi colocado “BLOCO ESTRUTURAL” no campo componente para todas as peças de alvenaria. Para todas as vigas moldadas “IN LOCO” foi atribuído o “VIGA MOLDADA IN LOCO”, no campo de componente. Isto serve para facilitar a divisão de entidades, em tabelas de quantitativos, para facilitar a visualização de um grupo específico dentro do modelo, dentre muitas outras funcionalidades;

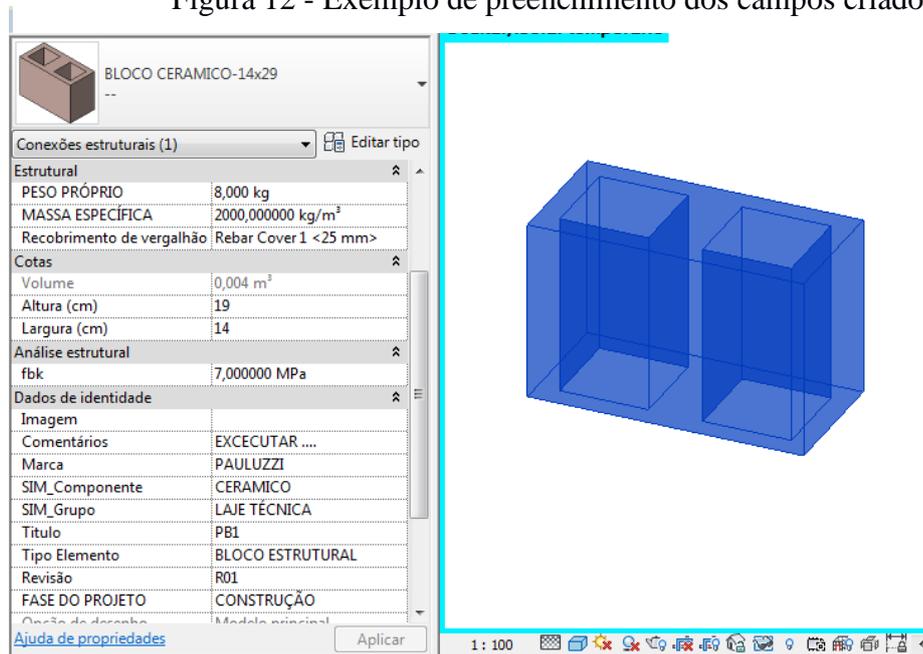
É bem verdade que é possível filtrar os blocos simplesmente usando os recursos de isolar elementos⁴, ou o comando Esconder⁵ deixando visíveis apenas entidades que queremos ver. Mas essa filtragem pode ser limitada, puramente visual e mais lenta de ser executada. O tipo de campo como o “componente” permite que se tenha mais possibilidades de agrupamentos entre entidades.

- campo grupo: foi criado com o intuito de separar as entidades em fases de execução da obra. Neste campo foram utilizados os nomes dos pavimentos, de modo que se atribuísse a cada pavimento um grupo de entidades do modelo. Com este campo, é possível que se faça filtros, tabelas de quantitativos divididas com as etapas da obra, linhas temporais que ajudem em análises e concepção do modelo e até dividir o empreendimento em pequenas etapas a fim de construir uma espécie de montagem para um eventual uso de 4D.

⁴ Ou *Isolate by*, comando que permite ao usuário isolar elementos, categorias ou famílias no *software* Revit 2016.

⁵ Ou *Hide*, comando que permite que o usuário oculte elementos que não são de seu interesse no *software* Revit 2016.

Figura 12 - Exemplo de preenchimento dos campos criados



(Fonte: Autor)

4.2.1 Utilidades das propriedades não geométricas

As propriedades não geométricas do Revit® são o grande diferencial do programa como software BIM. Com estes campos e informações é possível que se faça uma grande variedade de refinamentos ao modelo, como se a seguir:

4.2.1.1 Filtros de visualização

Tanto em três dimensões, quanto em duas, projetistas e usuários tem a necessidade de visualizar peças específicas do modelo em algum momento. O Revit® conta com a facilidade de poder isolar um elemento específico em sua visualização 3D. Pode ainda isolar uma categoria de elementos (por exemplo, visualizar só elementos de *structural connection*⁶, ou só *structural frame*⁷. Entretanto, nestas duas facilidades é preciso que se selecionem na tela as unidades que ficarão em evidência, um processo mais lento onde há a necessidade conhecer e localizar as peças do modelo.

⁶ Ou conexão estrutural, categoria geralmente utilizada para a representação de elementos que se encaixam (peças).

⁷ Ou quadro estrutural, categoria geralmente utilizada para a representação de elementos como viga.

Com o uso dos filtros no modelo do Revit® é possível que se isole ou se esconda um grupo de propriedades associadas a um determinado campo. Por exemplo, pode-se filtrar um modelo 3D completo por pavimentos, e assim visualizar apenas um determinado pavimento. Outra possibilidade é que sejam visualizados apenas os pilares do grauteamento, e assim conferir quais barras de aço passam de um pavimento ao outro como esperas. É possível também enxergar apenas as esquadrias e as vergas e contra-vergas que as acompanham para conferência, dentre muitas outras possibilidades.

O uso de filtros permite que se tenha acesso de forma rápida a apenas as informações que são de interesse do usuário, mesmo que este não esteja familiarizado com o modelo em questão. Esta facilidade é interessante uma vez que falamos sobre projetos multidisciplinares interligados, onde temos muitas pessoas diferentes trabalhando no mesmo arquivo de modelo.

4.2.1.2 Análise 4D

Para que se ensaie uma obra no computador, uma análise 4D, é preciso que se faça uma linha temporal de unidades no modelo. Para tal, pode-se utilizar softwares de planejamento como o Project; e com o auxílio de programas como o NavisWorks da Autodesk reproduzir um vídeo desta linha do tempo criada no Project. Pode-se, ainda, criar manualmente o próprio fluxo de elementos, de acordo com um filtro. Por exemplo, é possível que se divida elementos de acordo com o dia em que serão executados na obra, basta associar a cada elemento um numeral em um campo (propriedade não geométrica) criado com o intuito de determinar uma fase na obra.

Ao atribuir a determinadas unidades o número 1 e para outras o número 2, pode-se informar ao programa que os elementos com o número 1 virão antes dos elementos número 2. Seguindo esta lógica, é possível que se crie muitas linhas de ensaio tanto temporal quanto dinâmica, já que da mesma forma que se diz para o programa que uma unidade deverá surgir no dia 2, pode-se dizer que em determinado momento deste mesmo dia, uma outra unidade irá se movimentar, e assim é possível simular até o movimento de máquinas pesadas no canteiro de obras.

O uso de um modelo como o do estudo de caso, com blocos detalhados um a um, pode inviabilizar uma análise deste tipo. Para que a mesma fosse possível seria necessário utilizar paredes como um todo, ou agrupamento de blocos. Como o modelo foi pensado

principalmente para atender aos padrões esperados na obra e as incompatibilidades, não é possível explorar todo o potencial do 4D com o mesmo. Isso é natural, por vezes existirá a necessidade de modelos diferentes para usos diferentes.

4.2.1.3 Levantamento de quantitativo

As propriedades não geométricas podem facilmente se organizar em categorias para o levantamento de quantitativos. Dizendo para cada entidade à qual classe pertence; à qual fase da obra está atrelada e quais subcategorias (quantas necessárias) a mesma faz parte. Assim, pode-se criar tabelas de quantitativos de diferentes formas.

Por exemplo, é possível extrair facilmente uma tabela que informe a quantidade de blocos que serão utilizados na obra, a quantidade de blocos do tipo padrão que serão utilizadas na obra, a quantidade de blocos do tipo padrão que serão utilizados no primeiro pavimento, a quantidade de blocos do tipo padrão que será utilizado no primeiro pavimento até o dia 2 da construção do mesmo, e assim por diante fazendo as planilhas de quantitativo o quão refinadas elas precisam ser.

Se bem utilizados, estes filtros de quantitativos podem auxiliar muito no controle de gastos da obra, sendo que se pode facilmente levantar a quantidade de material já utilizada e comparar com a quantidade de material que deveria ter sido empregada em uma determinada fase do empreendimento, sabendo-se assim o grau de desperdício da obra em tempo real. Quando bem empregados, estes filtros podem ser um grande aliado do empreendedor, de forma a fazer com que processos sejam revistos não mais no final do empreendimento, ao se levantarem as perdas totais, mas sim em tempo real, com perdas parciais, pode-se mudar processos e materiais em tempo hábil de não se ter um grande prejuízo.

4.2.1.4 Realização de ensaios virtuais em softwares específicos

Os softwares BIM estão se tornando cada vez mais usados em utilidades diversas, como ensaios específicos do tipo estrutural, combate de incêndio, resistência ao fogo, softwares de avaliação de descarga elétrica, softwares que utilizam análise por elementos finitos, dentre outras análises. Ao se exportar o modelo Revit® para um software específico como um de análise estrutural, é preciso que se deixe bem claro ao software de cálculo quais elementos são resistentes e quais não.

Pode-se ainda associar aos elementos resistivos informações como módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, módulo de Young, dentre outras informações que facilitem a análise do modelo diretamente a partir dos elementos do Revit®. Do mesmo modo em que essas informações são atribuídas às propriedades estruturais (por criações de campo de propriedades não geométricas, explicitadas acima), é possível atribuir quais campos se quer sobre outros tipos de análise. Programas que importam modelos BIM geralmente já são programados para ler campos e extrair este tipo de informação deles.

4.2.1.5 Clash detection

Ao utilizar a função de identificação de interferências entre elementos do modelo, depara-se muitas vezes com inconformidades que não são de interesse, por vezes é preciso visualizar interferências específicas, como por exemplo as entre o projeto hidráulico e os blocos de alvenaria estrutural. Estes campos não geométricos nos permitem realizar um filtro de busca e direcionar a ferramenta para não obter uma grande lista de interferências desnecessárias, ou desimportantes (*soft interference*⁸), aproveitando melhor o tempo de análise de inconformidades.

4.2.1.6 Visualização da documentação impressa

Apesar de softwares BIM como o Revit® facilitarem a geração de cortes e vistas de elementos, muitas vezes o que se quer representar na planta não fica claro ao leitor do documento usando apenas este recurso automático. É possível elevar o padrão do projeto e melhorar a leitura do mesmo, com a utilização de filtros (propriedades não geométricas e geométricas) é possível refinar a visualização do desenho em 2D de modo a facilitar o melhor entendimento do leitor da prancha.

Por exemplo, em plantas baixas de pavimentos, é importante que se visualizem elementos como vigas com linhas espessas, mas na mesma prancha é preciso que as paredes que servem de apoio a essas vigas (no modelo de alvenaria estrutural) sejam representadas apenas de modo simbólico, como uma hachura, ou uma outra representação de cor mais fraca ou linhas mais finas, de modo a não poluir o desenho e atrapalhar a visualização das vigas. Também é preciso, em diversas ocasiões, que sejam marcadas com *tags*⁹ diversos elementos, levando em

⁸ Interferências que não precisam ser ajustadas para ter um modelo funcional.

⁹ Elemento de identificação, como uma etiqueta.

consideração que cada elemento recebe tipos de *tags* diferentes, de acordo com a sua categoria ou filtro atribuído ao mesmo. Um exemplo possível é que vigas recebem a *tag* “nome/seção” e lajes a *tag* “nome/espessura”, e assim por diante. Para isso podemos utilizar os campos não geométricos, pré-determinando informação gráfica de certas famílias e tipos de elementos.

4.2.1.7 Auxílio ao projetar construções complexas

Ao projetar estruturas complexas carregadas com muitos elementos e informações, fica cada vez mais complicado que se trabalhe no modelo. Os problemas que surgem nestes casos passam por: incapacidade de *hardware* dos computadores normalmente utilizados atualmente, que ficam proporcionalmente mais lentos em relação ao número de unidades do modelo; por dificuldades em enxergar determinados elementos escondidos por outros, além de vistas e cortes em 2D sobrecarregados de diferentes entidades.

É inviável que se trabalhe em modelos complexos sem a utilização de filtros, com categorias e subcategorias, para que se visualize apenas o necessário, tanto trabalhando em três dimensões quanto projetando em duas. Ao trabalhar visualizando um desenho poluído, aumenta-se a probabilidade de o projetista cometer erros ao projetar.

4.2.1.8 Auxílio à industrialização na obra

Uma vez que se subdividiu categorias de entidades, é possível facilmente levantar a quantidade de determinados elementos que serão utilizados na construção do empreendimento, e quando os mesmos serão necessários. Sendo assim, podem ser facilmente levantados orçamentos para que se industrialize pedaços da obra. Por exemplo, ao visualizar em uma planilha no Revit® que serão utilizados muitos taipás¹⁰ sobre as portas, pode-se levantar o questionamento de até quantos destes elementos podem ser produzidos no canteiro de obra sem afetar a produtividade, ou o custo da obra, frente à compra destes elementos fabricados em uma indústria. Em estruturas metálicas ou pré-moldadas, o BIM e as propriedades não geométricas podem tornar o trabalho dos orçamentistas da obra mais otimizado, retirando dos mesmos o trabalho de levantar quantidades e áreas, uma vez que o programa as gera de forma automática quando modelado para esse fim.

¹⁰ Elemento utilizado na construção de edifício de alvenaria estrutural, geralmente substitui a verga das portas, seguindo o projeto original, o elemento foi utilizado no estudo.

Além disso, como o modelo de Revit pode ser emitido em tempo muito reduzido em relação a criação das plantas da obra (refinamentos em duas dimensões demoram para ser criados), o cliente do projeto acaba tendo em mãos uma estimativa de quantidades de matérias a utilizar muito antes do que usualmente é entregue em projetos em duas dimensões. Isso porque quando se trabalha em CAD, só é possível extrair quantidades depois de ter as plantas montadas e todas as peças definidas. Ou seja, muitas vezes os quantitativos só chegam ao cliente quando os projetos já estão praticamente prontos, diferente do BIM, que uma vez com o modelo acertado, já é possível que se gere vários quantitativos que darão mais tempo para o cliente pensar sobre os seus planejamentos de obra.

4.2.1.9 Complementação de outras tecnologias

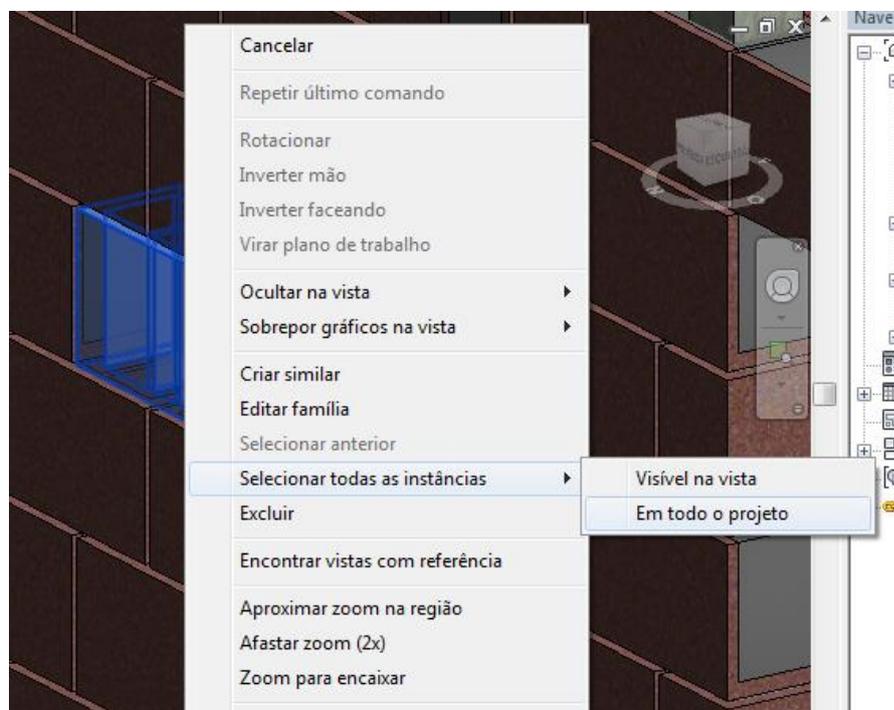
O campo das tecnologias avança em direção a tecnologia da informação. As informações espaciais dos objetos hoje e no futuro podem ser muito úteis para diversas aplicações. Já há tecnologias de impressão de elementos em três dimensões capazes de construir usando modelos BIM como referência, há também aplicações no campo da topografia, onde estações totais são capazes de locar empreendimentos com todos os seus detalhes.

Aliado com o BIM, será possível construir moradias por meio de robotização de processos. Mas não é preciso ser tão inovador para entender o que o BIM pode proporcionar em termos de mudanças em todas as cadeias do mercado da construção. Hoje é possível que um projetista “ande” pelo prédio que está projetando com o auxílio de óculos de imersão. As possibilidades para este campo são infinitas quando se pensa que um comprador de imóvel poderá visitar o seu futuro apartamento, por meio digital, sem decorado, contemplando por exemplo a vista da sua futura janela da sala. Aplicações deste tipo também podem servir de apoio até mesmo para a execução das obras.

4.3 REFINANDO O MODELO

Uma vez com a família de blocos criados, faz-se a substituição dos blocos gerados automaticamente pelo TQS pelos blocos novos. Essa substituição acontece de modo rápido, primeiramente, seleciona-se um tipo de bloco e com o botão direito do mouse (figura 13) se escolhe a opção “selecionar todas as instâncias” a partir de onde todos os elementos semelhantes do projeto podem ser selecionados ao mesmo tempo. Depois, de forma simples, é dado o comando para substituí-los.

Figura 13 - Selecionando todas as instâncias de um determinado elemento



(Fonte: Autodesk 2016)

Uma vez feita a substituição de todos os tipos de blocos pertencentes a família empregada no projeto, são criados filtros de propriedades visuais a fim de facilitar o trabalho de projetar no Revit®. Estes filtros adicionados se referem a cor de exibição dos elementos e fazem cada bloco diferente se destacar dos demais.

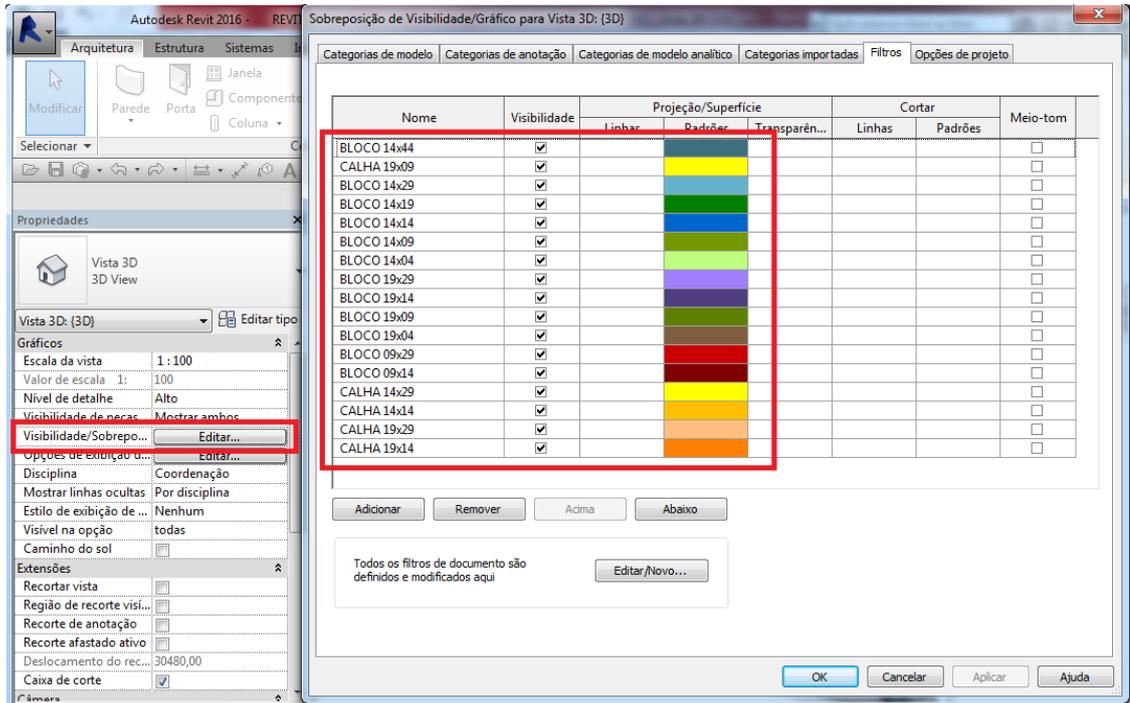
Este tipo de artifício também pode ser adicionado em cada *view*¹¹ do projeto, por meio deste podemos personalizar cada parte da linha de trabalho com o estilo que melhor convenha. Dentro de um modelo do Revit® temos as *views* 3D, *views* de cortes, *views* de plantas baixas e etc.

Uma das grandes diferenças do Revit® é poder agregar todas as informações pertinentes a um projeto dentro de um mesmo arquivo, ou seja, não há necessidade de abrir vários arquivos diferentes para trabalhar em uma obra, pois toda a informação está no mesmo modelo.

Para as *views* 3D, por meio dos nomes dados a cada tipo de bloco, pode-se personalizar as entidades a fim de vê-las do modo desejado, como no filtro escolhido na figura 14. Essa medida de visualização é adotada porque ao projetar um prédio de alvenaria em três dimensões, é fácil se confundir ao tentar distinguir blocos parecidos já que há elementos de mesmo tamanho, mas com propriedades distintas, que dificilmente são diferenciados olhando pela sua lateral. Um exemplo disso é a diferenciação entre blocos de 14x29x19 e os blocos canaleta 14x29x19 (figura 15), que são blocos idênticos vistos de fora, mas o bloco padrão possui duas cavidades verticais enquanto o bloco calha se assemelha a uma casca oca em formato que lembra a letra “u”, próprio para cintas de respaldo.

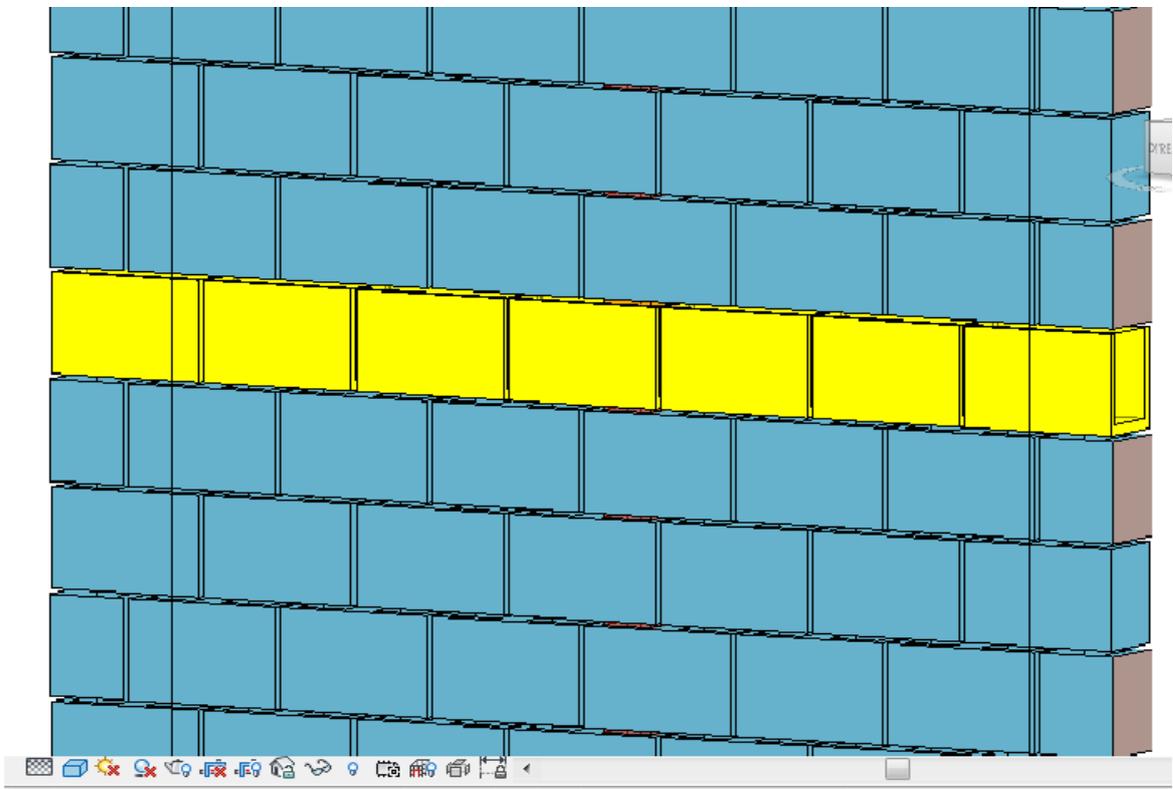
¹¹ Ou vista, plano de desenho no Revit. São áreas de trabalho que se assemelhariam aos desenhos nos softwares CAD.

Figura 14 - Criação de filtro em cores



(Fonte: Autor)

Figura 15 - Diferenciação por cores entre bloco calha e bloco padrão



(Fonte: Autor)

No estudo foram criados, além dos blocos de alvenaria, os pontos de grauteamento e a estes também foram agregadas propriedades. Os pontos de grauteamento foram representados como um prisma com a altura desejada e são associados a eles o material “graute”. A criação destas entidades pode ser comparada com a criação de pilares dentro da modelagem Revit®, já que devem ser colocados na vertical e precisam conter informações que os relacionem aos pavimentos do edifício. Ou seja, é necessário estipular de onde os pilaretes vão “arrancar” e onde irão “morrer”.

Em alvenaria estrutural é preciso que os pilaretes sejam armados, por isto dentro de cada um destes prismas deverá ser introduzida uma barra de aço CA-50 de bitola a ser escolhida pelo projetista. O Revit® possui um módulo de armação de estruturas, por isto, não há dificuldades em fazer o lançamento de aço em um material definido como graute ou concreto. Basta procurar na aba do navegador “*structure*¹²”, “*rebar*¹³” e assim se tem o acesso a família de barras de aço mais comum no mercado. Esta pode ser inserida já com propriedades como cobrimento a ser deixado das faces das peças.

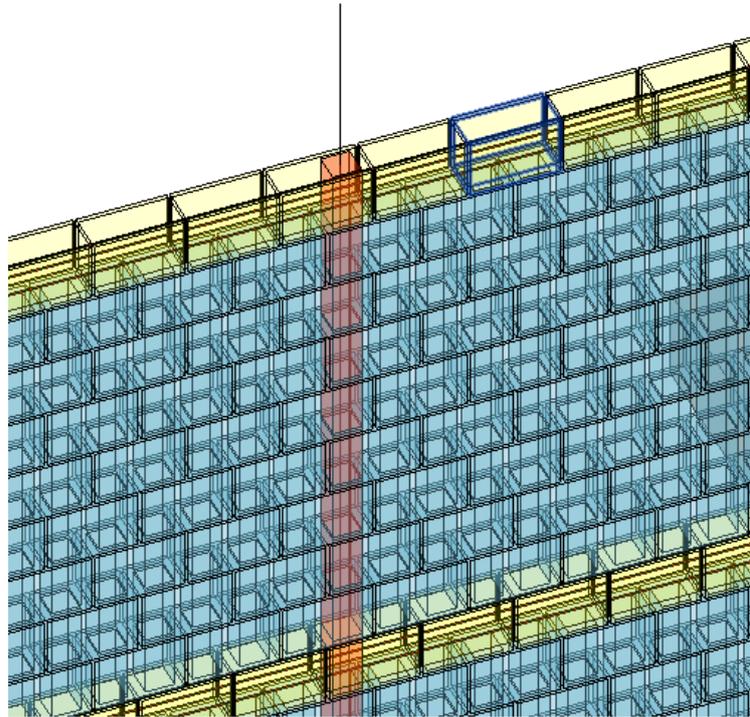
Além de pontos de grauteamento na vertical, no estudo, foram adicionados ao modelo os pontos de reforço de janelas e portas e os grauteamentos horizontais que compõem as vergas e contra-vergas das janelas e portas. Estas composições de reforço contam geralmente com blocos canaletas, graute e reforço de barras de aço.

Especificamente neste projeto, adotou-se treliças para fazer o papel de reforço do aço destes elementos. Para a criação da treliça foi preciso ser criada uma nova família de elementos com propriedades específicas, de modo que estes elementos pudessem ser adicionados e editados (em termos de comprimento) de forma automática, gerando assim quantitativos exatos da metragem de treliças a ser utilizada na obra. Para isto, usou-se propriedades similares as de criação de vigas, que permitem uma livre edição de uma das três dimensões das peças (comprimento).

¹² Aba Estrutura na versão em português do Revit 2016.

¹³ Subdivisão da Aba Estrutura, aba Vergalhão na versão em português do Revit 2016.

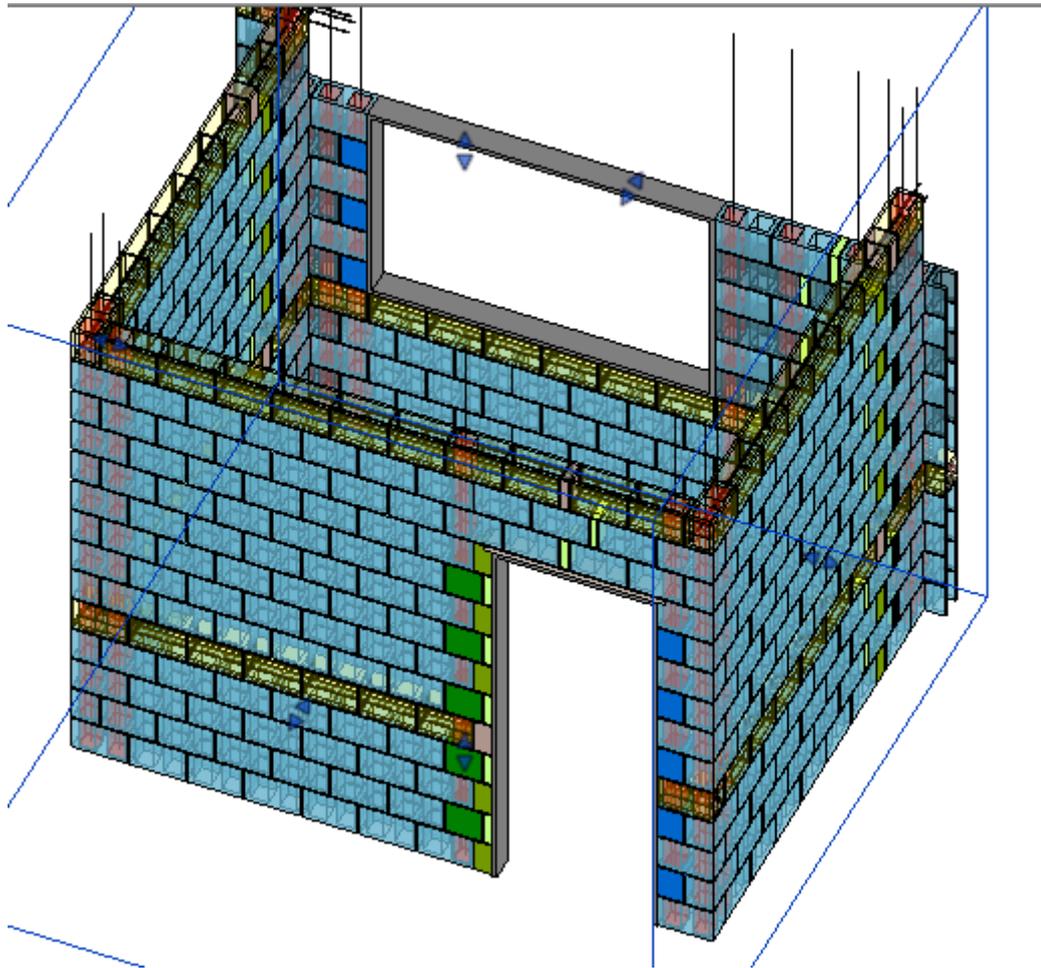
Figura 16 - Auxílio na conferência de blocos



(Fonte: Autor)

Também não se abriu mão de outras peças de detalhamento criadas para compor o modelo. Foram criadas famílias de “quadros” de portas e janelas - como mostra a figura 17 - que consistem em elementos com as dimensões das portas e janelas a serem deixadas pelo projeto estrutural, mas de forma rudimentar, feitos apenas para demarcar as aberturas sem contar com nenhum detalhamento mais refinado, podendo ser classificado com LOD 100. Este tipo de elemento deve ser criado porque além de ajudar na posterior compatibilização entre projetos, facilita a extração das plantas que irão para a obra.

Figura 17 - Janelas e portas em LOD 100



(Fonte: Autor)

Neste projeto específico, foram lançadas as instalações elétricas em BIM. Isto foi feito porque os elementos do projeto elétrico precisam ser demarcados corretamente onde há a necessidade de corte no bloco de alvenaria para a instalação das caixas de luz ou tomadas (ou onde é necessária a compra do bloco especial com a espera para as instalações). Em uma linha de projetos ideal, onde o projeto elétrico é detalhado em BIM pelo projetista de instalações elétricas, não seria necessário a criação destes elementos por parte do projetista estrutural, sendo necessário apenas fazer um link entre os projetos, evitando assim qualquer erro de compatibilização por causa da “cópia” do projeto.

Para a criação dos elementos da parte elétrica foi utilizada a própria família nativa do Revit®. Esta, conta com certas propriedades e restrições quanto a peças, raios de curvatura aceitáveis

para os conduítes, como dimensões padronizadas e etc., entretanto, hoje já há disponível junto as marcas deste tipo de peças, famílias personalizadas com elementos catalogados e contando com propriedades geométricas mais reais, além de campos de propriedades não geométricas. A partir de todos estes refinamentos e criações de novos elementos, é possível desenvolver todo o projeto a nível de modelo BIM, gerando o prédio em 3D, repleto de informações.

É importante salientar, que este processo de criação de família, é feito somente uma vez e todas essas informações e podem ser guardadas para usos futuros em outros projetos. Essas informações são salvas como *template*, e a partir de então, toda vez que o usuário iniciar um novo projeto no Revit poderá simplesmente carregar o seu *template* e já ter todas as suas configurações pré-estabelecidas.

Cabe a cada empresa ou projetista a criação de elementos com propriedades realmente úteis, e com a apresentação gráfica boa o suficiente para não comprometer a facilidade da prática de projetar nem suprimir informações importantes de nenhum elemento. Diferente da disseminação de blocos pré-prontos de desenhos em CAD, as famílias criadas em Revit hoje contam com certo protecionismo por parte das empresas que trabalham com BIM. Isto porque a mão de obra para fazer uma família com refinamentos é grande e define um padrão estilístico de cada empresa ou projetista.

4.4 TRABALHANDO O MODELO

Por este ser um projeto voltado a fins didáticos, foram criadas novas famílias, propriedades e filtros. Na prática, empresas que trabalham com BIM já devem possuir as suas bibliotecas de elementos com todas as informações necessárias para que se faça um bom projeto. Estas informações podem ser acrescentadas ou retiradas das famílias de forma fácil e rápida, sendo assim possível satisfazer eventuais desejos do cliente do projeto.

Todos os filtros e configurações de modelos como cores, espessuras de linhas, forma de visualizar e trabalhar podem ser salvos nos “*templates*” e estes podem ser carregados logo que se abre um novo projeto no Revit®. Uma vez com estes processos bem definidos, a criação de um modelo em BIM de alvenaria estrutural pode ser feita em poucas horas, principalmente se as peças já vierem exportadas do programa de cálculo estrutural. No caso dos edifícios exportados pelo TQS, há alguns problemas a serem resolvidos pelo projetista do BIM, como a

falta de armadura nos pilaretes (o TQS não exporta armaduras no seu modelo 3D), indefinições nas aberturas, compatibilização com projetos como outros projetos, e até amarrações entre blocos. Mas de modo geral, o trabalho consiste em mover e trocar peças.

O trabalho em três dimensões no Revit® é intuitivo e fácil. Entretanto, em projetos de alvenaria, a linha de trabalho pode ser prejudicada devido ao peso dos modelos, que conter muitas entidades. Para isto existem alguns subterfúgios que podem ser usados como a chamada *selection box*¹⁴ (ver figura 12) que permite a visualização de apenas uma parte definida da estrutura o que permite uma edição mais leve do que seria com todas as entidades visíveis na tela. Também pode ser usada a tática de *link* de pavimentos para que não seja necessário trabalhar em um pavimento com os outros ligados. Isso porque, quando adicionamos um link, as entidades destes não contam individualmente, mas como um grupo, de modo que o modelo fica muito mais leve.

4.4.1 Comandos do Revit®

Sendo um software da Autodesk, o Revit® conta com muitos comandos similares aos comandos do Autocad, bem como de outros programas do tipo como os comandos mover, copiar, rotacionar, espelhar e etc. Entretanto, por ser um software BIM, estes comandos muitas vezes podem ser usados de forma versátil.

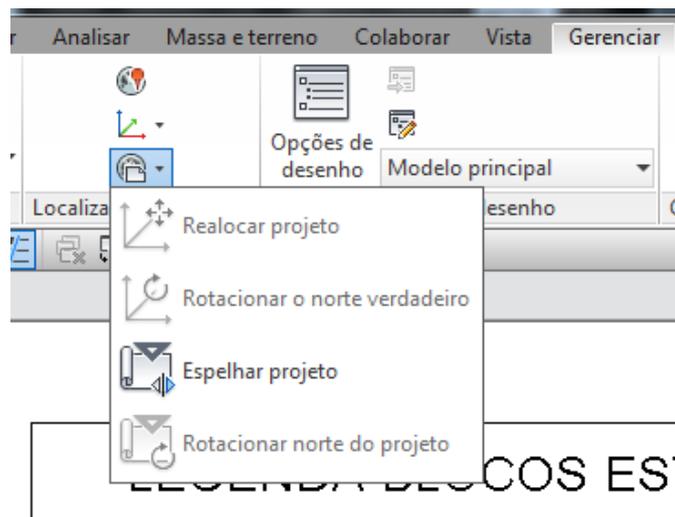
Por exemplo, quando condomínios de alvenaria estrutural são compostos pelo mesmo “tipo” de prédio, mas com espelhamento entre torres (torres iguais, dispostas de forma diferente). Assim apesar de os prédios serem iguais, seus projetos são diferentes, uma vez que são necessários dois jogos de plantas para cada prédio já que as elevações (paginações) precisam ser vistas do sentido certo.

O mesmo se aplica as lajes e vigas pré-moldadas. Neste caso, em um projeto de CAD, em 2D, seria necessário que se acessasse várias plantas (um projeto padrão de alvenaria estrutural pode ter centenas de plantas, quando cada paginação é feita isolada) e uma a uma se deste o comando de espelhar. Um trabalho grande, necessário para que se tenha todas as elevações exigidas por norma, mas improdutivo.

¹⁴ Caixa de seleção que engloba apenas uma porção dos elementos do modelo.

Com o software Revit®, onde todas as vistas e plantas estão associadas ao modelo 3D, é possível espelhar o projeto como um todo (figura 18). O espelhamento pode ser realizado tanto nos eixos norte-sul, Leste-Oeste, sudeste-nordeste e noroeste-sudoeste. Este comando faz com que todas as vistas e cortes sejam espelhadas automaticamente, restando ao projetista o trabalho de ajustes de números e nomes nos selos das plantas.

Figura 18 - Comandos de espelhamento e rotação de projeto



(Fonte: Autodesk, 2016)

Além deste exemplo, ainda é possível fazer coisas muito trabalhosas de forma muito rápida, como selecionar todas as barras de aço dos pilaretes que tenham um tamanho x, e deixar todas elas com um tamanho y. Pode-se definir que toda uma fiada da edificação vai ser composta de blocos canaleta, simplesmente selecionando todos os blocos padrão daquela altura, e mandar o programa trocar por blocos calha de mesmo tamanho.

O Revit® ainda possui filtros de seleção que permitem que sejam selecionadas apenas as entidades de cada tipo que o projetista esteja querendo de forma rápida. Além disso, em programas BIM, pode-se facilmente esconder e exibir diferentes elementos ou categorias de elementos no modelo a fim de filtrar de forma rápida o que queremos mover, copiar ou substituir.

Outro tipo de comando do Revit®, é o modo livre de criação, onde, caso seja necessário, o usuário do Revit® pode criar elementos de forma totalmente livre, por meio dos comandos de extrusão. Tal prática não é recomendada para elementos comuns, uma vez que ao fazer um sólido de geometria específica se torna impossível o uso de muitos comandos e facilidades do programa, mas é muito útil principalmente para o detalhamento de peças com detalhes arquitetônicos singulares.

5 TRANSFORMANDO O MODELO EM PROJETO

Mesmo que um modelo BIM tenha potencial de ser um elemento completo em termos de informação para projetistas, investidores, orçamentistas e planejadores de obra, ainda há dificuldade quanto à aplicação deste tipo de modelo na execução das obras. Apesar das facilidades de visualização dos modelos ajudarem o engenheiro da obra de várias formas, para que os operários consigam realizar as suas atividades, ainda há a necessidade de documentos plotados em papel com informações claras, indicações, dimensões, além de detalhes construtivos¹⁵ que não podem ser visualizados em uma maquete virtual.

Como descrito no item anterior, o processo de criação do modelo de um prédio de alvenaria estrutural pode ser algo muito rápido, entretanto, a dificuldade do processo apresentado se dá no detalhamento em duas dimensões. Isso porque, muitas vezes, o Revit® não oferece a mesma praticidade que os *softwares* da linha CAD neste tipo de detalhamento.

Usualmente, em um projeto de alvenaria estrutural contém alguns tipos específicos de plantas como: plantas de fundações, modulação de primeira fiada, plantas baixas dos pavimentos, detalhamento de lajes, vigas, escadas, elevações de paredes e etc. Nos próximos itens serão descritos como estas plantas são extraídas do modelo BIM.

5.1 MODULAÇÃO¹⁶ DE ALVENARIAS DE PRIMEIRA FIADA

Para a criação das plantas de alvenaria de modulação de primeira fiada, é necessário que se peça uma *view*¹⁷ (um novo desenho). Para isto, é necessário ir no campo *view* do Revit®, apresentado na figura 19, e pedir um plano da estrutura. Isto criará um corte horizontal no pavimento o qual o usuário necessita. A partir deste plano, associado à um pavimento,

¹⁵ Detalhes que explicam como deve ser feita a execução de uma estrutura específica, não são necessariamente informações gráficas.

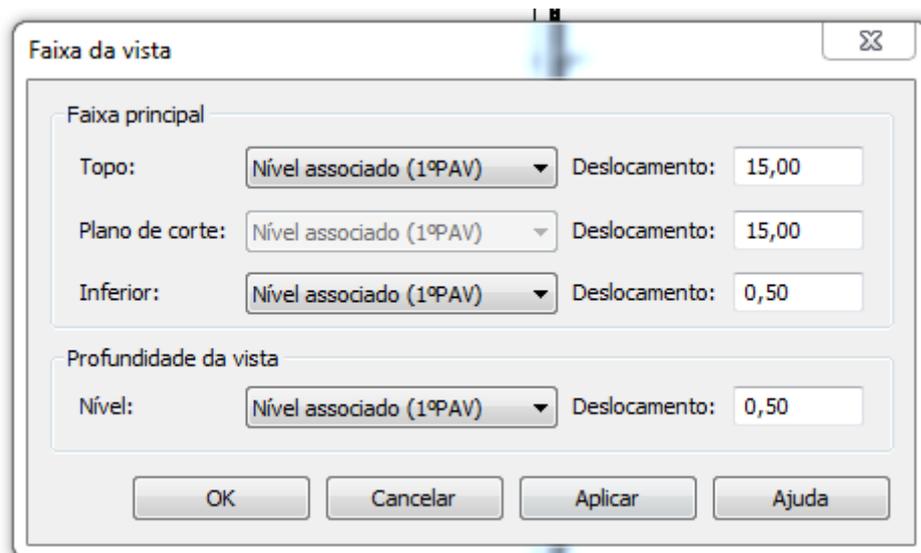
¹⁶ O termo modulação teoricamente se refere a uma estrutura modular perfeita (no caso, sem o uso de bolachas ou blocos especiais). Outra opção possível paginação, entretanto, como é senso comum chamar a planta de primeira fiada de modulação e as elevações de paginação, optou-se neste trabalho por manter a linguagem coloquial.

¹⁷ *View* se refere a um plano de trabalho, ou plano de desenho.

podemos definir uma *view range*¹⁸, que determinará exatamente aonde passará o plano de corte e a profundidade do mesmo.

Nesta planta é preciso que se mostre apenas a primeira fiada dos blocos, de modo que quem executa a obra saiba exatamente a ordem dos blocos desta fiada mestra. Outra função desta planta é informar onde estarão os pontos de grauteamento da estrutura. Para que esses requisitos sejam atendidos, usou-se altura de plano de corte a 15 cm do nível do pavimento, com uma profundidade de 10 cm, assim, na planta de modulação não aparecerão interferências nem com a segunda fiada da alvenaria, nem com as vigas ou lajes imediatamente abaixo das paredes. Caso necessário mostrar vigas e lajes, basta aumentar a profundidade da *view range*.

Figura 19 - Quadro da regulagem da faixa de vista



(Fonte: Autodesk, 2016)

Uma vez criada essa *view*, é necessário que sejam aplicadas a elas as propriedades desejadas, como por exemplo: linhas de bloco devem ter uma espessura considerada média, os elementos em corte nos grauteamentos deverão ser representados hachurados, as linhas de cota devem ser em pena fina e etc. Todos esses elementos formam o padrão de trabalho do projetista.

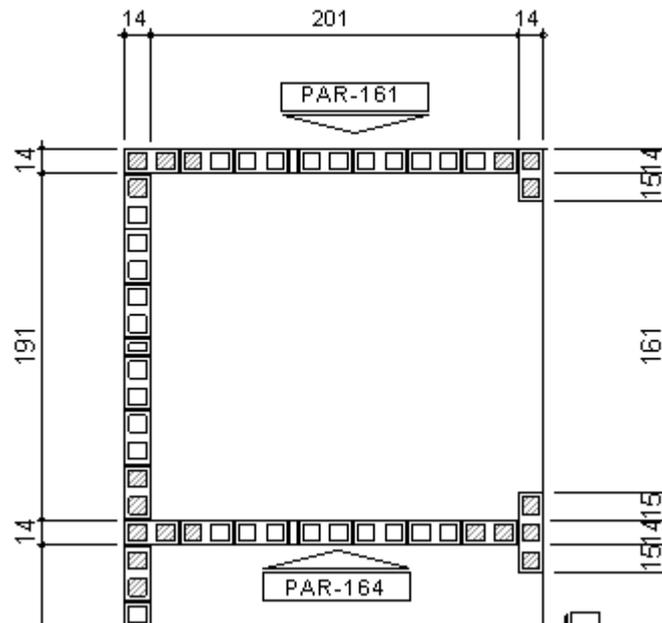
¹⁸ Faixa de vista, na versão em português do Revit 2016.

Além desses detalhes estéticos é preciso que se regule a escala do desenho, que pode ser facilmente feita no Revit®, diferente de alguns softwares. Muitas outras configurações estilísticas quanto à confecção das plantas de modulação podem ser alteradas como o usuário desejar e todas essas alterações podem ser salvas no *template* do projeto, e assim serem automaticamente carregadas toda vez que o projetista atribuir à *view* a qualidade de planta de modulação (ver modelo de modulação na figura 20).

Uma vez com as propriedades gráficas de desenho definidas, outro trabalho necessário nas plantas de modulação é a cotagem da estrutura, de modo que todas as medidas necessárias para a marcação das paredes sejam obtidas por quem lê a planta. Além disso, outras marcações são importantes, como posição de juntas de trabalho, juntas de dilatação, indicações de projeto elétrico, dentre outros elementos que fogem dos projetos usuais.

Para facilitar a extração de informação e conferências, neste projeto foram lançados elementos construtivos para demarcar portas e janelas. Entretanto, antes desse passo, é necessário que o usuário crie uma configuração de *tags*, de modo que o programa entenda como deve ser feita a marcação dos elementos, para isso, é preciso que se crie uma família de etiquetas. Muitas outras *tags* também podem ser adicionadas em outros elementos deste mesmo modo, entretanto, no estudo, este recurso foi usado apenas para portas e janelas na planta de modulação.

Figura 20 - Exemplo de representação de uma planta de modulação da primeira fiada



(Fonte: Autor)

5.2 PLANTA DE FUNDAÇÕES E PLANTA BAIXA

Para a planta baixa, o sistema será parecido com o de modulações, basta que se peça um plano da estrutura, mas com uma faixa de vista e propriedades de *template* diferentes. A faixa de vista adotada será imediatamente acima da laje do topo do pavimento, com a profundidade imediatamente maior que a viga mais alta. Além disso, para que não apareçam blocos de alvenaria nessa planta, é necessário que sejam escondidos os blocos, os pontos de grauteamento e etc.

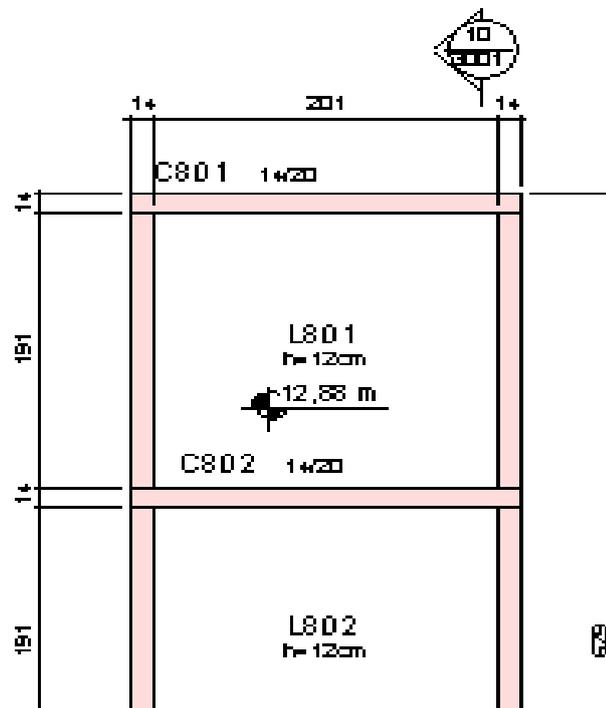
Para o *template*, foram escolhidas espessura de linha grossa para a representação de vigas e lajes. Os apoios das lajes, vigas e as paredes foram manualmente representadas com hachura vermelha (figura 21).

Na planta baixa é desejável que sejam cotados os elementos de viga e laje de modo que os mesmos possam ser corretamente montados em obra. Além disso, é preciso que nesta planta os elementos sejam corretamente identificados para que ao ler uma planta de armaduras, o engenheiro da obra saiba a qual elemento se refere o detalhamento que está seguindo.

Ainda, deverão ser representados hachurados, rebaixos que possam ocorrer no pavimento ou qualquer outra mudança de nível ou inclinações. No caso das vigas, é necessário que sejam mostrados os nomes das vigas, bem como suas seções a cada troca de seção das mesmas. Os nomes das vigas e lajes, bem como suas informações podem ser colocadas automaticamente com o comando *tag all*¹⁹, buscando as informações correspondentes a cada elemento nas suas propriedades não geométricas. No caso das vigas, os seus nomes são buscados na propriedade criada chamada de *Mark*²⁰, já a informação das dimensões da seção da viga é um propriedade buscada na própria família destes elementos.

É de costume que fiquem junto à planta baixa alguns cortes da estrutura, mostrando os detalhes de lajes e vigas. Estes podem ser facilmente extraídos na própria planta baixa com o uso da ferramenta de corte automático no Revit®. Cada corte destes é uma *view* separada da planta baixa, por isso também pode-se atribuir a elas diferentes propriedades como informações de penas, detalhamentos e cotas, e etc.

Figura 21 - Representação da planta baixa do estudo de caso



(Fonte: Autor)

¹⁹ Ou Identificar todos, na versão em português do Revit 2016.

²⁰ Propriedade não geométrica usada para nomear elementos.

5.3 PLANTA DE ELEVAÇÃO DE ALVENARIAS

Uma planta de elevação de alvenarias consiste em uma representação gráfica em vista de cada parede a ser construída. No padrão escolhido para o estudo, foram marcados os pontos de grauteamento, eventuais furos ou vigas que transpassam as paredes, marcou-se as instalações elétricas e indicou-se o tamanho e diâmetro de cada barra de aço. Foram feitas, também, duas pequenas plantas baixas representando a primeira e segunda fiadas das paredes. Toda a planta de elevação recebeu no seu selo a marcação de sua localização no prédio em um croqui esquemático.

O modelo de elevação de alvenarias adotado foi o de vistas individuais das paredes, separadas por plantas também individuais. Este método gera uma grande quantidade de vistas e plantas a serem criadas. Outro método seria fazer grandes vistas por eixos e representar várias paredes na mesma prancha.

Para a criação das elevações propriamente ditas, na planta de modulação, adiciona-se uma a uma com o comando *Elevation*²¹. Este comando traz uma indicação de vista a ser posicionada em frente a parede a ser visualizada. Assim, o programa não só criará a representação de cada parede (em uma diferente *view*), mas também adicionará uma simbologia na modulação que permitirá a regulagem das *views* quanto à altura, largura, ponto de corte e profundidade. Cada uma dessas propriedades deve ser arrumada de modo a se ter a melhor forma de visualizar a parede. Repetimos este processo para todas as paredes.

Para a criação das plantas baixas de primeira e segunda fiada, foi escolhido o método de criação de planta estrutural (*structural plan*) similares aos utilizados nas plantas de modulação e planta baixa. Para a primeira fiada a faixa de vista foi criada em um plano horizontal a quinze centímetros do nível do pavimento com uma profundidade de dez centímetros. Já para visualizar a segunda fiada, a faixa de vista adotada foi a trinta e cinco centímetros de altura, com os mesmos dez centímetros de profundidade. Assim, cada uma das fiadas terá uma visualização apenas dos blocos que as integram.

Na criação dos croquis esquemáticos, usou-se a categoria “*legend*” do Revit®. Essa categoria é muito utilizada para quando se precisa fazer um desenho em duas dimensões, desassociado

²¹ Ou elevação, na versão em português do Revit 2016. Este comando cria uma vista vertical que é usada para representar um lado da parede visada.

ao modelo. Para a criação de cada croqui, foi feito uma cerca do contorno das paredes do prédio em planta baixa.

A montagem das plantas de elevação é o trabalho de juntar todos os elementos descritos anteriormente a uma planta no Revit®. Para isto, basta apenas arrastar desenho por desenho para dentro da planta a ser montada. Todo o processo de montagem das plantas de paginação de um prédio pode ser muito demorado. Apesar de os modelos de CAD já terem este problema de criação de elevações de forma artesanal, este método de montagem de plantas de elevação no Revit® ainda há maior tempo gasto em relação aos softwares CAD.

Apesar da dificuldade de fazer todos estes passos para a montagem dessas plantas, o usuário tem a total confiança de o que está sendo representado em duas dimensões está bem situado quanto à compatibilização com as demais partes da edificação, tanto quanto com as instalações que nela são representadas. Algo muito diferente do desenho de elevações em CAD, onde é muito complicado de se ter todos os desenhos compatibilizados quando há chegadas de vigas, localização de furos, pontos elétricos e até mesmo por vezes se encontra incompatibilidades entre as fiadas representadas e a própria elevação.

Como medida de redução do tempo de projeto, o Revit® conta com recursos que podem agilizar muito este processo de montagem de plantas e criação de vistas. Estes recursos são macros, que podem ser criadas com a programação clássica, ou programação visual em aplicativos como o Dynamo²², que pode ser adicionado ao Revit®.

Na utilização deste tipo de programa, foi possível montar as pranchas de elevação – como as da figura 22 - em um tempo pequeno. O uso deste tipo de recurso faz com que o Revit® seja mais competitivo em termos de agilidade ao projetar alvenarias. A programação com aditivos em programas BIM não é tema deste trabalho, mas é importante que se exponha algumas formas de suprir as deficiências dessa plataforma, que muitas vezes não atende de forma satisfatória a criação de documentos em duas dimensões.

²² O Dynamo é uma interface de programação gráfica que permite personalizar seu fluxo de trabalho de informações de construção. (Autodesk, 2016)

Para a criação dos detalhes construtivos, usam-se as categorias de *legend*²⁴, ou *drafting view*²⁵, que permitem a criação de desenhos em dimensões com todas as possibilidades de estilos de linhas que um programa da linha CAD ofereceria. Dentre as diferenças entre *legend* e *drafting view* são que uma permite que sejam alocados o desenho em mais de uma planta, já a outra não. Além disso as *legends* não podem ser levadas de forma simples de um projeto para outro, já as *drafting views* podem ser levadas de forma simples.

Para a criação das tabelas de quantitativos, basta que se use a função *schedule*²⁶ do Revit®, a partir desta e usando todas as propriedades não geométricas dos materiais, criadas na concepção das famílias, pode-se fazer uma tabela contendo várias diferentes informações.

²⁴ Legenda, na versão em português do Revit 2016. As vistas de legenda listam os componentes de modelo e anotações utilizados em um projeto. (Autodesk, 2016)

²⁵ Vista de desenhos, na versão em português do Revit 2016. A Vista de desenho não é associada com um modelo específico. Ela pode ser utilizada em vários modelos. Nestas vistas o usuário pode criar detalhes em diferentes escalas.

²⁶ Tabela na versão em português do Revit. Funcionalidade que permite que sejam quantificados e filtrados elementos e organizados em uma planilha.

Quadro 2 – Exemplo de tabela automática de quantitativos

<ALVENARIA - BLOCOS>		
A	B	C
SIM Grupo	COMPONENTE	QUANT.
2 PAVIMENTO	BLOCO CERAMICO-14x04	723
2 PAVIMENTO	BLOCO CERAMICO-14x09	109
2 PAVIMENTO	BLOCO CERAMICO-14x14	200
2 PAVIMENTO	BLOCO CERAMICO-14x19	149
2 PAVIMENTO	BLOCO CERAMICO-14x29	12779
2 PAVIMENTO	BLOCO CERAMICO-14x44	534
2 PAVIMENTO	CALHA CERAMICA-14x04	65
2 PAVIMENTO	CALHA CERAMICA-14x09	20
2 PAVIMENTO	CALHA CERAMICA-14x14	113
2 PAVIMENTO	CALHA CERAMICA-14x29	1827
SUB TELHADO	BLOCO CERAMICO-14x04	231
SUB TELHADO	BLOCO CERAMICO-14x09	76
SUB TELHADO	BLOCO CERAMICO-14x14	135
SUB TELHADO	BLOCO CERAMICO-14x19	90
SUB TELHADO	BLOCO CERAMICO-14x29	3825
SUB TELHADO	BLOCO CERAMICO-14x44	291
SUB TELHADO	CALHA CERAMICA-14x04	12
SUB TELHADO	CALHA CERAMICA-14x09	4
SUB TELHADO	CALHA CERAMICA-14x14	19
SUB TELHADO	CALHA CERAMICA-14x29	139
TERREO	BLOCO CERAMICO-14x04	745
TERREO	BLOCO CERAMICO-14x09	114
TERREO	BLOCO CERAMICO-14x14	202
TERREO	BLOCO CERAMICO-14x19	159
TERREO	BLOCO CERAMICO-14x29	12783
TERREO	BLOCO CERAMICO-14x44	527
TERREO	CALHA CERAMICA-14x04	67
TERREO	CALHA CERAMICA-14x09	26
TERREO	CALHA CERAMICA-14x14	119
TERREO	CALHA CERAMICA-14x29	1878

(Fonte: Autor)

6 RESULTADOS

Neste trabalho, buscou-se criar uma metodologia de projeto de um prédio de alvenaria estrutural em BIM. Inevitavelmente, frente a mudanças de metodologia de trabalho, há a necessidade de fazer comparações entre o projeto no Revit e os métodos tradicionais em CAD. Tais comparações podem ser muito úteis para os projetistas, principalmente para que se consiga valorar um projeto em BIM frente a um projeto concebido no modelo tradicional. Nos itens seguintes, serão apresentadas as facilidades, dificuldades, ganhos e perdas entre diferentes metodologias de trabalho encontradas neste estudo de caso, buscando sempre apresentar o lado de quem projeta, mas também levantando os benefícios para quem recebe o projeto.

6.1 ALGUMAS DIFICULDADES AO PROJETAR EM REVIT

6.1.1 Falta de mão-de-obra qualificada para usar os programas

Por ser um modelo de trabalho relativamente novo no Brasil, o BIM ainda precisa ser melhor compreendido por quem o utiliza para projetar e para extrair informações. Muitas vezes, ao longo do trabalho, houve situações onde o programa não respondia da forma esperada, ou que simplesmente não conseguia fazer algo que era preciso. Por isso, recorreu-se a fóruns na internet, geralmente com informações na língua inglesa. Essas dificuldades podem se tornar um problema para os projetistas, ou para alguém que busca inovar no BIM.

Também foi observado, que um usuário do Revit pode realizar a mesma tarefa em tempos completamente distintos, ou seja, usuários experientes do programa conseguirão eliminar processos e personalizar o ambiente do modelo, de modo que façam as atividades mais rápido. Apesar de o ganho de experiência facilitar o trabalho em todos os campos de estudo, no fluxo de trabalho do Revit essa característica é mais intensa, por isso deve ser comentada.

Este fato se deve a grande complexidade que existe nos softwares BIM. Enquanto nos softwares CAD a preocupação do usuário é aprender como criar linhas, o projetista em BIM deve se preocupar em como os elementos serão representados, como podem ser filtrados, nomeados, localizados, quantificados, o que pode ser extraído dos mesmos, etc. Além disso, em softwares de desenho há poucos caminhos para se chegar a um destino, enquanto o Revit

apresenta grande gama de opções, o que faz com que o usuário acredite estar fazendo um processo da forma mais rápida, mesmo quando ainda há formas muito mais eficientes de executar a mesma tarefa com as funções básicas do programa.

6.1.2 Limitação de *hardware*

Um dos limitantes mais preponderantes ao se projetar alvenaria estrutural em BIM é a do *hardware*. Isto se deve também pelo tipo de método escolhido para ser trabalhado no estudo de caso, onde foram feitos no estudo elementos individuais de todas as disciplinas, o que tornou o modelo muito carregado já que a quantidade de elementos é diretamente relacionada com a facilidade de processamento do computador frente ao *software*.

Observou-se grande dificuldade na manipulação do modelo 3D. Quando necessário trabalhar visualizando todos os elementos ao mesmo tempo. Apesar de haver alguns paliativos para este problema, como agrupar grande quantidade de elementos, ou separar partes do modelo e depois anexá-los um ao outro, nenhum dos métodos é realmente eficaz, ou não apresenta perdas na manipulação do modelo pelo projetista.

O problema de *hardware* se torna um grande inconveniente quando há a necessidade de mostrar o modelo para alguém, porque em reuniões ou apresentações as pessoas geralmente sentem a necessidade de olhar para o todo do empreendimento, o que muitas vezes pode ser demorado e improdutivo com o uso de máquinas sem a potência necessária para tal. Para a solução neste caso, é possível a utilização de softwares e plataformas de visualização de modelos BIM (como BIMsight, Solibri Model Viewer, Autodesk A360), onde é possível tornar o modelo mais leve inibindo a possibilidade de edição do mesmo.

6.1.3 Dificuldade na modelagem em 2D

Embora o Revit prometa vistas, cortes e planos extraídos a partir do modelo de forma rápida e fácil, todos os detalhamentos a serem acrescentados nos desenhos gerados por estes elementos não são tão fáceis quanto os detalhamentos em softwares da linha CAD. Embora o Revit seja do mesmo criador do programa Autocad, ele se mostra muito mais complicado em relação à refinamentos e duas dimensões.

Além disto, uma vez que um desenho é refinado e que todos os acabamentos são dados a ele, este não necessariamente estará pronto para envio em prancha, isto porque alterações no modelo geram modificações indesejadas nos detalhamentos 2D, como a perda de elementos de cotagem, etiquetação e etc. Esse é um dos principais problemas do *software* e faz com que o usuário precise retrabalhar os refinamentos em prancha antes de manda-las para um cliente.

Também, toda vez que um corte é feito no modelo, a indicação deste aparecerá automaticamente em todas as pranchas do projeto apesar de nem sempre ser necessária. E quando o usuário não quer que estas indicações de cortes apareçam em lugares onde não devem, ele deve escondê-las, o que pode ser bastante trabalhoso em projetos com muitas pranchas.

6.1.4 Inteligência artificial do Revit

O Revit é um programa que guarda informações do usuário, ou seja, ele tende a fazer por conta própria coisas que o usuário costuma fazer. Por vezes, ao longo do estudo de caso, houveram decisões do programa que não foram solicitadas, como a união (*join*) entre blocos, ou corte em blocos que não deveriam ter sido dados. Isso, junto com o fato de o Revit apagar alguns refinamentos gráficos feitos, gera no usuário um desconforto e falta de confiança no que está sendo projetado.

6.1.5 Flexibilidade das regras das categorias

Cada categoria do Revit tem um conjunto de regras pré-determinadas, o que pode ser muito bom, mas também pode se tornar um problema ao detalhar elementos que devem fugir da geometria comum, ou da regra padrão do software.

Um exemplo disso acontece com o comando de escadas, onde foi possível lançar uma escada comum, com lance, patamar e lance. Quando necessário que fosse lançada uma escada atípica com um degrau no meio do patamar o comando simplesmente não pôde ser usado, já que a escada não se enquadra no padrão pré-estabelecido. Por causa desse problema, foi necessário usar o modo de detalhamento livre em uma família genérica, um artifício geralmente usado quando há a necessidade de detalhar um elemento não usual. Tal necessidade resultou em uma perda de tempo além de uma necessidade de aprender uma nova função do software utilizado.

6.1.6 Emissão de pranchas

Uma das dificuldades encontradas na emissão de pranchas no Revit é a exportação de arquivos para determinados formatos. Por exemplo, o Revit não exporta pranchas em PDF, apenas imprime neste formato e, para isto, há a necessidade de ser instalada no computador uma impressora de PDF.

Para exportar e imprimir PDFs de forma correta é necessário que se escolha um tamanho de papel. E isso é o problema, já que em vários casos, como neste estudo, o tamanho das pranchas varia individualmente. Sendo assim, em projetos com grande número de pranchas, como um projeto de alvenaria, exportar pranchas uma a uma, ou em grupos de pranchas com o mesmo tamanho pode ser bem demorado, principalmente sem uma padronização dos tamanhos de folhas a serem usadas. Um ponto negativo do Revit já que outros softwares no mercado, como o CAD do TQS leem o tamanho da prancha e exportam ela em PDF automaticamente.

6.1.7 Criação de pranchas de elevação

Ao criar pranchas de elevação de alvenaria no projeto, é necessário que sejam criadas várias vistas das diferentes paredes, várias plantas baixas de primeira fiada referentes às paredes, várias plantas baixas de segunda fiada referentes às paredes, croquis esquemáticos referentes à cada parede, etc. Trazer todos estes elementos para um ambiente de folha (similar ao *layout* no AutoCad) e repetir este processo para centenas de plantas pode ser muito demorado em projetos de alvenaria. Apesar do problema, o programa não dá muitas alternativas para que o usuário solucione isso.

A solução adotada nesse estudo foi a criação de uma rotina no aplicativo Dynamo que permitiu que fosse possível montar as plantas de alvenaria de forma automática, pré-definindo coordenadas para cada tipo de *view*, informando, assim onde cada uma deveria ser alocada.

6.1.8 Visualização por parte dos clientes

Os projetos BIM, diferente dos projetos em CAD têm muito mais “a cara” de quem projetou, por isto, quando alguém diferente do criador do modelo BIM decide usá-lo, há todo um trabalho de ambientação a ser feito. Este problema se associa muito com trabalhos desenvolvidos em planilhas de Excel, onde há a necessidade de primeiro entender como os

processos foram pensados para que depois possam ser feitas as alterações no modelo de forma correta. Como isso pode gerar um problema para os escritórios de projetos, há a necessidade de adotar padrões de trabalho.

6.2 ALGUMAS FACILIDADES AO PROJETAR EM REVIT

6.2.1 Facilidade de compatibilização entre elementos do projeto:

Diferente de um desenho 2D, editar uma parede no Revit é muito mais fácil do que abrir diferentes desenhos, paredes e modulação para a compatibilização, pois ao arrumar no modelo há a certeza de que todas as vistas e planos serão alteradas e compatibilizadas. O mesmo serve para vigas e lajes modificadas, sempre que um elemento é modificado, o projetista modifica o mesmo elemento em vários lugares. Isto diminui bastante o tempo de conferência entre desenhos e aumenta coerência entre diferentes vistas do mesmo elemento em plantas diferentes.

6.2.2 Alterações de pé direito feitas facilmente

Uma das piores coisas que podem acontecer para um projeto de alvenaria é uma decisão de alteração de pé direito, porque isso resulta em uma alteração que atinge centenas de pranchas. Apesar disso, alterações desse tipo são recorrentes em fase de projeto. Com o Revit essa alteração é feita apenas modificando os níveis de um pavimento e então automaticamente todos os elementos associados aos pavimentos vão acompanhar a modificação, no caso da alvenaria, basta que se copie uma fiada (par ou ímpar) e se adicione uma similar ou subtraia a mesma do projeto.

De modo geral, alterações massivas são mais rápidas de serem feitas em softwares BIM do que em projetos feitos em plataforma CAD.

6.2.3 Facilidade no levantamento quantitativos

Dentre as facilidades mais comentadas do BIM, há o fácil levantamento de materiais. Um processo que muitas vezes demora muito ao trabalhar com elementos em CAD e planilhas de Excel. Ao usar um software BIM os elementos são automaticamente quantificados nas planilhas do usuário, além disso, estas tabelas podem ser levadas para as plantas do projeto

facilitando o trabalho, conferindo maior confiabilidade aos quantitativos e tornando as pranchas mais completas.

Outra vantagem surge quando observamos que o tempo médio para a criação de um modelo em Revit (modelo, não pranchas) é mais rápido do que a criação do projeto em softwares CAD (que não possuem o modelo em 3D). Sendo assim, há a possibilidade de os projetistas fornecerem rapidamente levantamentos de quantitativos precisos em tempos muito mais curtos do que em projetos convencionais onde haveria a necessidade de efetivamente serem detalhados todos os elementos em pranchas para se ter quantidades.

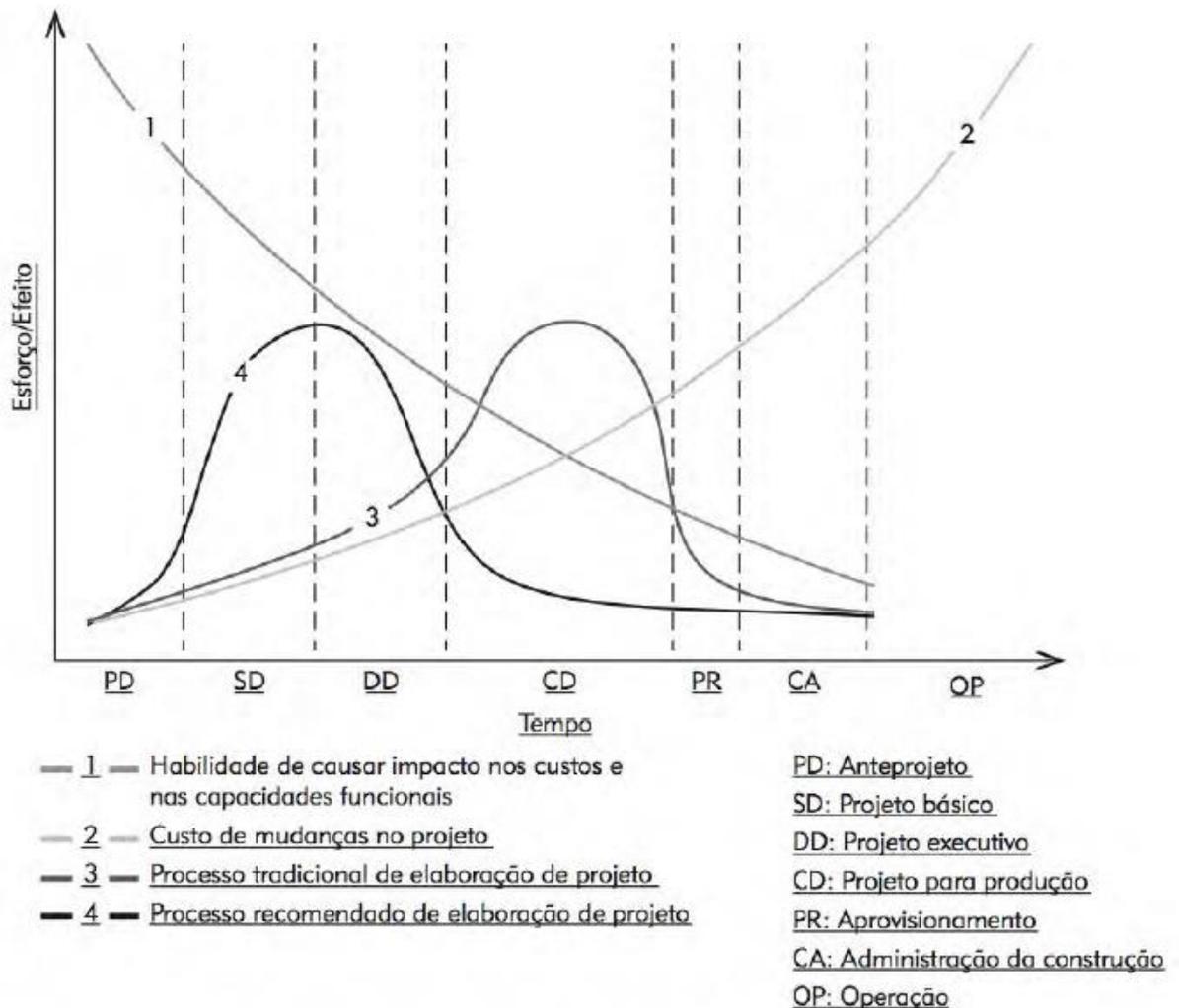
6.2.4 Recuo da curva valor agregado e custo de mudanças

O fluxo de trabalho em BIM faz com que as decisões dos projetos possam ser tomadas mais cedo, isso porque as incompatibilidades são facilmente enxergadas nas fases iniciais dos projetos e ao longo da criação do modelo. Muitas vezes, no sistema convencional em CAD, os projetistas deixam a sua documentação em fase executiva para que só aí seja feito o trabalho de compatibilização entre disciplinas, o que gera retrabalhos que muitas vezes podem até mesmo atrasar o fluxo da construção.

Este problema não é fruto apenas do método de projeto empregado pelos projetistas (BIM ou CAD), mas um fator cultural no mercado brasileiro. A tecnologia BIM pode ser uma aliada para amenizar esse problema e facilitar o fluxo de projetos, e execução das obras. O modelo idealizado pode ser encontrado na figura 23, que ilustra o relacionamento entre o esforço de projeto e tempo. Nesta vemos na curva 1, que a capacidade de causar impactos no custo da construção vai caindo com o tempo. Já na curva 2, vemos a curva de custos com alterações com projetos, que aumentam ao longo do tempo. Isso mostra que quanto antes o projeto for pensado, melhor será para o empreendimento.

A curva 3 representa como costumam ser os fluxos de projeto, onde grande parte do trabalho dos projetistas é realizado muito perto, ou até mesmo em paralelo com a construção. A curva 4 apresenta que o processo ideal seria a concentração de esforço na fase de projeto básico executivo.

Figura 23 - Valor agregado e custo de mudanças e distribuição de compensação atual em serviços de projeto



(Fonte: Eastman et al. 2011)

6.3 CUSTOS DO PROJETO

Ao longo deste estudo de caso, procurou-se levantar dados suficientes para determinar o custo de um projeto em BIM frente ao que já é cobrado por projetos em CAD. Uma tarefa muito complexa, uma vez que os métodos geram resultados muito diferentes. Além disso, os valores de projetos estruturais tendem a mudar muito por causa de métodos construtivos adotados os graus de detalhamento acordados, graus que não podem ser comparados entre um projeto em

Bim frente a um projeto em CAD, já que o segundo tem uma limitação de informações frente ao primeiro.

Outro fator interessante, é dentro de escritórios de cálculo estrutural, geralmente, há diferenciação entre engenheiros, que fazem o trabalho do cálculo das edificações, e os desenhistas (ou projetistas), que detalham (desenham) as pranchas. O custo de projeto é então dividido entre estas duas categorias com pesos diferentes em termos de custos.

O BIM é uma metodologia que envolve grande tempo de desenhistas e pouco desenvolvimento de cálculo, já que trata muito de detalhamento gráfico. Como de modo geral, os desenhistas tendem a representar um custo menor, dentro do custo total dos projetos, por isso alterações em tempo de detalhamento tendem a ser menos sensíveis.

No caso dos projetos de alvenaria estrutural, o trabalho em horas de um desenhista também tende a ser maior do que o tempo de trabalho de um engenheiro já que estes projetos têm muita documentação e uma quantidade reduzida de elementos estruturais a serem calculados. Segundo a empresa de projetos originalmente encarregada pelo projeto do edifício estudado, o tempo médio de desenhista para o projeto de uma parede de alvenaria detalhada, compatibilizada e em prancha fica em torno de 40 minutos para paredes novas e 10 minutos para paredes espelhadas. Sendo assim, em um prédio de 50 paredes, sendo 25 novas e 25 espelhadas (prédios de alvenaria estrutural geralmente contam com simetria) totalizaria em torno de 21 horas de custo médio de desenho.

Observou-se, no estudo, um custo médio maior em horas, entre 1,5 à 2 vezes, em relação ao tempo médio informado pela empresa. Esse tempo foi encontrado fazendo uso dos artifícios descritos a fim de facilitar o andamento do projeto. De modo geral, nos levantamentos feitos, chegou-se à conclusão que o trabalho em Revit pode ser mais demorado. Entretanto, deve-se considerar que este projeto foi tratado como projeto piloto, não foram aproveitados todos os benefícios de ter uma padronização, *templates* e famílias pré-configurados como seria a linha de trabalho em escritórios de cálculo estrutural.

Um dos fatores que colaboram para o gasto de tempo no uso dos modelos BIM está na necessidade de detalhar maior quantidade de elementos do que em um projeto em CAD. Isto se deve a alguns artifícios dos desenhos em CAD onde se faz o detalhamento de apenas uma parede e se diz que está serve para todas as paredes similares a ela, enquanto no Revit, fica

muito difícil de fazer algo similar porque é necessário deixar todas as paredes do edifício corretamente detalhadas, já que ao abrir o modelo 3D há a possibilidade de o cliente olhar qualquer uma das paredes

Também é relevante no tempo extra de trabalho do Revit a dificuldade da montagem de plantas no programa. Muitas vezes parece que os programas BIM não foram pensados para gerar grande quantidade de pranchas já que o usuário se depara com a necessidade de muitas atividades para montar e detalhar cada um dos seus desenhos. Tempo que muitas vezes supera o tempo de gerar o próprio modelo.

Dentre as soluções para o problema de tempo extras estão possibilidade de reduzir o detalhamento das peças em plantas, confiando, assim, que o modelo poderá sanar eventuais dúvidas, mas essa prática é muito pouco recomendada. Outra solução é avançar no campo da programação no Revit por meio de programas como o Dynamo de programação visual e outros processos para buscar maior velocidade.

Apesar do apresentado, é importante destacar que - como descrito nos capítulos anteriores - um projeto em BIM é mais completo graficamente do que um projeto em duas dimensões, tem mais utilidades, informações não gráficas e conseqüentemente maior valor agregado. A comparação entre o tempo de projeto é necessária, entretanto, para que se tenha uma justificativa para o aumento de custo e conseqüentemente do preço desse produto, uma vez que se admita que o mesmo substituirá o método de projeto em CAD.

Para um projetista, o tempo gasto com o projeto é custo de produção, já que não existem insumos e o projeto pode ser associado mais a um serviço. Por isto, o tempo de trabalho pode impactar diretamente no preço final que o contratante pagará pelo projeto BIM, por isso essa questão deve ser analisada mais a fundo. Hoje, já existem empresas no Rio Grande do Sul trabalhando no serviço de transformar projetos de CAD para projetos em BIM, o que reforça a ideia de que se um projetista criar um projeto em BIM na origem agregará mais valor ao produto.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho foi possível verificar parte do potencial do uso de ferramentas do programa Revit, da Autodesk, um programa que explora o BIM e está sendo comumente usado em projetos deste tipo no estado do Rio Grande do Sul. Apesar de o tema deste trabalho ser algo muito específico ao tratar de como é possível fazer um projeto de Revit ser competitivo, buscou-se embasamento nas bibliografias disponíveis sobre o tema. Apesar do estudo de caso envolvendo um projeto estrutural de edificação em BIM ser trabalhoso, este trabalho pode ser proveitoso a quem, como projetista, está começando a trabalhar com a tecnologia.

No capítulo sobre o BIM, procurou-se explicar alguns dos benefícios que envolvem esta metodologia de trabalho bem como todas as possíveis inovações que certamente surgirão uma vez que se solidifique e qualifique os projetos do tipo. Entende-se que há a necessidade de melhores regulamentações quanto à padronização de projetos em BIM, e que ainda há muito o que se avançar quanto a interação entre *softwares* de cálculo de estruturas e os *softwares* BIM. Muitas vezes há a impressão que o trabalho poderia ser mais fácil se de alguma forma as análises se adaptassem mais a essa nova ferramenta.

Os projetos em BIM estão tomando o mercado da construção, entretanto ainda há dificuldade de encontrar projetos em *Building Information Modeling* que possam ser facilmente usados para a extração de dados como levantamentos de custos com qualidade, com a possibilidade do uso de um *clash detection* eficiente ou uma estrutura que permita um controle do que está sendo executado em obra de modo que seja possível aproveitar o modelo como *as built*.

Como este modelo é novo no nosso mercado, é compreensível que os clientes de projetos em BIM não saibam o que esperar exatamente do projeto que adquirem na nova plataforma. Para cada necessidade do cliente, ou do empreendimento, há a necessidade de que o projetista apresente as possibilidades dos projetos BIM, deixando a cargo a escolha dos usos necessário aos quais o modelo deverá atender.

Muitos apostam que em um futuro os modelos em BIM substituirão as plantas impressas nos canteiros de obra, fazendo assim com que muitas das dificuldades encontradas ao decorrer deste projeto sejam minimizadas ou extintas. Apesar disso, ainda há muita resistência por

parte das construtoras e dos envolvidos com esse mercado em acreditar nesta ideia, por isso, atualmente, são vendidos em conjunto aos projetos convencionais com detalhamento em 2D.

Caberá ao futuro dizer se será possível para um trabalhador de obra construir apenas com o auxílio de um modelo em um *tablet* ou similar. Por hora, é preciso que as construtoras tenham em mente que há novas considerações a serem feitas ao contratar e orçar um projeto em BIM, já que o que será entregue não serão apenas pranchas, mas um modelo cheio de informações que poderá durar e ser usado por toda vida útil da edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR – 15812-2 Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos parte 2: Execução e controle de obras. (2010)

AIA (American Institute of Specifications) – **Level of Development Specifications**. 2013.

AUTODESK – **Revit 2016 Ajuda**. 2016. Sistema de ajuda do *software*.

ÁVILA, V.M. - **Compatibilização de Projetos na Construção Civil, Estudo de Caso de um Edifício Residencial Multifamiliar**. 2011. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia. UFMG. Belo Horizonte.

BIOTTO, C.N.; FORMOSO, C.T.; ISATTO, E.L. - **Método Para o Uso da Modelagem BIM 4D na Gestão da Produção em Empreendimentos de Construção**. In: SIMPÓSIO Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 3; Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 6, 2013, Campinas. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2013.

BOTTEGA, B.S – **Avaliação dos efeitos do uso da tecnologia BIM sobre a coordenação dos projetistas**. 2012. Trabalho de diplomação de curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares**. 2007. Dissertação (Pós-Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CBIC/SENAI – **Coletânea de implementação do BIM para construtoras e incorporadoras**. 2016. Apostila disponibilizada pela CBI.

CONTE, J.E. - **Tecnologia BIM: Aplicação no Controle da Execução de Obras na Construção Civil**. 2014. Trabalho de diplomação de curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre.

EASTMAN, C. TEICHOLZ, P. SACKS, R. LISTON, K. **Bim Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.** 2. Ed. New Jersey: John Wiled & Sons, 2011.

FERREIRA, R.C.; SANTOS, E.T.A **Percepção de Interferências Espaciais Através de Desenhos 2D e Modelos 3D por Profissionais de Projetos de Edifícios.** In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

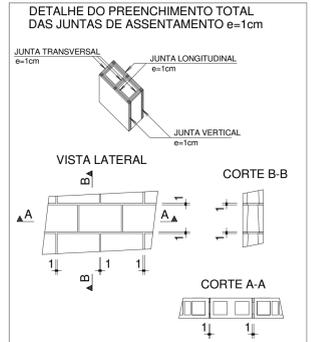
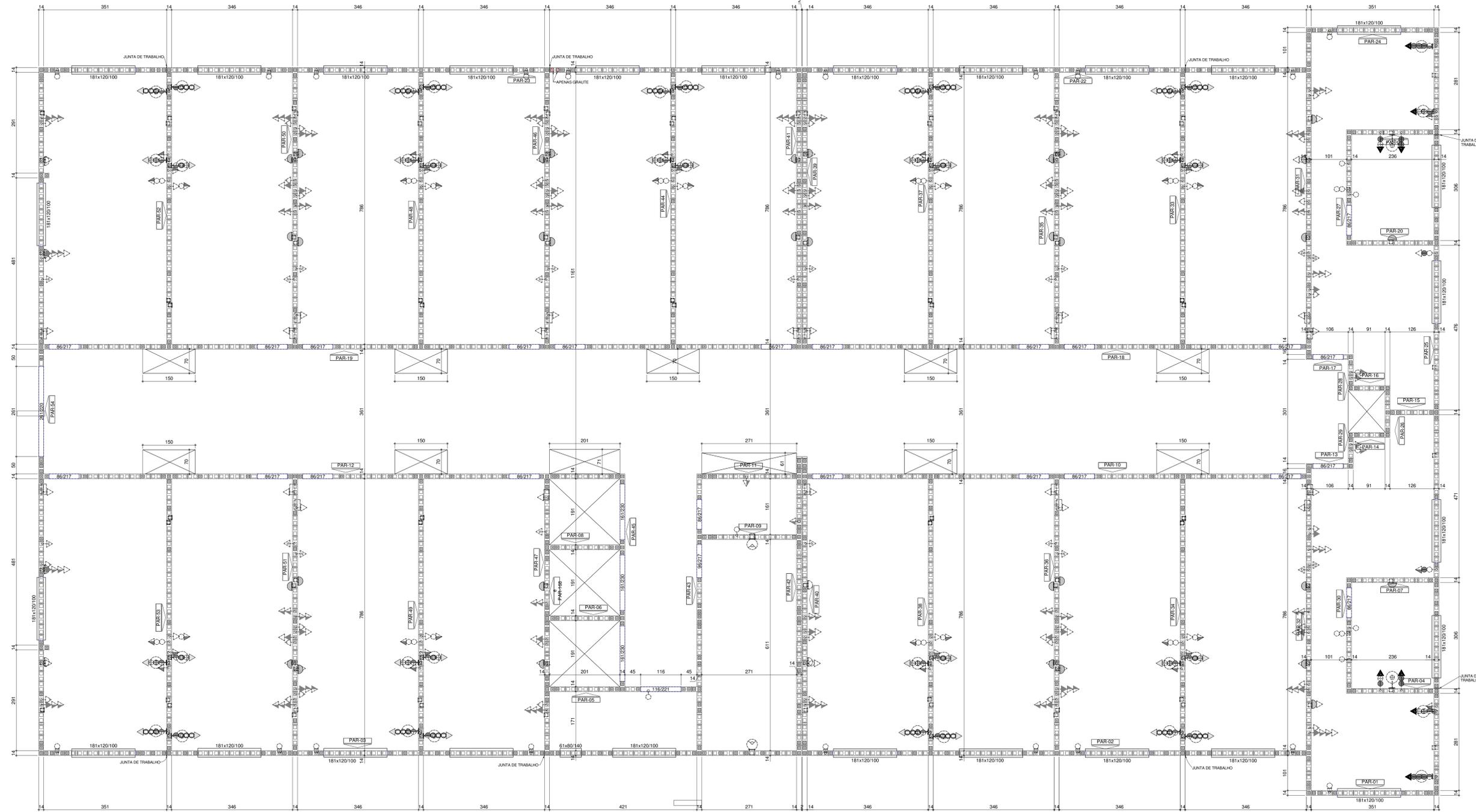
SANTOS SILVA. **Princípios Para o Desenvolvimento de Projetos com Recurso a Ferramentas BIM.** 2013. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Portugal

SEBRAE/SIDUSCON – PR (Serviço Brasileiro de Apoio à Pequenas e Micro Empresas do Paraná) **Diretrizes Gerais para Compatibilização de Projetos,** Curitiba, 1995.

SOUTO FILHO, J.A.P.; ANDRADE, F.K.G.; BARROS, E.P.M.; MELHADO, S.B.; LORDSLEEMJR, A.C, **Análise de Incompatibilidades de Projeto na Execução de Obra de Edificação: Estudo de Caso.** Trabalho apresentado no IV SBQP (IV Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído), 2015. Universidade Federal de Viçosa. - disponível em: <http://dx.doi.org/10.18540/2176-4549.6038>

STÚDIOLAB – **Figura 2,** retirada do site de 24 Stúdiolab, <http://www.24studiolab.com/lod-modelo-bim/>

ZECHMEISTER, D – **Estudo para a padronização das dimensões de unidade de alvenaria estrutural no Brasil através do uso da coordenação modular.** 2005. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

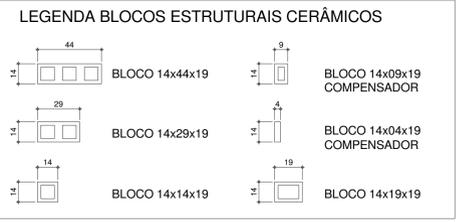
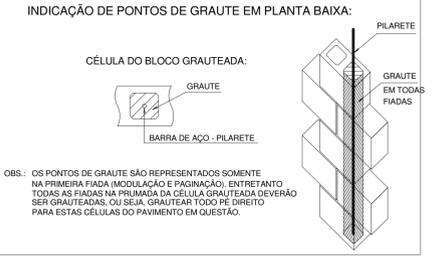
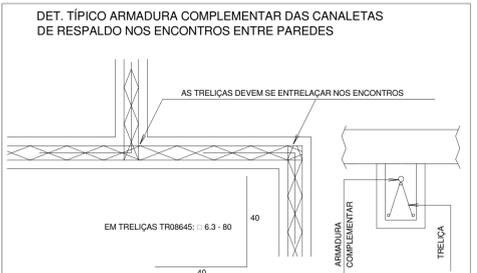
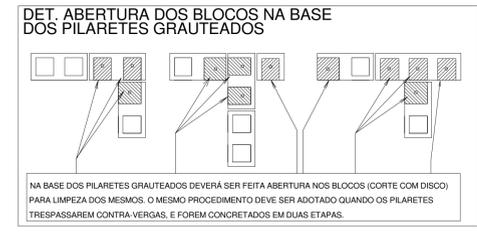


- RECOMENDAÇÕES ASSENTAMENTO DE BLOCOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL
- RESPEITAR FIDELMENTE A PLANTA DE MODULAÇÃO E PAGINAÇÃO DAS ALVENARIAS;
 - CONFIRMAR OS NÍVEIS DOS QUATRO CANTOS E NO MEIO DO PAVIMENTO PARA DETERMINAR A ESPESSURA DA JUNTA DE ASSENTAMENTO DA PRIMEIRA FIADA, O VALOR MÍNIMO DA ESPESSURA DESSA JUNTA É DE 5mm E O VALOR MÁXIMO NÃO PODE ULTRAPASSAR 20mm;
 - O CORTE DA JANELA NA LATERAL DOS BLOCOS PARA LIMPEZA DAS CÉLULAS A SEREM GRAUTEADAS, DEVERÁ SER FEITO, OBRIGATORIAMENTE, ANTES DO ASSENTAMENTO DESTES NA 1ª FIADA;
 - ASSENTAR A PRIMEIRA FIADA COM ARGAMASSA EM TODA A ÁREA DOS BLOCOS SOBRE A BASE;
 - AS JUNTAS VERTICAIS SÃO OBRIGATORIAS E NÃO PODEM SER PREENCHIDAS DEPOIS DO ASSENTAMENTO;
 - DEPOIS DE ASSENTADOS, OS BLOCOS NÃO DEVEM SER MEXIDOS PARA CORRIGIR O POSICIONAMENTO, NA NECESSIDADE, RETIRAR E ASSENTAR NOVAMENTE;
 - QUANDO FOR NECESSÁRIO FURAR E COLAR ESPERAS PARA PILARETES GRAUTEADOS, ESTE DEVE SER FEITO APÓS O ASSENTAMENTO DA 1ª FIADA, POIS TERÁ O POSICIONAMENTO CORRETO DAS CÉLULAS;
 - A ELEVACÃO DAS DEMAS FIADAS DEVE SER FEITA COM BASE NAS PLANTAS DE PAGINAÇÃO DE ALVENARIAS, UTILIZANDO FERRAMENTAS ESPECÍFICAS PARA DEPOSIÇÃO DA ARGAMASSA, AS JUNTAS DE ASSENTAMENTO HORIZONTAL E VERTICAL DEVEM TER ESPESSURAS DE 1cm, EXCETO QUANDO FOR INFORMADO OUTRA ESPESSURA NA PAGINAÇÃO;
 - OS CORDEÕES DE ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO DOS BLOCOS DEVEM SER APLICADOS EM TODA A EXTENSÃO DO MESMO, CONFORME DETALHE DE PREENCHIMENTO DAS JUNTAS;
 - ESPERA DEIXADAS NAS PAREDES EM ELEVACÃO, PARA OUTRAS PAREDES TRANSVERSAS:
-
- DURANTE A ELEVACÃO DAS PAREDES, NAS CÉLULAS QUE SERÃO GRAUTEADAS COMO PILARETES, ASSENTADOR DEVE LIMPAR O EXCESSO DE MASSA QUE SOBRA DENTRO DA CÉLULA, IMEDIATAMENTE APÓS ASSENTAR O BLOCO;
 - DETALHE DO POSICIONAMENTO DAS ARMADURAS NAS VERGAS, CONTRA-VERGAS E CINTA DE RESPALDO
-
- AS VERGAS E CONTRAVERGAS DEVERÃO SER CONCRETADAS DURANTE O ASSENTAMENTO DA FIADA DA QUAL ELAS PERTENCEM, LIMEDECER COM TRINCHA O INTERIOR DAS CANALETAS ANTES DE CONCRETAR, NUNCA CONCRETAR SOBRE ÁGUA, SEMPRE ELIMINAR O EXCESSO ANTES DE CONCRETAR;
 - OS PILARETES QUE TRESPASSAM CANALETAS GRAUTEADA DE CONTRA-VERGAS E VERGAS, DEVEM SER CONCRETADAS JUNTAMENTE COM AS CANALETAS ÀE A ALTURA SUPERIOR DESTAS;
 - OS PILARETES DEVEM SER GRAUTEADOS IMEDIATAMENTE APÓS A CONCLUSÃO DA 12ª FIADA ANTES DAS CANALETAS DE RESPALDO, PROCEDIMENTO: LIMPAR BEM A BASE ATRAVÉS DA JANELA DEIXADA NA FIADA, AMARRAR A ARMADURA VERTICAL NA ESPERA, MOLHAR O INTERIOR COM UM BALDE DE ÁGUA, RETIRAR O EXCESSO D'ÁGUA DA BASE; FECHAR A JANELA DE LIMPEZA; CONCRETAR;
 - A CINTA DE RESPALDO DAS ALVENARIAS DEVEM SER CONCRETADAS NO MÍNIMO 48h ANTES DO ASSENTAMENTO DAS LAJES;
 - NÃO É PERMITIDO FURAR OU CORTAR PAREDE PARA FACILITAR A INSTALAÇÃO DOS ELETRODUTOS;
 - NÃO É PERMITIDO QUALQUER TIPO DE CORTE NAS PAREDES QUE NÃO CONSTE NO PROJETO;
 - NENHUMA CAIXA ELÉTRICA PODERA SER INSTALADA EM COLUNA VERTICAL GRAUTEADA;

APENDICE A

RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS EMPREGADOS NAS ALVENARIAS							
PAVIMENTOS	f _{tk} (MPa)	f _a (MPa)	f _{gk} (MPa)	f _{pk} (o) (MPa)	f _{pk} (g) (MPa)	TRELIÇA	ACO PILARETE
TÉRREO	10,0	6,0	20,0	6,0	9,6	TR 08645	10,0
1ª PAV.	7,0	4,0	15,0	4,0	6,4	TR 08645	10,0
2ª PAV.	7,0	4,0	15,0	4,0	6,4	TR 08645	10,0
SUBTELHADO	7,0	4,0	15,0	4,0	6,4	TR 08645	10,0
LAJE TÉCNICA	7,0	4,0	15,0	4,0	6,4	TR 08645	10,0
C.MAQ.-RES.SUP.	7,0	4,0	15,0	4,0	6,4	TR 08645	10,0

- NOTAS:
- PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL: BLOCOS ESTRUTURAIRES CERÂMICOS. TODOS OS BLOCOS A SEREM UTILIZADOS SERÃO VAZADOS VERTICALMENTE, SEM RACHADURAS OU FRATURAS, COM CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIRES PERFEITAS;
 - A ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO DEVERÁ OBRIGATORIAMENTE, SER A BASE DE CAL HIDRATADA E APRESENTAR RESISTÊNCIA COM VARIAÇÃO MÁXIMA DE 10% EM RELAÇÃO A RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO, INDICADO NO PROJETO;
 - OS TRAÇOS DE GRAUTES DO EMPREENDIMENTO DEVERÃO SER ELABORADOS POR TECNÓLOGO EM CONCRETO, CONFORME RESISTÊNCIA APRESENTADA NO PROJETO; O GRAUTE DEVE TER ALTA PLASTICIDADE E BAIXA RETRABILIDADE;
 - A EXECUÇÃO E O CONTROLE DE OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM BLOCOS CERÂMICOS DEVE OBEDECER OS REQUISITOS MÍNIMOS ESTABELECIDOS NA NORMA BRASILEIRA NBR 15812-2:2010



EMISSÃO INICIAL				MAJURIÇO	
VERSÃO	ETAPA	DATA	DESCRIÇÃO	DATA	AUTOR
0	PE	29/12/2016			
	ETAPA				

UFRGS

PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL
DESENVOLVIDO EM BIM - UM ESTUDO DE CASO:
EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

MAURÍCIO MACHADO - 233160

ESCALA: 1/50

DATA: -

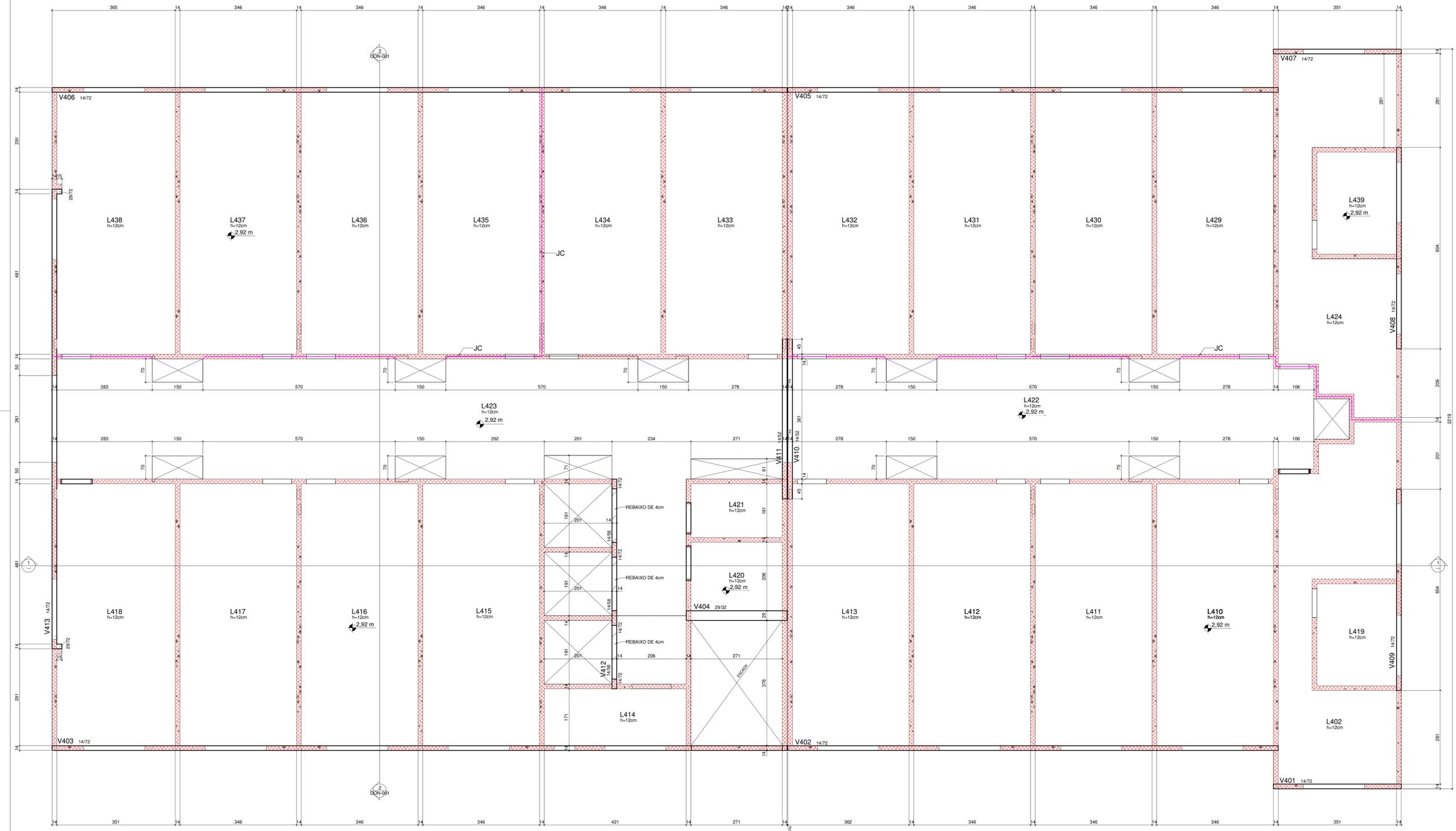
DESENHO: MAURÍCIO

ASSUNTO: GTR - BLOCO E - PAV. TÉRREO

PRANCHA: MODULAÇÃO DE 1ª FIADAS DE ALVANARIA

ALV-001

APENDICE B



CORTE 2 - 2
1:50

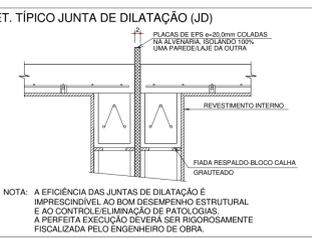
- CONVENÇÕES:
- DESENHO: ESTAS FORMAS ESTÃO DESENHADAS VISTAS DE BAIXO PARA CIMA.
 - ELEMENTOS: V - VIGA, L - LAJE, C - CINTA, JC - JUNTA DE CONCRETAGEM
 - ALVENARIA ESTRUTURAL APOIO DAS LAJES
 - (JC) JUNTA DE COMPARTIMENTAÇÃO

QUANTITATIVOS:

ELEMENTO	CONCRETO (m ³)
LAJES:	91,96
VIGAS:	10,74
ESCADAS:	02,00
TOTAL:	104,70

ELEMENTOS	SOBRECARGA (kgf/m ²)
ESCADAS:	C.ACIDENTAL: 250,0 C.PERMANENTE: 50,0
LAJES:	C.ACIDENTAL: 150,0 C.PERMANENTE: 50,0
ALVENARIA ESTRUTURAL EM BLOCOS CERÂMICOS COM BASE 14cm:	220,0

- NOTAS:
- 1) CONCRETO PARA VIGAS E LAJES C25; S4 - 25,0MPa. FATOR α = 0,60 BRITA 01, CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL II, EC = 28 GPa, ECG = 24 GPa, SLUMP = 100mm ± 20mm (CONFORME MÉTODO DE APLICAÇÃO DO CONCRETO A SER DEFINIDO PELA OBRA).
 - 2) PLANEAR E EXECUTAR CURA CONTROLADA DO CONCRETO, COM VISTAS A DIMINUIR OS EFEITOS DA RETRAÇÃO HIGROSCÓPICA.
 - 3) MOLHAR EM ABUNDÂNCIA AS FORMAS ANTES DE CONCRETAR.
 - 4) NÃO PERMITIR CONTAMINAÇÃO DAS ARMADURAS COM BARRO OU OUTRAS IMPUREZAS.
 - 5) ESPESSURA PREVISTA PARA PISO = 10cm. A LAJE SERÁ CONCRETADA, DESEMPENADA E ALISADA, FICANDO PRONTA PARA RECEBER PISO CERÂMICO, CARPETE OU LAMINADO FLUTUANTE.
 - 6) A EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DEVEM OBEDECER OS REQUISITOS MÍNIMOS ESTABELECIDOS NA NORMA BRASILEIRA NBR 14931:2004.
 - 7) AS JUNTAS DE DILATAÇÃO, COMPARTIMENTAÇÃO E DESLIZANTE SÃO DE FUNDAMENTAL IMPORTÂNCIA A SANIDADE FÍSICA DA EDIFICAÇÃO. ASSIM SENDO, DEVERÃO SER EXECUTADAS COM ABSOLUTO CRITÉRIO E FISCALIZAÇÃO, SOB PENA DE NÃO FUNCIONAREM CORRETAMENTE, ACARRIANDO EM PATOLOGIAS NA EDIFICAÇÃO.



Q	FE	06/01/2017	EMISSÃO INICIAL	MAURÍCIO
VERSÃO	ETAPA	DATA	DESCRIÇÃO	AUTOR
	ETAPA:	EP - ESTUDO PRELIMINAR	AP - ANTEPROJETO	PE - PROJETO EXECUTIVO

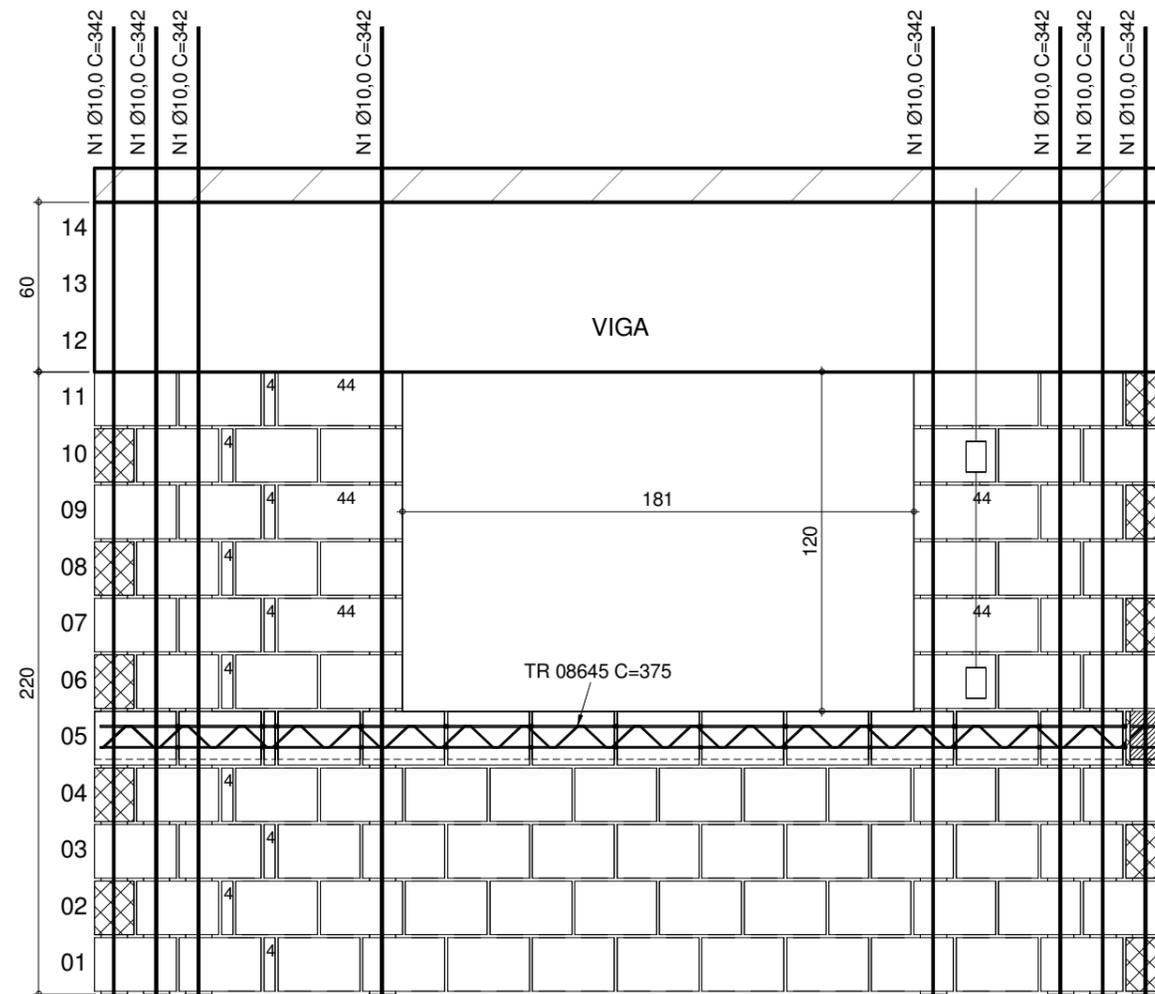
UFRGS

**PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL
DESENVOLVIDO EM BIM - UM ESTUDO DE CASO:
EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

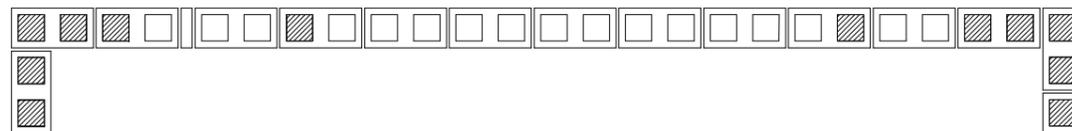
ASSUNTO:	GTR - BLOCO E - 1º PAVIMENTO	PRANCHA:	CON-001
MAURÍCIO MACHADO - 233160	ESCALA:	1:50	DESENHO:
			MAURÍCIO

APENDICE C

PAR-01



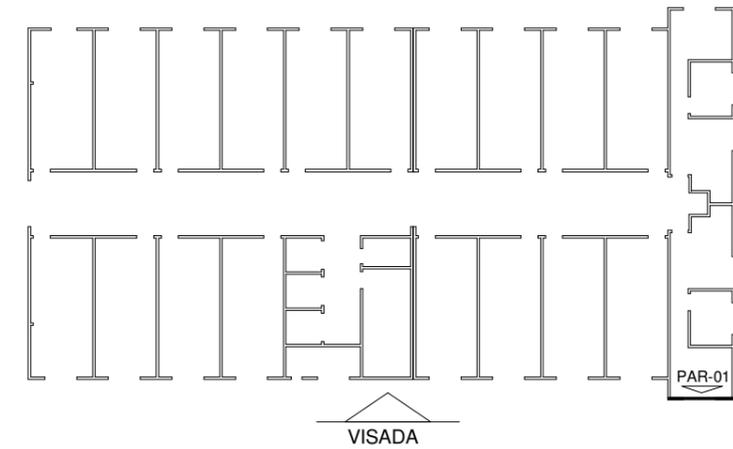
PAR-01 - 1ª FIADA



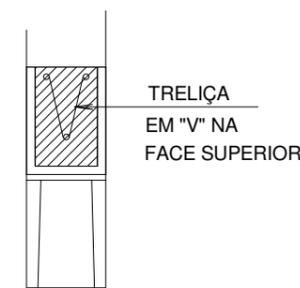
PAR-01 - 2ª FIADA



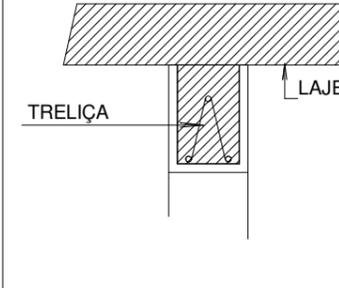
CROQUI IDENTIFICAÇÃO DE PAREDES



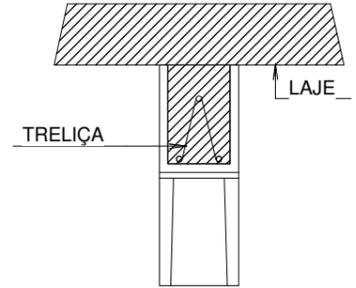
DET.TÍPICO CONTRA-VERGA



DET.TÍPICO VERGAS



DET.TÍPICO RESPALDO



CONVENÇÕES:

- CAIXA ELÉTRICA 4x2" FACE DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA 4x2 "FACE OPOSTA DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA 4x4" FACE DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA 4x4" FACE OPOSTA DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA DUPLA FACE
- ELETRODUTOS NÃO COTADOS: VER PROJETO ESPECÍFICO

- NOTAS: 1) ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS: VER "MANUAL TÉCNICO ALVENARIA ESTRUTURAL", ESPECÍFICO DESTA OBRA.
2) VER DETALHE DA ABERTURA NOS BLOCOS PARA LIMPEZA DA BASE, NAS CÉLULAS GRAUTEADAS, CONSTANTE NA PLANTA BAIXA DE MODULAÇÃO.

0	PE	30/03/2017	EMISSÃO INICIAL	MAURÍCIO
VERSÃO	ETAPA	DATA	DESCRIÇÃO	AUTOR

ETAPA: EP = ESTUDO PRELIMINAR AP = ANTEPROJETO PE = PROJETO EXECUTIVO

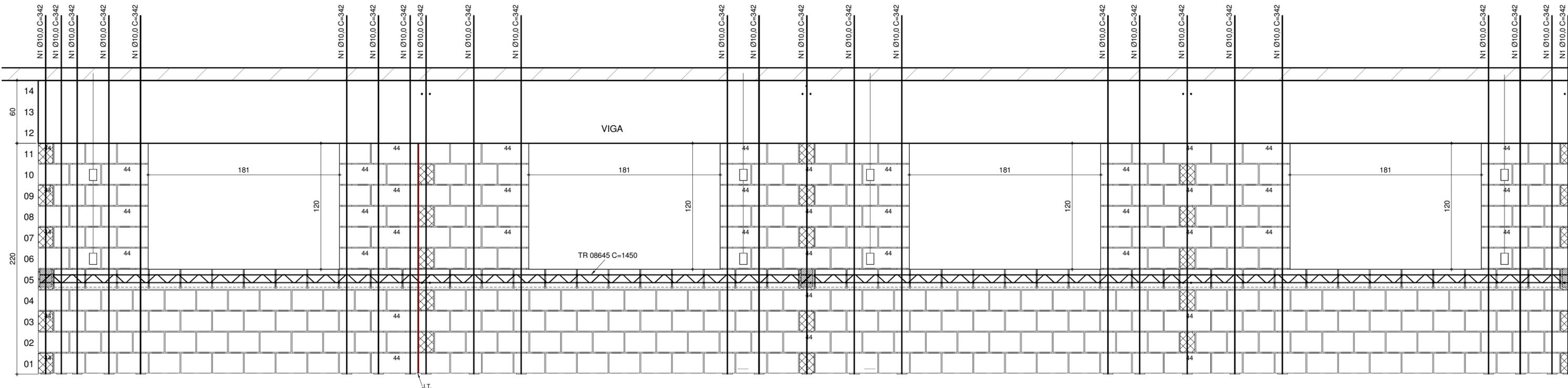
UFRGS

PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DESENVOLVIDO EM BIM – UM ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

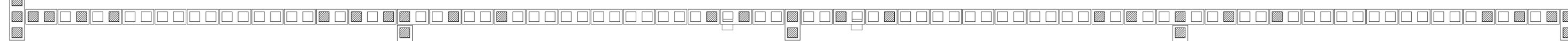
MAURÍCIO MACHADO - 233160	ESCALA: 1/25	DATA:	DESENHO: MAURÍCIO
ASSUNTO: GTR - BLOCO E PAGINAÇÃO PAR-01 TÉRREO	PRANCHA: PAG-001		

APENDICE D

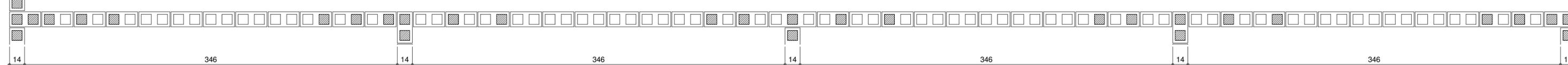
PAR-02



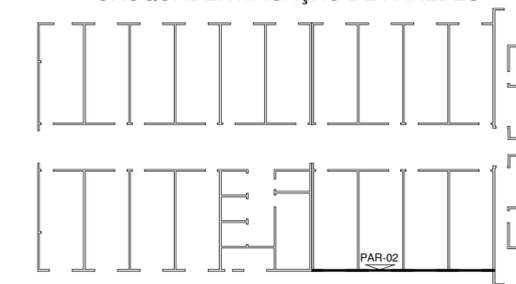
PAR-02 - 1ª FIADA



PAR-02 - 2ª FIADA

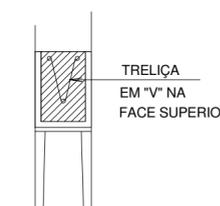


CROQUI IDENTIFICAÇÃO DE PAREDES

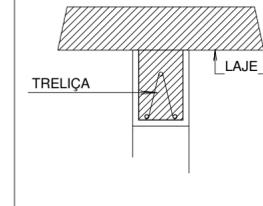


VISADA

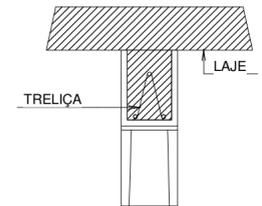
DET.TÍPICO CONTRA-VERGA



DET.TÍPICO VERGAS



DET.TÍPICO RESPALDO



CONVENÇÕES:

- CAIXA ELÉTRICA 4x2" FACE DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA 4x2" FACE OPOSTA DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA 4x4" FACE DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA 4x4" FACE OPOSTA DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA 4x2" DUPLA FACE
- ELETRODUTOS NÃO COTADOS: VER PROJETO ESPECÍFICO

NOTAS: 1) ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS: VER "MANUAL TÉCNICO ALVENARIA ESTRUTURAL", ESPECÍFICO DESTA OBRA.
2) VER DETALHE DA ABERTURA NOS BLOCOS PARA LIMPEZA DA BASE, NAS CÉLULAS GRAUTEADAS, CONSTANTE NA PLANTA BAIXA DE MODULAÇÃO.

0	PE	29/12/2016	EMISSÃO INICIAL	MAURÍCIO
VERSÃO	ETAPA	DATA	DESCRIÇÃO	AUTOR
ETAPA:		EP = ESTUDO PRELIMINAR	AP = ANTEPROJETO	PE = PROJETO EXECUTIVO

UFRGS

**PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL
DESENVOLVIDO EM BIM – UM ESTUDO DE CASO:
EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

MAURÍCIO MACHADO - 233160	ESCALA: 1/25	DATA:	DESENHO: MAURÍCIO
---------------------------	-----------------	-------	----------------------

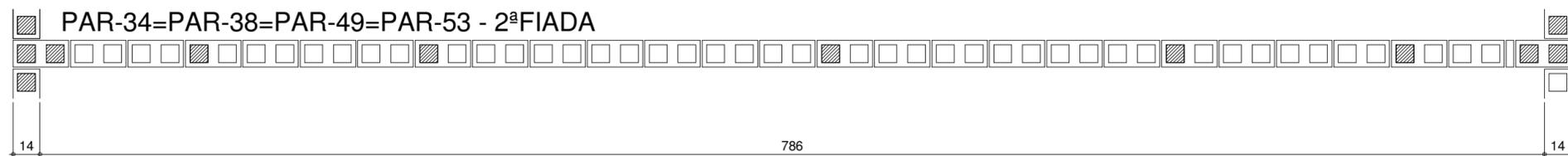
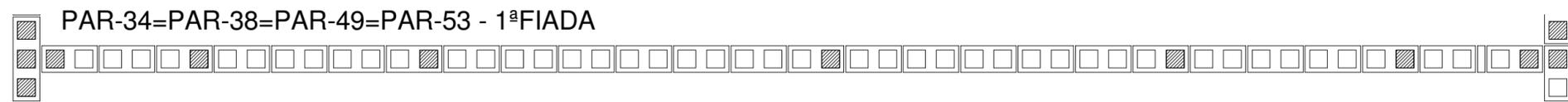
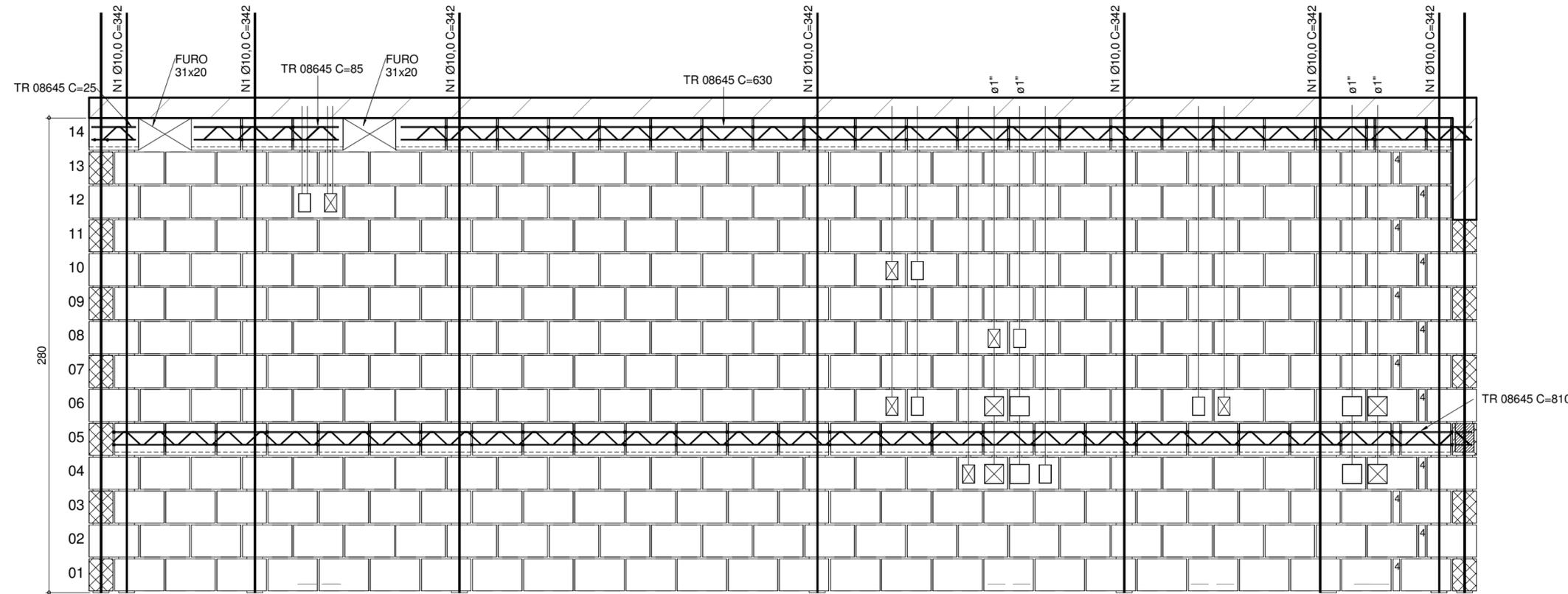
ASSUNTO: GTR - BLOCO E PAGINAÇÃO PAR-02 TÉRREO	PRANCHA: PAG-002
---	----------------------------

Antes de imprimir, pense em sua responsabilidade e compromisso com o MEIO AMBIENTE

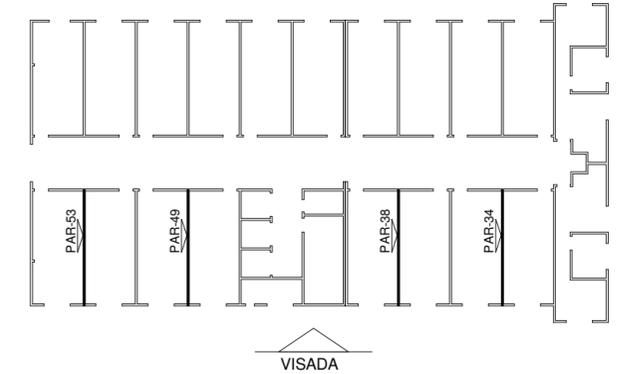
DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS - LEI 5194/66

APENDICE F

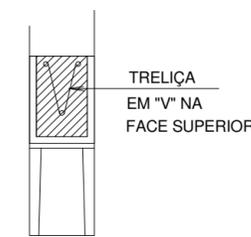
TÉRREO E 1º PAV. BLOCO E - PAR-34=PAR-38=PAR-49=PAR-53
 TÉRREO BLOCO D - PAR-34=PAR-38=PAR-49
 1º PAVIMENTO BLOCO D - PAR-34=PAR-38=PAR-49=PAR-53



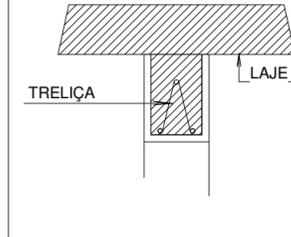
CROQUI IDENTIFICAÇÃO DE PAREDES



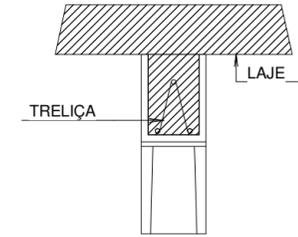
DET. TÍPICO CONTRA-VERGA



DET. TÍPICO VERGAS



DET. TÍPICO RESPALDO



CONVENÇÕES:

- CAIXA ELÉTRICA 4x2" FACE DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA 4x2" FACE OPOSTA DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA 4x4" FACE OPOSTA DO OBSERVADOR
- CAIXA ELÉTRICA DUPLA FACE
- CAIXA ELÉTRICA 4x4" FACE DO OBSERVADOR
- ELETRODUTOS NÃO COTADOS: VER PROJETO ESPECÍFICO

- NOTAS: 1) ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS: VER "MANUAL TÉCNICO ALVENARIA ESTRUTURAL", ESPECÍFICO DESTA OBRA.
 2) VER DETALHE DA ABERTURA NOS BLOCOS PARA LIMPEZA DA BASE, NAS CÉLULAS GRAUTEADAS, CONSTANTE NA PLANTA BAIXA DE MODULAÇÃO.

0	PE	29/12/2016	EMISSÃO INICIAL	MAURÍCIO
VERSÃO	ETAPA	DATA	DESCRIÇÃO	AUTOR

ETAPA: EP = ESTUDO PRELIMINAR AP = ANTEPROJETO PE = PROJETO EXECUTIVO

UFRGS

PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DESENVOLVIDO EM BIM – UM ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

MAURÍCIO MACHADO - 233160	ESCALA: 1/25	DATA:	DESENHO: MAURÍCIO
ASSUNTO: GTR - BLOCO E PAGINAÇÃO PAR-34=PAR-38=PAR-49=PAR-53 TÉRREO	PRANCHA: PAG-042		