

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

IGOR MENDES MONTEIRO

**METODOLOGIA DE VERIFICAÇÃO E APROVAÇÃO DE PROJETOS POR MEIO
DE SISTEMAS BIM**

Brasília

2022

IGOR MENDES MONTEIRO

METODOLOGIA DE VERIFICAÇÃO E APROVAÇÃO DE PROJETOS POR MEIO DE SISTEMAS BIM

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do grau em Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Linha de Pesquisa: Técnicas e processos de produção do ambiente construído

Orientador: Prof. Dr. Neander Furtado Silva.

Brasília

2022

IGOR MENDES MONTEIRO

**METODOLOGIA DE VERIFICAÇÃO E APROVAÇÃO DE PROJETOS POR MEIO
DE SISTEMAS BIM**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do grau em Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Linha de Pesquisa: Técnicas e processos de produção do ambiente construído

Orientador: Prof. Dr. Neander Furtado Silva

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Neander Furtado Silva (FAU/UNB)
Orientador

Prof. Dr. Marcio Augusto Roma Buzar(FAU/UNB)
Examinador interno

Prof. Dr. Francisco Leite Aviani
Examinador externo

Prof. Dr. Alessandra Beatriz Carneiro Gonçalves Alves
Examinador externo

Prof. Dr. Fabio Ferreira de Lima
Suplente

Dedico este trabalho a toda minha família, incluindo aqueles que já se foram, mas que tem grande parcela na minha formação como ser humano.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus familiares por sempre compartilharem todas as alegrias e decepções nessa caminhada.

Aos amigos do Laboratório de Fabricação Digital e Customização em Massa da Universidade de Brasília por toda ajuda, troca de conhecimento e experiência.

Ao meu orientador, e amigo, o professor Neander Furtado por toda disponibilidade, empenho e dedicação, sem os quais teria sido impossível concretizar este trabalho.

A todos, muito obrigado.

“Esvazie sua xícara primeiro, só então você poderá provar meu chá. Afinal de contas a utilidade da xícara está em poder esvaziar-se. Abra sua mente para receber novas ideias.”

Bruce Lee

RESUMO

Desde a criação do Sketchpad em 1963 por Ivan Sutherland, o computador vem sendo utilizado como ferramenta nos mais diversos tipos de profissões. Não seria diferente com o estudo da Arquitetura. Dentre os tipos de tecnologia que acabaram sendo criadas e utilizadas para o uso na arquitetura podemos citar o sistema de representações BIM (*Building Information Modeling*) como um dos mais revolucionários e promissores meios para a produção de uma arquitetura mais bem representada e com menos possibilidades de erro desde sua concepção, passando por todas as etapas conceituais, os processos de legalização do projeto e até sua construção. No entanto, desde a utilização dos primeiros sistemas CAD (*Computer Aided Design*) para o uso na Arquitetura, com todo o ganho em tempo e produtividade que eles geraram no Brasil o processo de aprovação de projetos e construções pouco evoluiu acompanhando a evolução dos sistemas computacionais. Mesmo com a possibilidade de utilização de sólidos tridimensionais para representação de projetos, para sua avaliação mediante os órgãos competentes continua o mesmo, através de pranchas, contendo plantas baixas, cortes e fachadas. Nesse contexto realiza-se um estudo diretamente sobre os sistemas BIM, que desde sua concepção original pregava a possibilidade de analisar um projeto e suas normas de edificações locais diretamente no modelo BIM. Com isso apresenta-se a possibilidade de análise de projetos de arquitetura para aprovação dentro do sistema BIM por meio da criação de um algoritmo com variações para esta finalidade que venham a ser futuramente direto no software original ou por meio de um aplicativo.

Palavras Chaves: Sistemas BIM. Sistemas paramétricos de projeção. Projeto auxiliado por computador. Aprovação de projetos; Projeto de Arquitetura.

ABSTRACT

Since the creation of Sketchpad in 1963 by Ivan Sutherland, the computer has been used as a tool in many different types of professions. It would not be different with the study of Architecture. Among the types of technology that were created and used in architecture, we can had the BIM (Building Information Modeling) representations system as one of the most revolutionary and promising means for producing a better represented architecture with fewer possibilities of Error from its conception, going through all the conceptual steps, the processes of legalization of the project and until its construction. However, since the use of the first CAD (Computer Aided Design) systems in Architecture, with all the time and productivity gain that they have generated in Brazil, the process of approving projects and constructions did not evolve by following the computational systems evolution. Even with the possibility of using three-dimensional solids to represent projects, its evaluation through competent legal authorities continues the same, through sheets, containing plans, cuts and elevations. In this context, we performed a study directly on BIM systems, which in its original conception reported the possibility of analyzing a project and its local building laws directly in BIM model. With this we present the possibility of analyzing architectural projects for approval within the BIM system by creating an algorithm with variations for this purpose that may be in the future inserted in the original software or through an application.

Keywords: BIM systems. Parametric design system. Computer-aided design. Design approval. Architectural design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Oferta de estágio para arquitetura.....	19
Figura 2 - Ecrã do Sketchpad de Ivan Sutherland, 1965.....	20
Figura 3 - Instrumentos de desenho técnico manual de Arquitetura.	21
Figura 4 - Processo de projeto de automóveis.....	22
Figura 5 - Imagem de uma animação de projeto de Arquitetura.	23
Figura 6 - Escritório de Arquitetura nos anos 1940.....	25
Figura 7 - Escritório de Arquitetura nos anos 2020.....	25
Figura 8 - Imagem do sistema Sketchpad de Ivan Sutherland, 1963.....	26
Figura 9 - Quadro de esquadrias.....	31
Figura 10 - Quadro do Código de Obras que atende aos quesitos 10, 11, 12 13 e 14. ...	32
Figura 11 - Ilustração do uso da sombra como elemento de desenho.	41
Figura 12 - Esquema de motor a vapor por Matthew Boulton e James Watt em 1780. .	42
Figura 13 - Desenho em Papiro, Egito, Dinastia XVIII.....	43
Figura 14 - Sagrada Família de Gaudí.	44
Figura 15 - Museu Guggenheim de Bilbao.	45
Figura 16 - Disney Concert Hall.....	46
Figura 17 - Estátua encontrada na Gudea.....	47
Figura 18 - Detalhe do colo da estátua encontrada na Gudea.	47
Figura 19 - Parthenon na Grécia.....	48
Figura 20 - Elevação Sansedoni.	49
Figura 21 - Templo de Hórus.	50
Figura 22 - Ospedale Degli Innocenti em Florença na Itália.....	51
Figura 23 - Projeções ortogonais em Arquitetura.....	52
Figura 24 - Catedral de Chartres.....	53
Figura 25 - Estudo de perspectiva designado a Paolo Uccello.....	55
Figura 26 - Uso da geometria descritiva para redução de objetos 3D em 2D.....	57
Figura 27 - Planta baixa de pequena residência.	58
Figura 28 - Museu Guggenheim de Bilbao.	61
Figura 29 - 30 St Mary Axe.....	61
Figura 30 - Imagem do Sketchpad de Ivan Sutherland, 1963.	63
Figura 31 - Formas simples tridimensionais: esfera, cubo, cilindro e cone.	65
Figura 32 - Operações Booleanas: união, interseção e subtração respectivamente.....	66
Figura 33 - Modelo paramétrico.	69
Figura 34 - Elementos paramétricos estruturais.	71
Figura 35 - Aplicações em modelo único BIM.	72
Figura 36 - Elementos paramétricos estruturais de parede.	72
Figura 37 -Projeto multidisciplinar em um único lugar.....	72
Figura 38 -Elementos construtivos em não conformidade.....	72
Figura 39 -Vários profissionais colocando e extraindo informações do mesmo modelo tridimensional.....	72
Figura 40 - Fabrica de motores V6 Flint Global da General Motors.....	83
Figura 41 - Camino Medical Group Mountain View.....	84
Figura 42 - Cubo D'Água.Figura 36 - Elementos paramétricos estruturais de parede...	74
Figura 43 - Estudo quantitativo de usuários de softwares BIM.	90
Figura 44 - Estudo quantitativo em porcentagem de usuários de softwares BIM.....	90
Figura 45 - Gráfico de Classificação dos softwares.....	92

Figura 46 - Os softwares BIM mais utilizados no Mercado em 2019.	93
Figura 47 - Levantamento sobre evolução do uso de BIM em que seu uso ultrapassa 50% dos projetos de transporte.....	95
Figura 48 - Tipo de documentos entregue para aprovação de projetos nas capitais DF.	96
Figura 49 - Processo de criação de edificação no CityGML.....	101
Figura 50 - edificação modelada no BIM.....	102
Figura 51 - Processos de verificação	106
Figura 52 - Processo de verificação de altura.....	107
Figura 53 - Edificação modelada no CityGML.....	108
Figura 54 - edificação modelada no BIM.....	108
Figura 55 - Fluxos de trabalho.....	110
Figura 56 - Quadro de grau de automação de informações no Revit.	119
Figura 57 - Resumo de símbolos para fluxogramas.....	144
Figura 58 - Algoritmo de afastamento frontal.	145
Figura 59 - Algoritmo de afastamento de fundos.	146
Figura 60 - Algoritmo de afastamentos laterais.....	147
Figura 61 - Algoritmo de altura de divisas.....	148
Figura 62 - Algoritmo de altura máxima da edificação.	149
Figura 63 - Algoritmo de área e comprimentos mínimos de um cômodo.	150
Figura 64 - Algoritmo de taxa máxima de ocupação.....	151
Figura 65 - Janela inicial do Revit.	154
Figura 66 - Janela de criação de novo arquivo.	155
Figura 67 - Janela de escolha do template.....	156
Figura 68 - Janela de criação de novo arquivo.	156
Figura 69 - Janela de início de arquivo.	157
Figura 70 - Seleção de unidades de projetos.	157
Figura 71 - Seleção de unidade de comprimento.....	158
Figura 72 - Seleção de formato de comprimento.....	158
Figura 73 - Seleção do comando parede.	159
Figura 74 - Seleção de parede básica genérica 200 mm e selecionar Edição de tipo...	160
Figura 75 - Duplicar a parede básica e criar a parede afastamento frontal.	160
Figura 76 - Mudar a espessura do núcleo da parede para 0.15m.....	161
Figura 77 - Criação de nova camada com 5m de espessura.	162
Figura 78 - Clicar no quadrado do canto direito da célula de materiais.	162
Figura 79 - Clicar no quadrado do canto esquerdo da célula de materiais.	163
Figura 80 - Clicar em duplicate this asset.	164
Figura 81- Escolha da cor da camada de ar.....	164
Figura 82 - Seleção da parede afastamento frontal.....	165
Figura 83 - Nomear a parede duplicada de afastamento de fundos.....	166
Figura 84 - Selecionar a opção Edit Type com a parede de afastamento selecionada..	167
Figura 85 - Duplicar a parede com o nome de afastamento lateral 5m.	167
Figura 86 - Duplicar a parede com o nome de afastamento lateral 3m.	168
Figura 87 - Modificando a espessura do afastamento da parede para 3m.	168
Figura 88 - Alterando os nomes dos níveis de projeto.....	169
Figura 89 - Selecionando a elevação east.....	170
Figura 90 - Alterando a altura máxima para 8.50m.	171
Figura 91 - Selecionando a parede generic-200mm.	172
Figura 92 - Renomeando a parede para altura máxima.	172
Figura 93 - Mudança de espessura e material de parede.....	173

Figura 94 - Abertura da elevação north.....	174
Figura 95 - Criação do level 3.	174
Figura 96 - Modificação altura do nível locação.....	175
Figura 97 - Selecionar área and volume computation.....	176
Figura 98 - Criar esquema de área denominado gabarito de edificação.	176
Figura 99 - Criando planta de área.....	177
Figura 100 - Selecionando a área construída.....	177
Figura 101 - Responder não quando o sistema perguntar sobre linhas de limites de áreas.....	178
Figura 102 - Criando planta de área de gabarito da edificação.	178
Figura 103 - Criando tabela de áreas.	179
Figura 104 - Criando tabela de áreas de gabarito.	179
Figura 105 - Adicionando campos a tabela.	180
Figura 106 - Duplicando tabela de gabaritos.....	180
Figura 107 - Adicionando o campo coments.....	181
Figura 108 - Criando tabela de área construída.....	182
Figura 109 - Criando campos para a tabela de área construída.	182
Figura 110 - Criando filtro de nome.	183
Figura 111 - Criando tabela com nome de taxa de ocupação.....	183
Figura 112 - Carregando família de prancha.	184
Figura 113 - Selecionando a pasta titleblocks.	184
Figura 114 - Salvar como arquivo template.	185
Figura 115 - Inicializar projeto novo para utilizar o template experimento teste.....	186
Figura 116 - Procurando o template experimento teste.	186
Figura 117 - Abrindo o template experimento teste.	187
Figura 118 - Nível soleira selecionado e ativo.	187
Figura 119 - Seleção de arquivo a ser verificado.	188
Figura 120 - Seleção de vista 3D.....	188
Figura 121 - Seleção de modelo tridimensional.	189
Figura 122 - Criando Grupo da edificação.....	189
Figura 123 - Copiando o modelo transformado em grupo.	190
Figura 124 - Verificando o nível zero do projeto com o nível soleira.	191
Figura 125 - Criar níveis correspondentes aos do projeto arquivo original.	191
Figura 126 - Criação do nível locação 2.	192
Figura 127 - Desfazendo o grupo.	193
Figura 128 - Ajustando alturas de divisas do lote.....	194
Figura 129 - Mudando o estilo visual da vista aberta.	194
Figura 130 - Mudando a divisa lateral do lote para um dos afastamentos criados.....	195
Figura 131 - Aviso que demonstra que o afastamento não foi respeitado.	196
Figura 132 - Faixa amarela referente ao afastamento.....	196
Figura 133 - Trocando a divisa pelo afastamento frontal.....	197
Figura 134 - Selecionando a divisa original e trocando pelo afastamento de fundo. ...	198
Figura 135 - Símbolo de duas setas usado para mudar o lado das paredes.....	199
Figura 136 - Mudar a vista de trabalho para o nível altura máxima na planta de piso.	199
Figura 137 - Verificar o parâmetro underlay	200
Figura 138 - Colocar a parede chamada de altura máxima	201
Figura 139 - Parede altura máxima em cima da edificação	201
Figura 140 - criando nova planta de área.	202
Figura 141 - Selecionando o nível locação 2 para criar a planta de área	202
Figura 142 - Responder não a criação de linhas de limite de forma automáticas	203

Figura 143 - Comando area boundary (limite de área).....	203
Figura 144 - Criando a área chamada lote.....	204
Figura 145 - Criando limite de área no térreo.	204
Figura 146 - Criando a área edificada.	205
Figura 147 - Criando plantas de área.	206
Figura 148 - Criando plantas de área dos níveis inferior e subsolo.....	206
Figura 149 - Criando limite de área para o térreo.....	207
Figura 150 - Criando o limite de área para o inferior.	207
Figura 151 - Criando limite de área para o subsolo.....	208
Figura 152 - Selecionando o calculo de totais de áreas.	208
Figura 153 - Marcando a opção grand totals.	209
Figura 154 - Criando valor calculado.	210
Figura 155 - Atribuindo valor calculado.....	210
Figura 156 - Marcando calcular totais.	211
Figura 157 - Escondendo colunas.....	211
Figura 158 - Formatando unidade de medida.....	212
Figura 159 - Criando valor calculado.	213
Figura 160 - Adicionando campo comentário.....	213
Figura 161 - Adicionando filtro por comentário.....	214
Figura 162 - Configurando unidade por porcentagem.....	214
Figura 163 - Arrastando tabelas para a prancha.	215
Figura 164 - Ilustração do sistema box-and-wire.	213
Figura 165 - Localização do icone do Dynamo.....	213
Figura 166 - Itens do box.....	213
Figura 167 - Geometria criada a partir dos parâmetros no Dynamo.	213
Figura 168 - Ligação dos nós.	213
Figura 169 - Nó Select Wall Element.....	213
Figura 170 - 2 Nós Select Wall Element.....	213
Figura 171 - Nó Element.Location.....	213
Figura 172 - Nó Geometry.DistanceTo.....	213
Figura 173 - Nó Watch.....	213
Figura 174 - Rotina completa para afastamento.....	213
Figura 175- Nó Select Model Element.....	213
Figura 176 - Nó Element.Parameters.....	213
Figura 177 - Nó Watch.....	213
Figura 178 - Rotina completa para verificação de altura máxima.....	213
Figura 179 - Nó Select Model Element.....	213
Figura 180 - Nó Element.BoundingBo.....	213
Figura 181 - Nó BoundingBox.MaxPoint.....	213
Figura 182 - Nó Watch.....	213
Figura 183 - Rotina completa de altura por coordenadas.....	213
Figura 184 - Nó Categories.....	213
Figura 185 - Nó All Elements of Category.....	213
Figura 186 - Nó Room.Area.....	213
Figura 187 - Nó Watch.....	213
Figura 188 - Nó Math.Sum.....	213
Figura 189 - Nó Watch.....	213
Figura 190 - Abrir arquivo.....	213
Figura 191 - Arquivo abeto no Revit.....	213
Figura 192 - Ícone do Dynamo.....	213

Figura 193 - Seleção do arquivo Dynamo para verificação	213
Figura 194 - Todas as rotinas de verificação.....	213
Figura 195 - Rotina de Área total edificada	213
Figura 196 - Rotinas de altura	213
Figura 197 - Nó de seleção de dado.....	213
Figura 198 - Seleccionando telhado	213
Figura 199 - Rotina de altura máxima	213
Figura 200 - Todas as rotinas de afastamento	242
Figura 201 - Nó de seleção de dado de afastamento.....	213
Figura 202 - Rotina de afastamento	213
Figura 203 - Todas as rotinas já com respostas	213

LISTA DE SIGLAS

2D	Duas dimensões ou bidimensional
3D	Três dimensões ou Tridimensional
ADEMI	Associação de Empresas do Mercado Imobiliário do Distrito Federal
BIM	Building Information Modeling - Modelagem da Informação da Construção
CAD	Computer Aided Design - Projeto Auxiliado por Computador
CAP	Central de Aprovação de Projetos
CEDURP	Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro
DEM	Digital Elevation Model
DINIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
GDF	Governo do Distrito Federal
IESB	Instituto de Educação Superior de Brasília
IFC	Industry Foundation Class
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
NGB 119	Norma de Edificação, Uso e Gabarito n° 119
SEDUH-DF	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal
SEGETH-DF	Secretaria de Gestão do Território e Habitação do Distrito Federal
SINDUSCON-DF	Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Distrito Federal
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
UFMA	Universidade Federal do Maranhão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Problemática	24
1.2	Hipótese	36
1.3	Objetivo	36
1.3.1	Objetivo geral	36
1.3.2	Objetivos específicos.....	37
1.4	Estrutura da Tese.....	37
2	O DESENHO COMO REPRESENTAÇÃO DA ARQUITETURA	39
3	O COMPUTADOR COMO FERRAMENTA DE PROJETO EM ARQUITETURA	62
4	O PROCESSO DE PROJETAÇÃO ATUAL.....	86
5	PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS.....	96
6	MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO	113
6.1	Procedimentos necessários para o desenvolvimento do experimento.....	114
6.2	Procedimentos do método de investigação.....	117
6.3	Dados disponíveis	118
6.4	Algoritmo.....	123
6.5	Procedimentos para a criação dos algoritmos.....	124
6.6	Algoritmos em forma de fluxograma	143
6.7	Experimento 1- Template com famílias modificadas.....	152
6.7.1	Criação do template do experimento 1	154
6.7.2	Utilizando o template para realizar as verificações.	185
6.8	Experimento 2 - Criação de rotinas do Dynamo destinadas a verificação de normas de construção.....	216
6.9	Experimento 2 - Criação de rotinas do Dynamo destinadas a verificação de normas de construção.....	222
6.10	Rotina para verificação de afastamentos com Dynamo.....	223

6.11	Rotina para verificação de altura máxima com Dynamo.....	227
6.12	Rotina para verificação de área total edificada com Dynamo.....	232
6.13	Teste das rotinas criadas no Dynamo com os algoritmos de verificação.....	235
7	CONCLUSÃO.....	245
8	DESDOBRAMENTOS FUTUROS.....	251
	REFERENCIAS.....	242
	ANEXOS.....	263
	ANEXO A – DECRETO N° 19.915 DE 08 DE OUTUBRO DE 1998.....	264
	ANEXO B – PARECER DA UFMA REFERENTE A ANÁLISE DE TEMPO E ESFORÇO BIM.....	269
	ANEXO C – EXPERIMENTO 8 E 9.....	272

1 INTRODUÇÃO

A presente tese contribui para criar um sistema de aprovação automatizada de projeto junto às administrações, prefeituras locais e órgãos competentes, facilitando o trabalho dos profissionais de Arquitetura e Urbanismo e de Construção, diminuindo a morosidade do processo de aprovação por meio dos órgãos competentes. Demonstrará que a utilização dos sistemas Building Information Modeling (BIM) acrescidos da criação de recursos de verificação do cumprimento das normas tais como áreas mínimas, afastamentos mínimos, taxas de ocupação, etc., facilita a projeção de acordo com os requisitos ou normas exigidos pelos órgãos de aprovação de projeto. Dentre as diversas vantagens, destacamos a redução de retrabalho, tempo e custos de projeto de arquitetura, quando comparados com aqueles despendidos na utilização de outros sistemas de representação, incluindo outros tipos de softwares Computer Aided Design (CAD).

O uso dos sistemas BIM permite reunir as informações dos componentes e sistemas construtivos em um mesmo modelo, necessitando conhecimentos que possibilitem o retorno do arquiteto ao patamar de mestre construtor, constitui o elemento principal do processo de projeção e construção de toda a edificação (KOLAREVIC, Branko, 2003). Isto poderá ocorrer se for adotado um sistema BIM que contém geometria precisa e recursos parametrizados proporcionando ajustes automáticos decorrentes de qualquer alteração feita nos componentes do projeto. Estes ajustes automáticos são necessários para evitar inconsistências e erros no projeto e conseqüentemente na construção, fabricação e demais atividades próprias de quem executar a edificação.

Desta forma, o uso dos sistemas BIM agrega recursos que permitem ao projeto de Arquitetura uma integração com todas as outras áreas do projeto de construção civil, o que resulta em uma edificação de melhor qualidade, com menor custo, menor tempo de projeção, construção e considerável redução de retrabalho (EASTMAN et al, 2008). As vantagens que os sistemas BIM apresentam são, dentre outras, o uso de modelo tridimensional único, que permite extrair todas as vistas do projeto, utilizar parâmetros para cada criação de objeto diferenciado, associar informação a cada elemento criado, alterar automaticamente qualquer vista em decorrência de mudança em qualquer elemento, visualizar análises de quantitativos de forma rápida e eficiente. Modelagem da Informação da

Construção traz ao setor da construção civil para que a análise não fique apenas em estudos técnicos, mas também negócios, economia e gestão. Ao mesmo tempo trata do ambiente construído digitalizado considerado complexo se denominado sistema BIM (BOLSHAKOV et al, 2020).

Contudo, ainda não foi possível que alguns de seus objetivos concebidos originalmente se tornassem realidade tais como, por exemplo, a possibilidade de verificações de normas de edificações diretamente no modelo. Quando Eastman (2008) apresentou o que hoje em dia é conhecido como sistemas BIM, uma de suas vantagens que chamavam atenção de todos os projetistas, arquitetos, engenheiros e construtores era a possibilidade de verificar normas de edificações e construção diretamente dentro do projeto, pois facilitaria sua análise e diminuiria o tempo gasto em sua aprovação.

Dessa forma, ficaria mais fácil verificar de forma eficiente elementos como afastamento mínimo obrigatório, área máxima edificante, cota de soleira, verificação de taxa mínima de área verde ou “non edificandi”, verificação de pé direito mínimo em cada ambiente, etc. Isto aceleraria o processo de análise e aprovação de projetos no Brasil por parte das administrações e prefeituras que segundo a Associação de Empresas do Mercado Imobiliário do Distrito Federal (ADEMI-DF), apesar do fato de que o alvará precisar ser expedido em dois dias (Art. 3º, – DODF publicado no Diário Oficial do Distrito Federal de 25 de junho de 2012) após a aprovação do projeto e pela demarcação do lote, para que a autorização (licença de construção) para poder iniciar a obra ser concedida, podendo haver espera de dois anos, chegando a três em casos extremos dependendo do tipo de projeto. Essa demora na aprovação de projeto gera transtornos e custos extras com pessoal, materiais de construção e equipamentos.

Observamos que a computação gráfica vem sendo incorporada nas universidades e escritórios de forma irreversível e sendo exigida como conhecimento básico dos profissionais e projetistas de toda a área da construção civil, desde técnicos em edificações até Engenheiros e Arquitetos. Um exemplo disto é o fato de que é exigido o domínio de no mínimo um software CAD 2D como critério para se conseguir um estágio em qualquer escritório ou loja de materiais para projetos no Brasil como podemos ilustrar um dos inúmeros avisos de estágio apresentado na figura 1.

Figura 1 - Oferta de estágio para Arquitetura



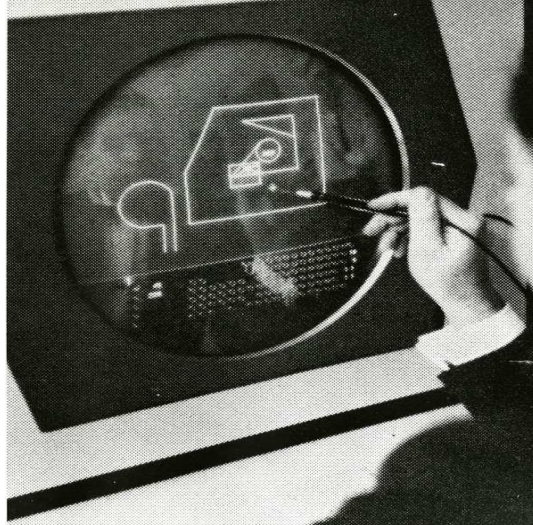
Fonte: Página do site pinterest.com¹

As pesquisas em computação direcionadas para representação gráfica de componentes arquitetônicos tiveram início no fim da década de 1950, quando Ivan Sutherland desenvolveu o Sketchpad em sua tese de doutorado. Os estudos realizados por Sutherland modificaram a forma como se imaginava o uso de ferramentas computacionais, criando um novo tipo de sistema com uma interface gráfica revolucionária (SUTHERLAND, Ivan, 2003).

O sistema de interface gráfica criado por Sutherland naquele período tinha algumas das características dos sistemas atuais de desenho bidimensionais por computador, como por exemplo, a sua interface interativa permitia ao usuário se comunicar instantaneamente com o computador através de uma caneta-luz (Figura 2), algo que só chegou para o mercado consumidor de uma forma similar no final da década de 1990 com o termo que conhecemos por mesas digitalizadoras, enquanto que os outros sistemas existentes daquela época eram apenas capazes de processar as informações em bloco, enviando-as do terminal do ecrã (um tipo mais antigo de monitor) até o computador central e obtendo o resultado depois de várias horas de trabalho e às vezes até dias (PIPES, Alan, 2010).

¹ Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/463870830372172657/>>. Acesso em 19 mar. 2021.

Figura 2 - Ecrã do Sketchpad de Ivan Sutherland, 1965



Fonte: Página do site time.graphics².

Inicialmente conseguimos perceber a vantagem principal do uso do computador para projeção, pois substituíamos o desenho manual feito com régua, lápis e nanquim (Figura 3) pelo desenho direto no computador (como uma prancheta virtual), permitindo impressões com muita velocidade e gerando maior facilidade e acelerando o fluxo de trabalho. Essa nova tecnologia ficou conhecida pelos estudiosos como CAD cuja nomenclatura tem como significado o projeto auxiliado por computador. Contudo, o seu uso para desenvolvimento comercial só ocorreu mais de vinte anos depois.

² Disponível em: < <https://time.graphics/pt/event/3277091> >. Acesso em 12 out. 2020.

Figura 3 - Instrumentos de desenho técnico manual de Arquitetura



Fonte: Página do site [gettyimages.com](http://www.gettyimages.com)³.

Desde o início de sua criação na década de 1960, os primeiros avanços na área de desenho foi atribuído ao desenvolvimento dos primeiros softwares que permitiram manipular desenhos em ambientes apenas bidimensionais (2D), para substituir de forma mais dinâmica o processo de produção manual de documentos de projeto, isto é, as projeções ortográficas, reduzindo significativamente o tempo gasto na produção das pranchas, facilitando qualquer tipo de alterações, correções e permitindo impressão rápida e sequencial (SCHODEK et al, 2005).

O método de projetar em Arquitetura prosseguiu sem mudanças até mais da metade do século XX, ao contrário do que aconteceu nas indústrias aeroespacial, automobilística e naval que praticamente eliminaram os desenhos técnicos (plantas, cortes, vistas, etc..) dos seus processos de projeto e construção, utilizando modelos tridimensionais digitais desde a concepção até sua produção como podemos ver na Figura 4 (KOLAREVIC, Branko, 2008). Ademais, até os dias de hoje, ainda existe muita resistência por parte dos profissionais, professores e estudantes de arquitetura no sentido de utilizar o computador no processo de projeção na construção civil. Ainda assim, o computador vem se tornando instrumento essencial na Arquitetura e Urbanismo e suas áreas correlatas. Inclusive em muitos

³ Disponível em: < <http://www.gettyimages.com/detail/video/interior-designer-working-stock-footage/477794002>>. Acesso em 16 out. 2020.

países como a Noruega, Reino Unido e a União Europeia, já não se faz necessário a impressão de pranchas para a aprovação de um projeto desde meados de 2007 (KASSEM, Mohammed. AMORIN, Sergio, 2015).

Figura 4 - Processo de projeto de automóveis



Fonte: Página do site doschdesign.com⁴.

Os sistemas CAD apresentam softwares inovadores, possibilitando a execução de cálculos complexos, avaliação de estruturas, modelagem de formas tridimensionais, geração de animações, ambientes foto-realísticos, estudos de insolação, etc. Estes recursos são imprescindíveis, pois permitem fazer avaliações e testes de variabilidades dos componentes de projeto. Além disto, representam o que seria a quarta dimensão mencionada por Bruno Zevi, denominada de tempo, gerado pela visualização de um mesmo elemento por infinitos pontos de vista (ORCIUOLI;CELANI apud ZEVI, 2006).

Segundo Zevi(1996), o observador movendo-se dentro da edificação vivencia a quarta dimensão, ou seja, o movimento no tempo e no espaço a partir do seu ponto de vista e do seu caminhar. A quarta dimensão é suficiente para definir o volume arquitetônico, porém o espaço em si transcende aos limites da quarta dimensão. Esta quarta dimensão não pode ser definida nos termos utilizados na pintura e na escultura, pois é um fenômeno único da arquitetura. Ainda, segundo o autor, na Arquitetura também deve ser levado em conta as

⁴ Disponível em: <https://www.doschdesign.com/products/3d/Car_Details_V2.html>. Acesso em 12 out. 2020.

sensações que o ser humano tem ao percorrer a edificação. Esse tipo de sensação só pode ser emulado hoje em dia por meio do uso da computação gráfica e softwares de projeto com o que ficou conhecido como “passeio virtual” (Figura 5).

Figura 5 - Imagem de uma animação de projeto de Arquitetura



Fonte: Página do site portuguese.alibaba.com.⁵

No entanto, os softwares tridimensionais ainda são subutilizados ou não utilizados por muitos profissionais da área. Embora hoje em dia haja mais aceitação, estas novas tecnologias ainda estão longe de ser utilizadas de forma adequada e disseminada. Dentre os elementos que são subutilizados podemos citar animações, relações entre os componentes, propriedades e materiais, extração de quantitativos, simulações, etc. Este contexto apresenta lacunas consideráveis, pois os sistemas CAD tridimensionais genéricos e, por último, os sistemas BIM proporcionam estudos mais precisos, antecipam problemas, reduzem retrabalho e custos e permitem emitir quantitativos exatos dos materiais de construção a serem utilizados.

A proposta desta tese é realizar um estudo sobre o uso das novas tecnologias BIM em Arquitetura e Urbanismo, avaliando os aspectos pertinentes ao seu conceito inicial por ocasião de sua criação. O objetivo é no sentido de utilizar essa tecnologia para testar se o projeto satisfaz de forma eficiente às normas de edificações facilitando, assim, o processo de

⁵ Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/architecture-design-service-for-house-render-with-3d-animation-3d-max-architecture-rendering-60297926284.html>>. Acesso em 12 out 2020.

aprovação de projetos em administrações, prefeituras ou órgãos públicos responsáveis por sua análise. Essa foi um dos recursos idealizados para os sistemas BIM e que ainda não foi totalmente desenvolvido.

Diante disso, pretende-se por meio do estudo mostrar que o uso dos sistemas BIM especificamente em relação a sua capacidade para analisar normas e regras de edificações pode facilitar e melhorar o processo de projeto e construção civil, podendo criar inclusive ferramentas para uso e controle dos órgãos públicos. Considerando estas vantagens, tais ferramentas poderão ser difundidas e incentivadas nos meios profissionais e acadêmicos.

1.1 Problemática

A utilização de softwares CAD no processo de projeto e produção de documentos legais para Arquitetura e Urbanismo e todas as outras áreas relacionadas, consistiu em grande avanço. Isso aconteceu pelo fato de, por meio do uso de tais softwares, ser possível replicar a prancheta de desenho, melhorando a produtividade de um projetista, de um escritório ou uma empresa de construção. Esse ganho de produtividade ocorreu inicialmente meio de cópia dos elementos e plantas inteiras e também de escala de forma precisa e dinâmica, permitindo que o desenho fosse feito em qualquer tamanho possível, o que possibilitou a impressão de quantos desenhos fossem necessários com perfeição, etc. Ainda podemos levar em consideração o tamanho do espaço físico necessário para se trabalhar. Com as ferramentas de desenho técnico e uma prancheta o espaço a ser ocupado é muito maior do que um computador como podemos ver nas Figuras 6 e 7 que mostram escritórios de arquitetura nos anos de 1940 e em 2016.

Figura 6 - Escritório de Arquitetura nos anos 1940



Fonte: Página do site wikiwand.com⁶.

Figura 7 - Escritório de Arquitetura nos anos 2020



Fonte: www.bernardesarq.com.br/escritor .Acesso em 14/10/2020⁷.

No entanto, os sistemas e programas na área de arquitetura existentes no mercado atualmente possuem muito mais recursos do que simplesmente desenhar bidimensionalmente, tais como modelagem tridimensional, simulações, extração de quantitativos, visualizações realísticas, etc., em relação àqueles em desenvolvimento nos anos de 1960, quando foi

⁶ Disponível em: < http://www.wikiwand.com/en/Architectural_firm> .Acesso em 13 out 2020.

⁷ Disponível em: < www.bernardesarq.com.br/escritor> .Acesso em 14 out. 2020.

concebido e teorizado o uso de computadores para auxiliar no processo de projeto e construção de edificações.

Mais precisamente, seu desenvolvimento se inicia com a apresentação da Tese de doutorado do professor Ivan Sutherland no Massachusetts Institute of Technology (MIT), Instituto de Tecnologia de Massachusetts, onde ele apresentou um ecrã de computador denominado de Sketchpad (Figura 8). (SUTHERLAND, Ivan, 2003). Esse sistema permitia trabalhar com vetores e antecipava uma forma de sistema parametrizado ainda bem rudimentar, pois estabelecia ainda a relação de proporções entre dimensões dos elementos nele desenhados a partir de parâmetros definidos pelo usuário na criação dos elementos geométricos desenhados em sua tela (MARK et al, 2008). Esse sistema inovador permitiu a manipulação e criação de objetos e desenhos bidimensionais (2D) em terminais monocromáticos (ROONEY, Joe; STEADMAN, Philip, 1987).

Figura 8 - Imagem do sistema Sketchpad de Ivan Sutherland, 1963



Fonte: Página do site computacaograficaecinema.wordpress.com⁸.

No início dos anos de 1980 foram desenvolvidos e introduzidos no mercado *softwares* com propriedades de modeladores tridimensionais genéricos, contendo uma gama de inúmeros recursos que permitiam aos projetistas criar volumes, planos, texturas, animações

⁸ Disponível em: < <https://computacaograficaecinema.wordpress.com/2013/07/05/historia-da-computacao-grafica-sketchpad-a-man-machine-graphical-communication-system-2/>. Acesso em 06 ago.2020.

de percurso, simulações, imersão, visualizações realistas de projeto, etc. Neste sentido, os sistemas BIM, além destas capacidades, permitem trabalhar com objetos parametrizados, emitir listas de quantitativos, coordenar a representação do modelo e as suas projeções ortográficas, manipulação e modificações de vistas de forma automática, acompanhar a obra e seu desenvolvimento etc. Nota-se que mesmo com toda essa capacidade estes sistemas continuam, em grande maioria dos casos, sendo usados como simples ferramentas de desenho para representar as decisões que já foram tomadas. Dessa forma o computador tem tido seu potencial subutilizado para gerar somente projeções ortogonais e para produzir documentação do projeto. Recursos como modelagem tridimensional e renderização de imagens realísticas são utilizados apenas para apresentação final do projeto ao cliente.

O uso de softwares CAD, como o Autocad (mais vendido software no mercado), tornou mais eficiente a produção da documentação, pois permite facilmente desenhar, mudar a escala de um desenho, fazer múltiplas cópias de componentes dentro do projeto, cotar e imprimir quantas pranchas forem necessárias de forma rápida e direta. Por meio do seu uso a produção dentro do escritório de projetos tornou-se muito mais eficaz. Antes da utilização do computador no processo de representação de projetos dentro dos escritórios seguia basicamente os seguintes passos: primeiramente fazia-se o desenho base normalmente em papel manteiga, vegetal ou similar. Depois se colocava outro papel por cima da base para se fazer um desenho complementar a esse. Podemos usar como exemplo o desenho de um segundo pavimento. Ao fim do processo todas as pranchas deveriam ser passadas para papel vegetal e depois era necessário passar tinta nanquim por cima do desenho a lápis para dar entrada na aprovação do projeto nas prefeituras ou administrações.

Depois de todas as pranchas finalizadas era necessário fazer cópias delas. Normalmente se utilizam três cópias de cada prancha. Esse grande trabalho braçal de colocar outro papel por cima do desenho finalizado e por cima dele fazer cópias criou na época o profissional denominado copista (pessoa que tinha como serviço copiar pranchas) dentro dos escritórios, cargo esse desempenhado por Marcos Antônio Madeira relatado em entrevista a revista “Equipe de obra” da editora Pini em dezembro de 2013. Tratando-se de um projeto simples de cinco pranchas necessitando fazer três cópias de cada, no final do processo seria necessário desenhar 15 pranchas nas quais a relação entre os componentes poderia ter inconsistências ou erros. Outro problema era a mudança de escala dos componentes.

É de certa forma difícil de entender como muitos profissionais e alunos, mesmo com essas inúmeras vantagens demonstradas por meio do uso do computador, continuam resistindo a utilização desses recursos, pois acreditam que o mesmo não pode ser utilizado para projetar, apenas para representar as decisões já tomadas. Causa estranheza que essa cultura seja reproduzida dentro de muitas Instituições de Ensino Superior no Brasil (CAIXETA, Luciano Mendes, 2007), pois essa tecnologia vem sendo largamente utilizada e difundida com bons resultados a mais de vinte anos em outros países como os Estados Unidos, Inglaterra e Canadá por exemplo. (KALISPERIS, Loukas, 1996).

Esse recurso vem sendo utilizado, por exemplo, no curso de Arquitetura e Urbanismo na Penn State University, que adotou o ensino de projeto auxiliado por computador há quase vinte anos para alunos de segundo ano do curso nas disciplinas e ateliês de projeto de Arquitetura e Urbanismo, pelo professor Loukas Kalisperis. Segundo este professor o computador faz muito mais do que apenas otimizar tarefas repetitivas de desenho. Este “novo” tipo de abordagem é estimulante para o aluno porque o induz a encontrar soluções inovadoras por meio da exploração de diversas soluções e alternativas, permitindo projetar de um ponto de vista holístico, ou seja, levando em consideração o todo, suas partes e inter-relações entre os elementos de linha, planos e volumes (KALISPERIS, Loukas 1996). Assemelha-se àquela experiência em que o aluno aprendia mais à medida que precisava ter conhecimento sobre os componentes de construção no mundo real para modelar digitalmente o objeto de forma adequada.

A grande questão do uso dos softwares CAD bidimensionais para todo o processo de projeto é que sua utilização reduz o tempo do processo de produção de pranchas, mas contém o mesmo problema do desenho feito à mão, a bidimensionalidade como único meio para representar todos os elementos de projeto. O desenho bidimensional é passível da interpretação da pessoa que vai construir, pois nada mais é do que uma quantidade de linhas de espessuras e tonalidades distintas que representam objetos tridimensionais, permitindo a ocorrência de inconsistências e consequentes erros de execução. O uso de softwares CAD de modelagem tridimensional viria resolver esse problema. Com o avanço das pesquisas na área de softwares para projeto acabou-se por avançar um passo a mais nas tecnologias de projeto, por meio da criação dos sistemas BIM.

Desde o início de sua criação estes sistemas quebraram paradigmas, pois, além de gerar objetos tridimensionais, cada componente tem propriedades e parâmetros próprios. Eles permitiram também colocar toda informação e todos os projetos em um único modelo e extrair do mesmo quaisquer informações desejadas.

O uso de softwares CAD bidimensionais e tridimensionais genéricos permitem produzir documentação menos eficiente em relação aos sistemas BIM que permitem gerar estas mesmas vistas de forma organizada, parametrizadas e com informações de todos os seus componentes e características. Mesmo que os softwares bidimensionais e tridimensionais genéricos sejam mais eficientes do que o desenho técnico feito à mão, eles acabam sendo obsoletos quando comparados aos sistemas BIM. As representações fragmentadas bidimensionais requerem uma maior interpretação dos desenhos por parte dos profissionais da construção, tendo em vista que a natureza é por definição tridimensional. A utilização de sistemas de modelagens tridimensionais genéricas são representações ainda ambíguas dos artefatos a serem produzidos. Não informam características e comportamentos dos materiais e elementos, nem ainda a hierarquia entre os mesmos e as suas inter-relações, etc. (CRESPO; RUSCHEL, 2007; EASTMAN, C. et al., 2008).

A ausência de informação referente aos materiais, seus comportamentos e inter-relações com outros componentes implica em retrabalho nos modelos, pois resulta em falta de interação e entre as partes. Semelhantemente ao que ocorre com o software tridimensional genérico em que o modelo único não é utilizado. Esses softwares tridimensionais genéricos exigem gerar várias vezes informações que já estão no projeto. Como, por exemplo, uma porta ou janela que estão na planta e aparecem em cortes ou fachadas. Cada modificação feita nos mesmos ocorre de forma não automatizada, uma a uma, em todas as outras vistas em que estão representados. Isso ocorre com qualquer outro componente modificado em uma vista, cujo procedimento deve ser repetido em todas as outras vistas em que apareçam. Poderia ser utilizada como exemplo uma escada também ou qualquer outro componente arquitetônico.

Em ambos os casos das esquadrias e da escada o uso dos softwares CAD bidimensionais e tridimensionais genéricos, em comparação com os sistemas BIM, resulta em mais tempo gasto para fazer modificações e assim sendo geram mais custos para a produção de informação técnica para aprovação de projetos (projeto legal) ou para a produção de componentes construtivos diretos na fábrica.

O desenvolvimento dos sistemas BIM é de grande importância à medida que as ferramentas computacionais estão ajudando a modificar a forma como arquitetos e demais profissionais da construção projetam. Estas ferramentas tem a capacidade de facilitar cada vez mais o processo de projeção, melhorando e criando novas formas de execução de elementos construtivos. Isso gera novas possibilidades de exploração de elementos e liberdade de projeto. É de grande relevância ressaltar que em países de primeiro mundo, como Inglaterra, Estados Unidos, Canadá e Austrália, um projeto para ser analisado pela administração, prefeitura ou conselhos técnicos obrigatoriamente tem que ser representado por meio de um modelo BIM.

Os conceitos básicos que Eastman denominou “Building Description System” e que viriam a ser conhecidos hoje em dia como sistemas BIM foi publicado originalmente no AIA Journal da Universidade de Carnegie-Mellon pelo próprio Charles “Chuck” Eastman no ano de 1975. Nesse trabalho o professor teoriza o que viria a ser os sistemas BIM cujos recursos permitiriam construir modelo único tridimensional do qual se poderia extrair elementos arquitetônicos interativos, com vistas isométricas ou quaisquer tipos de perspectivas, de acordo com os cortes derivados desse modelo e quaisquer alterações que fossem feitas poderiam ser ajustadas em todos os desenhos futuros (EASTMAN, Chuck, 1975 apud LAISERIN, 2008).

Outros recursos do que viria a ser sistemas BIM apresentados por Eastman seriam as possibilidades de que todos e quaisquer desenhos derivados do mesmo modelo poderiam ser atualizados de forma automática e consistente, permitindo gerar qualquer tipo de análise quantitativa diretamente dos elementos originais, produção de estimativas de custos e/ou quantidades de materiais extraídos facilmente do modelo único, facilitando e provendo um banco de dados único para análises visuais e quantitativas para a verificação automatizada do edifício de acordo com o código de prefeitura ou do escritório do arquiteto (EASTMAN, Chuck, 1975 apud LAISERIN, 2008).

Com relação aos elementos interativos os sistemas BIM poderiam criar, por exemplo, paredes que pudessem ser alteradas de forma fácil, incluindo suas dimensões e componentes tais como blocos e reboco. O usuário teria liberdade para analisar e gerenciar a visualização do modelo único de qualquer tipo de perspectiva. Se decidisse trocar uma porta de lugar em uma planta baixa todas as outras vistas onde essa porta aparecesse também

estariam alteradas automaticamente. Todo elemento criado é imbuído de informação e anexado ao banco de dados do sistema que pode ser acessado a qualquer momento para extrair quantitativos de materiais, tais como no quadro de esquadrias (Figura 9).

Figura 9 - Quadro de esquadrias

TIPO DE ESQUADRIA	CÓDIGO	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	QUANTIDADE	TIPO	MATERIAL
PORTAS	P1	1,00	2,10	----	04	Abrir	Ferro
	P2	0,90	2,10	----	02	Correr	Madeira
	P3	0,80	2,10	----	01	Enrolar	Ferro
	P4	0,80	2,10	----	02	Abrir	Alumínio
	P5	0,70	2,10	----	01	Sanfonada	Plástico
JANELAS	J1	2,00	1,10	1,00	02	Abrir	Madeira
	J2	1,50	1,10	1,00	01	Correr	Ferro
	J3	2,00	1,00	1,10	02	Basculante	Ferro
	J4	1,00	0,40	1,70	04	Maximo-ar	Alumínio
	J5	2,00	1,00	1,10	03	Fixa	Alumínio

Fonte: Página do site docplayer.com⁹

Se formos avaliar a quantidade de tempo exigido para que um projeto de arquitetura possa ser aprovado pelas administrações e órgãos públicos competentes, no Brasil, verificaremos que está relacionado, consideravelmente, ao não cumprimento de regulamentos gerais para edificar. Segundo a Secretaria de Gestão do Território e Habitação (SEGETH)¹⁰ em entrevista ao Jornal de Brasília no dia 11/04/2015, a responsabilidade pelos atrasos na aprovação de projetos é dos projetistas e construtoras. “O não cumprimento das exigências pelos interessados é o responsável pelo atraso da liberação”.

Segundo a arquiteta Laura Girade da SEGETH - Central de Aprovação de Projetos(CAP) do Governo do Distrito Federal (GDF) em palestras realizadas no Instituto de Educação Superior de Brasília (IESB) nos dias 02/05/2016 e 05/05/2016 o grande tempo levado para a aprovação de projetos e liberação do alvará de construção é a grande quantidade de erros de documentação entregues no momento de dar entrada ao processo de aprovação, cerca de 90% de todas as exigências para modificar projetos.

⁹ Disponível em: < <https://docplayer.com.br/2640392-Desenho-de-arquitetura-planta-baixa-aula-01-prof-aline-fernandes.html>> . Acesso em 02 fev 2021.

¹⁰ Renomeada através do Decreto nº 39610 de 01 de janeiro de 2019 para Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal.

Outro problema muito grave destacado pela arquiteta é que existem apenas 2 licenças para o AutoCad para ser usado por mais de 30 profissionais dentro da CAP. Para o Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Distrito Federal (SINDUSCON-DF). As empresas são as maiores prejudicadas, pois nos seis primeiros meses de 2016 apenas 7,5% dos 4 mil documentos enviados para análise da SEGETH foram deferidos, informação essa gerada pela própria SEGETH. Em 2016 a construtora MRV teve 2,7 mil unidades habitacionais esperando habite-se, que só eram conseguidos através de medidas judiciais, gerando prejuízos em torno de 15 milhões de reais. A empresa cita a grande burocracia como o grande vilão para a aprovação de projetos (SINDUSCON-DF, 2016). A Associação de Empresas do Mercado Imobiliário do Distrito Federal (ADEMI) cita que são mais de 2,7 milhões de m² pendentes de aprovação no governo do DF em 2016.

Dentro das exigências que devemos respeitar nas legislações municipais brasileiras, podemos observar que várias delas como, por exemplo, o Código de Obras do Distrito Federal, de São Luís, de Teresina, de Imperatriz no Maranhão, de Porto Alegre e Recife levam em consideração o terreno e a edificação.

Apresentamos, abaixo, a verificação das exigências contidas no código de obras do DF:

1 - Afastamentos mínimos obrigatórios: em cada terreno devemos deixar faixas livres, sem construção, a uma distancia mínima da edificação conforme determina na legislação vigente;

afastamentos mínimos obrigatórios - faixas definidas na legislação de uso e ocupação do solo, situadas entre os limites do lote e a área passível de ocupação pela edificação”(Código de obras DF. p. 1-3).

As áreas de afastamentos mínimos obrigatórios deverão permanecer livres de quaisquer edificações. mesmo área de serviço descoberta e churrasqueiras- e serão computadas no percentual da taxa mínima de área verde do lote (NGB 119 GDF).

2 - Cota de soleira: o projetista deve determinar qual é a cota zero de seu projeto em relação ao levantamento planialtimétrico do município ou região administrativa; “indicação ou registro numérico fornecido pela Administração Regional que corresponde ao nível do acesso de pessoas à edificação e ao nível do pilotis em projeções;” (Código de obras DF. p. 1-3).

3 - Taxa mínima de área verde ou “non edificandi”: por meio desta a administração determina um percentual de área do terreno onde nada pode ser edificado, para

assegurar que parte do solo continue permeável; “faixa de terra com restrições para construir, edificar ou ocupar, vinculando-se seu uso a uma servidão;” (Código de obras DF. p. 1-3) , “é obrigatória a reserva de área verde (arborizada ou ajardinada). dentro dos limites do lote. com taxa mínima deda área do mesmo”(Código de obras DF. p. 1-3).

4 - Taxa máxima de edificação: determina uma porcentagem máxima de área passível de ser edificada em relação à área do terreno; “(Área total edificada : pela área do lote) X 100 = T_{max} C”(NGB 119 GDF).

5 - Taxa máxima de ocupação: esta se baseia na área máxima do terreno que pode ser edificada; “(Projeção horizontal da área edificada: pela área do lote) X 100 =- T_{max}O”. (NGB 119 GDF).

6 - Altura máxima da edificação: é calculada por meio do uso da cota de soleira para definir até que altura a edificação pode ser construída; “altura máxima da edificação a partir da cota altimétrica média da unidade autônoma... Correspondente à parte mais alta da edificação incluindo cumeeira e excluindo caixa d’água e casa de máquinas” (NGB 119 GDF).

7 - Número máximo de pavimentos: esta norma restringe a quantidade de pavimentos passíveis de serem edificados; “Número máximo compatível com a altura máxima definida no item 8” (NGB 119 GDF).

8 - Presença de estacionamento ou garagem: que se faz por meio de identificação se existe dentro da área do terreno ou edificação local para estacionar veículos automotores;

É obrigatória a implantação de estacionamento de veículos coberto ou descoberto em superfície ou subsolo. dentro dos limites do lote. na área de uso comum de modo a atender ,eventuais visitantes. na proporção de 03 (três) vagas por residência(NGB 119 GDF).

9 - Tratamento de divisas do lote: identificar qual o tipo de muro ou fechamento foi projetado para ser construído.

É permitido o cercamento do lote em todas as divisas laterais e fundo. com altura máxima de 2.20m (dois metros e vinte centímetros) podendo ser:

II.a - Do tipo grade ou alambrado em todas as divisas do lote:

II.b - Do tipo cerca viva ou muro em todas as divisas do lote com exceção da testada voltada para a via de acesso ao lote. Nesta divisa, poderá ser construído um cercamento do tipo misto (alvenaria e grade) desde que garantido um mínimo de 70%(setenta por cento) de transparência visual, da sua área em elevação (NGB 119 GDF).

10 - Área mínima de ambientes: esta exigência define quais os tamanhos mínimos permissíveis para que cada tipo de ambiente seja salutar. Esta norma é definida no código de obras ou outro documento da administração;

11 - Dimensões mínimas para edificações: o código de obras e legislações pertinentes determinam o tamanho mínimo para cada tipo de edificação;

12 - Aeração/iluminação mínima de ambientes: este requisito utiliza o cálculo da área do cômodo para definir o tamanho das aberturas mínimas necessárias para a obtenção de um ambiente salubre;

13 - Vãos mínimos de acesso: o código de obras define qual o tamanho mínimo dos vãos de passagem para ambientes e circulações;

14 - Pé direito mínimo em cada ambiente: devemos utilizar a altura mínima obrigatória do piso ao teto. Todos os 5 quesitos estão representados as suas exigências no quadro ilustrado na Figura 10 extraído diretamente do Código de Obras do Distrito Federal.

Figura 10 - Quadro do Código de Obras que atende aos quesitos 10, 11, 12 13 e 14

PARÂMETROS MÍNIMOS	ÁREA m ²	DIMEN- SÃO m	AERAÇÃO/ ILUMINA- ÇÃO	PÉ-DIREL- TO m	VÃO DE ACESSO m	REVEST. PAREDE	REVEST. PISO	OBSERVAÇÕES
COMPARTIMENTOS OU AMBIENTES								
SALA DE ESTAR	12,00	2,85	1/8	2,50	0,80	-	-	
DORMITÓRIOS E COMPARTIMENTOS COM MÚLTIPLAS DENOMINAÇÕES OU REVERSÍVEIS	1º)10,00 2º) 9,00 demais 8,00	2,40	1/8	2,50	1º) 0,80 demais 0,70	-	-	
DORMITÓRIO EMPREGADO	4,00	1,80	1/8	2,50	0,70	-	-	
COZINHA	5,00	1,80	1/8	2,50	0,80	lavável	lavável	
ÁREA DE SERVIÇO	4,00	1,50	1/10	2,50	0,80	lavável	lavável	- quando conjugada com a cozinha não pode aerar e iluminar quarto e banheiro de empregado. sem quarto de empregado acrescer 25% em sua área.
BANHEIRO (1º)	-	ø 1,10(*)	1/10(*)	2,25	0,80	lavável	lavável	- revestimento das paredes do box - lavável e impermeável altura mínima = 1,50m.
BANHEIRO EMPREGADO	1,60	1,00(*)	1/10(*)	2,25	0,60	lavável	lavável	
LAVABO	1,20	0,80	duto 200mm(*)	2,25	0,60	-	-	
DEPOSITO OU SOTÃO	-	-	-	-	-	-	-	- de acordo com a finalidade a que se destina.
CIRCULAÇÃO	-	0,80	-	2,25	-	-	-	- acima de 8m dimensão mínima igual a 10% do comprimento.

Fonte: Código de Obras GDF , Anexo I. p. 107.

Considerando as normas citadas acima, no sentido de definir, para fins de aprovação de projeto junto às administrações locais, para fazer a automação dos dados a serem gerados nos sistemas BIM, se faz necessário responder algumas questões: Quais dados já estão disponíveis dentro do sistema? Esses dados podem ser acessados de forma simples? Quais não estão disponíveis e o que seria necessário fazer para obtê-los automaticamente? Além disto, que fórmula matemática poderíamos usar para organizar essas informações? E por último, como organizaríamos esses cálculos em uma planilha tipo Excel?

No sentido de determinar que tipo e com que facilidade os sistemas BIM podem gerar a automação desses dados, criamos uma hierarquia de níveis que denominamos de “graus de automação”. Isso se fez necessário para podermos organizar os procedimentos pelos quais em teoria seriam mais fáceis para calcular os seus dados-no sistema BIM escolhido para esta pesquisa. Esses graus foram definidos como alto, intermediário e de automação baixa. Esses graus foram determinados mediante análise do tipo de fórmula e local de extração da informação para gerar um algoritmo para interpretar esses dados.

Por exemplo, uma automação com grau baixo é aquela em que os sistemas BIM não geram a informação de forma simples ou necessitam obter dados de fora dos mesmos para executar a fórmula de cálculo (uma informação que estivesse no código de obras ou da NGB, por exemplo, como altura máxima da edificação). Basicamente o software permite que o usuário crie a edificação com qualquer altura que sua criatividade permitir. No entanto, o usuário deve manter a altura de sua edificação abaixo ou igual a altura máxima definida na NGB para que o projeto seja aprovado nesse quesito. Por outro lado, no alto nível de automação todos os dados já existem no próprio sistema BIM e só não são computados para essas finalidades dentro do mesmo. Por exemplo, um alto grau de automação seria o tamanho mínimo dos ambientes. Estes já tem toda a informação dentro do sistema, mas ainda não é utilizada para gerar tal avaliação. Por outro lado teríamos como exemplo de baixo nível de automação a identificação do pé direito mínimo obrigatório, visto que essa informação deveria ser obtida fora do sistema a partir de um banco de dados externo. Já com relação ao grau de automação intermediário os dados já existem no sistema e somente não são utilizados para cálculos gerais automatizados, ou podem ser inseridos em forma de bloco através de famílias, sendo um meio termo entre grau alto e baixo.

Pensando no uso das informações de projeto dentro dos sistemas BIM para gerar uma avaliação do projeto arquitetônico para aprovação junto aos órgãos competentes, pergunta-se: os sistemas BIM atuais permitem verificar de alguma forma se um projeto de arquitetura satisfaz total ou parcialmente as normas do código de edificações local para uma possível aprovação do mesmo por uma prefeitura ou administração? Em caso negativo, quais seriam as limitações dos atuais sistemas BIM em relação aos conceitos iniciais desta forma de representação de projeto? O que seria necessário ou como se poderiam construir procedimentos computacionais que resultassem em um grau significativamente maior de automatização da aprovação de projetos de arquitetura?

1.2 Hipótese

Acreditamos que a construção e utilização de diversos algoritmos novos implementados dentro de um sistema BIM, permitiriam a verificação de normas de edificação diretamente no modelo digital facilitando o processo e reduzindo o tempo de aprovação do projeto de Arquitetura em uma prefeitura ou administração.

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo geral

Demonstrar que o desenvolvimento de novos procedimentos ou algoritmos permitiriam a verificação de normas de edificação diretamente dentro dos sistemas BIM. Isto possibilitaria que modelos tridimensionais de projeto pudessem ser testados antes de gerar a documentação para aprovação dos mesmos junto às administrações locais. Possibilitaria também rapidez na aprovação de projetos de arquitetura pelas prefeituras ou administrações.

Neste sentido, seria necessário criar um algoritmo que fosse executado em um sistema BIM, permitindo fazer a verificação de normas dentro do modelo digital do projeto arquitetônico.

1.3.2 Objetivos específicos

* Compreender quais as normas de edificação que os sistemas BIM permitem verificar;

* Verificar por meio destes procedimentos se haverá menor quantidade de correção de erros e possíveis retrabalhos e ainda menor tempo para esses retrabalhos, contribuindo para reduzir o tempo geralmente gasto na aprovação dos projetos;

* Demonstrar que são viáveis ou não as possibilidades dos sistemas BIM de utilizar a informação dentro dos sistemas BIM para verificar automaticamente o cumprimento das normas de edificações do projeto, conforme descritas por Eastman em 1975, em seu artigo publicado no AIA Journal, na Universidade Carnegie-Mellon.

1.4 Estrutura da Tese

Esta tese está organizada em oito capítulos: No Capítulo 1, temos a Introdução, apresentamos o tema estudado, o problema da pesquisa, hipóteses, os objetivos pretendidos e a estrutura da tese.

O Capítulo 2, 3 e 4 apresentam o conjunto de todo referencial teórico necessário para a compreensão do tema e assuntos pertinentes aos mesmos. Dentre os assuntos abordados estão as normas de edificação no Brasil, a evolução dos sistemas de representação em arquitetura, a criação dos sistemas CAD, o avanço do uso dos computadores com a criação dos sistemas BIM, e os tipos de *softwares* dos sistemas BIM.

O Capítulo 5 trata da fundamentação teórica sobre os procedimentos de investigação adotados em relação aos parâmetros de análise usados no experimento para verificar a possibilidade de cumprimento das normas de edificações diretamente no modelo BIM de forma rápida e eficiente. Esses elementos fundamentais estabelecem características, parâmetros e elementos que já existem nos sistemas BIM, ou que devem ser mapeados dentro do ambiente virtual computacional.

O Capítulo 6 apresenta os procedimentos metodológicos utilizados nos experimentos, o tipo de pesquisa realizada e discorre como será feita a coleta e análise de dados desta tese. Apresentaremos quais são as normas que vamos utilizar para fazer o experimento, se será criado um *plug-in* ou um algoritmo, detalharemos como funcionará esse novo recurso para facilitar a verificação de normas de edificação, utilizando um grupo de

projetos para constituir a base de informações. Esses projetos serão modelados no sistema BIM escolhido e utilizados para análise de caso. Neste capítulo apresentamos ainda o desenvolvimento do experimento, mostrando quais são as normas de edificação que servirão como base de dados para o experimento, o tipo de software utilizado e quais os dados obtidos a partir da criação das fórmulas de cálculo. Isto envolverá seus resultados e discussão sobre os mesmos.

No Capítulo 7, a Conclusão onde foi feita uma síntese das implicações dos resultados encontrados com a criação dos algoritmos necessários para a verificação de normas. Incluído também a verificação de algumas normas de edificações, o algoritmo desenvolvido neste sentido e executado por meio do Revit.

O Capítulo 8 informa os desdobramentos futuros para o tema, suas aplicações e avanços.

Por último, apresentaremos as referências bibliográficas seguido dos anexos.

2 O DESENHO COMO REPRESENTAÇÃO DA ARQUITETURA

A palavra Arquiteto é bem antiga, esse termo nasceu da conjunção de duas palavras gregas “arkhein” e “tektion”. A primeira significa “chefe, comandar, dirigir” e a outra significa “carpinteiro, construtor, artesão”, passou ainda pelo latim se chamando “architectus”. A ideia atualmente por trás da palavra Arquiteto remete a um profissional independente que detém conhecimento sobre todas as áreas e aspectos do projeto e construção. Esta nomenclatura apareceu na Renascença e se consolidou a partir do século XVIII (WESTON, 2011. p. 63).

O grande problema do profissional arquiteto é que com o tempo acabou perdendo contato com as áreas construtivas e se apegou muito mais a projeção, deixando a área da construção para a Engenharia. No início da civilização quando não existiam nem a profissão de arquiteto nem a de engenheiro, mais precisamente até o Renascimento, existia uma persona denominada de mestre construtor. Esse mestre era responsável por todo o projeto e por todo o processo de construção. Sem sua presença no canteiro de obras significava que a mesma ficaria parada, ou pior, que ela seria executada de forma errada (WESTON, 2011).

O processo de evolução de mestre construtor em arquiteto, como hoje é conhecido, foi um dos elementos mais relevantes para o avanço da representação e entendimento sobre o que seria construído. Essa mudança foi criada a partir da evolução de como esse profissional conseguia transmitir as suas ideias para os construtores. Toda essa evolução só foi possível por meio do desenvolvimento das representações de projeto, com grande destaque em relação ao desenho.

No sentido de melhor compreender como estes sistemas funcionam e quais são seus parâmetros fundamentais, faz-se necessário revisar desde o início e evolução das técnicas de representação, do desenho a mão até a atualidade, incluindo a inserção do computador como ferramenta no processo de projeção. Este trabalho de fundamentação serve de base para entendermos porque essas representações avançaram e como elas contribuíram para o desenvolvimento do processo de projeção e de suas ferramentas, culminando nos sistemas BIM e como é importante avançarmos para aprimorar estas ferramentas para representação de projetos.

Segundo Mitchell (2005) todo e qualquer meio usado para representar ideias arquitetônicas como croquis, plantas, cortes, elevações, maquetes físicas, modelos virtuais, entre outros, são todas representações em arquitetura e dessa forma são utilizadas como símbolos para substituir alguma coisa ou entidade distinta. Independentemente do que sejam, vistas ortográficas, uso de softwares computadorizados ou modelos físicos, todas são ferramentas que tem por finalidade criar reduções representativas de um elemento real com o intuito de passar informações ou referências, simplificando a representação do objeto real.

Desde o início dos tempos o processo de representação da Arquitetura nos revela a busca de recursos apropriados, por parte dos arquitetos, para registrar e transmitir suas ideias a terceiros, de maneira mais próxima possível da sua intenção original. De tal forma que essas ideias e sua comunicação sejam o produto final dos esforços dos profissionais para a execução de suas propostas, marcando historicamente a profissão de arquiteto projetista. (MILIOLI, Larissa, 2012).

Na antiguidade todo executor de obras da construção civil utilizava da oratória, escrita e desenhos como forma de representar suas intenções de projeto. Isso acontecia por não existir um meio único de transcrição dessa ideia aos interessados na obra (KOSTOF, Spiro, 1977).

Os construtores e projetistas sempre se utilizaram dos desenhos para se expressar. O primeiro indício que se tem do uso de um desenho para a manufatura, ou seja, para a produção de um artefato, remonta a lenda grega que diz que Dibutades fez o uso de um traço ao redor da projeção da sombra de seu consorte, e através daquele desenho seu pai criou uma escultura utilizando como guia aquele contorno (PIPES, Alan, 2010, p. 28). Essa cena poética foi muito retratada no século XVIII e XIX como, por exemplo, no quadro de David Allan em 1773 (Figura 11), como podemos ver a seguir:

Figura 11 - Ilustração do uso da sombra como elemento de desenho



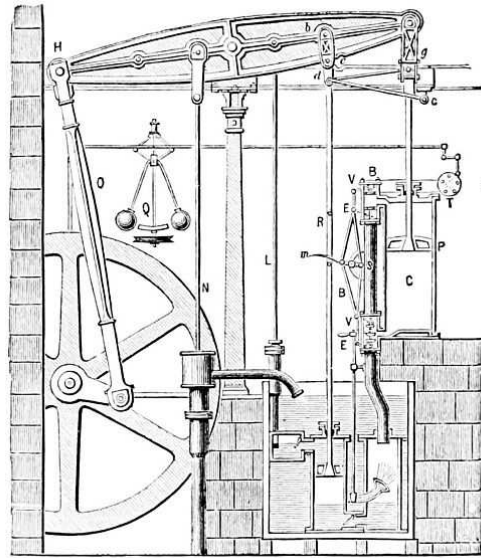
Fonte: Página do site mindeguia.com¹¹

Segundo Pipes (2010) o homem sempre utilizou o desenho para se expressar. Utilizou desenhos como esquemas de forma simbólica desde a Idade do Bronze. Esquemas com aparência e características semelhantes podem ser analisados em pinturas também no Egito. Foi encontrado em Fontalba uma vista em planta de um arado puxado por bois cuja data é estimada por volta de 1500 a.C. Até mesmo os gregos da antiguidade elaboraram a geometria e Euclides criou seu método de representação que foi utilizado com exclusividade até o fim do século XIX.

Ainda, o autor afirma que o desenho utilizado como forma de representação, a análise de sua origem, seus inúmeros significados em grande parte das vezes, não servem para demonstrar o papel social de sua utilização. Sua utilização como representação serve para combinar as ideias criadas na imaginação em Arquitetura com os elementos de produção material. Serve de forma primordial na maioria dos casos como elemento chave para uma tentativa de execução mais fiel possível com os recursos disponíveis do elemento imaginado pelo projetista (Id., 2010. p 29). Esse tipo de uso do desenho é bem identificado nos seus primórdios com o exemplo do motor projetado e construído por Matthew Boulton e James Watt (Figura 12).

¹¹ Disponível em: < <http://www.mindeguia.com/dibex/Dibutades-e.htm> > . Acesso em 06 jul. 2020.

Figura 12 - Esquema de motor a vapor por Matthew Boulton e James Watt em 1780



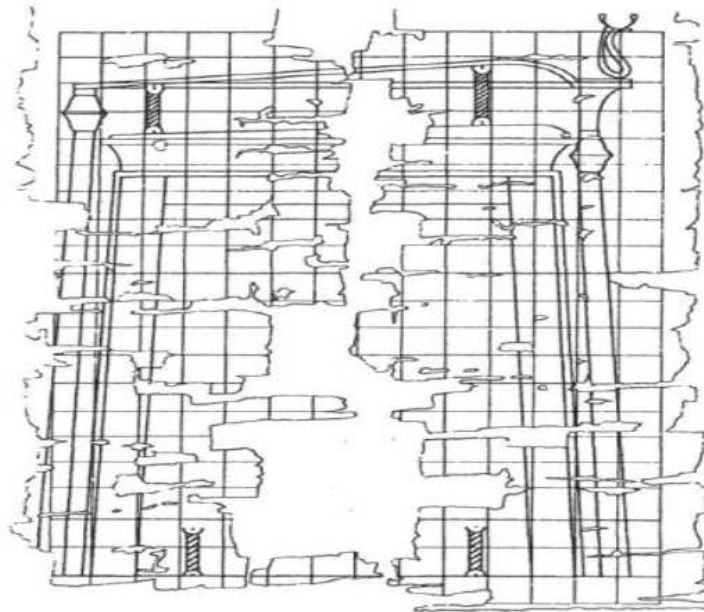
Fonte: Página da en.wikipedia.org¹²

Na idade média, os serviços dos arquitetos eram solicitados pelo Estado, pela Igreja, classes mais ricas, órgãos administrativos, entre outros. Por este motivo o profissional da Arquitetura era associado com os ricos e poderosos, e as suas funções requeriam conhecimento dos conceitos e prática da construção. A maioria dos projetistas eram administradores e responsáveis não apenas pela concepção, mas pela supervisão e apresentação de todos os grandes projetos públicos. Esses profissionais recebiam os títulos de "mestre construtor" e "supervisor de obras" (KOSTOF, Spiro, 1977).

Historiadores relatam que no antigo Egito a construção civil era baseada em uma série de desenhos combinados com modelos físicos, feitos em grande parte com uma armação de barbantes e estacas de madeira. Podemos ter uma ideia desse tipo de trabalho por meio da análise de fragmentos e restos desses desenhos encontrados por todo o Egito, como observamos na figura 13. Os egípcios utilizavam de planos quadriculados, imagens pitorescas de algumas edificações e até alguns indícios de plantas de edificações. Toda essa informação servia de manual de trabalho para o construtor e seus trabalhadores (ROBBINS, Edward, 1997).

¹² Disponível em: < https://en.wikipedia.org/wiki/James_Watt >. Acesso em 06 jul 2019.

Figura 13 - Desenho em Papiro, Egito, Dinastia XVIII



Fonte: Kostof (1977, p. 8).

Por ocasião do declínio da Idade Média e o surgimento da Renascença, o desenho usado nas atividades de projeto evoluiu, de tal maneira que os mestres construtores começaram a representar suas ideias por meio de plantas baixas, cortes e fachadas. Estes, na verdade, contêm um conjunto de instruções referentes às dimensões e partes das formas da edificação e seus elementos básicos (ZEVI, Bruno, 1996). Esta forma de representação vem gradualmente sendo utilizada pelos profissionais da área como o único meio, mais precisamente até a década de 1980 (ROBBINS, Edward, 1997).

A identificação de como a Arquitetura é percebida como característica cultural, social e determinante do período temporal só pode ser feita a partir do momento que examinamos como os projetistas fazem essa dinâmica da utilização do desenho na mudança social que sua arquitetura causa. Um dos elementos que podem ser percebidos é como a evolução da representação da arquitetura também está ligada diretamente com o que pode ser produzido. Um exemplo disso seria a arquitetura projetada e executada por Frank Gehry e Zaha Hadid, que só poderiam ser criadas com a tecnologia existente na atualidade (FAZIO, Michael; MOFFET, Mariam e WODEHOUSE, Lawrence, 2013).

É necessário verificar qual tem sido o uso do desenho na arquitetura do ponto de vista histórico. Tal verificação se faz necessária para ter o real entendimento de que ponto de vista técnico construtivo o avanço da construção só foi permitido a partir do momento que se fazia necessário uma forma de representação que permitisse seu completo entendimento e tridimensionalidade. Essa importância é explicada pela correta forma de identificar a representação de um projeto e sua correta execução baseada na representação. O desenho técnico em si depende da interpretação de uma pessoa. Com um modelo tridimensional a redução da realidade é menor, gerando uma menor possibilidade de erros do entendimento do projeto até a correta execução. Fica visível de forma clara no objeto tridimensional onde cada elemento está. Diferente das representações bidimensionais, onde as linhas que representam objetos são muito mais passíveis de erro ao conduzir a informação para uma interpretação tridimensional, variando de quem está interpretando se a informação não for totalmente clara.

O entendimento que se tem é que com o decorrer do tempo o desenho na Arquitetura vem sendo associado com as transformações culturais e organizacionais da sociedade a partir de sua prática, visto que basicamente o homem tem a tendência de só conseguir executar aquilo que consegue representar de alguma forma. Um exemplo disso seria a Sagrada Família de Gaudí (Figura 14), para a qual foi preciso fazer uma série de desenhos e maquetes físicas para poder ter um entendimento do que o arquiteto queria construir.

Figura 14 - Sagrada Família de Gaudí



Fonte: Página site .magnusmundi.com¹³.

¹³ Disponível em: < <https://www.magnusmundi.com/igreja-sagrada-familia-de-gaudi/>>. Acesso em 04 mar. 2021.

Outro exemplo de como esse processo funciona poderiam ser as execuções atuais dos projetos do Frank Gehry, que só podem ser realizados com a utilização de modelos computacionais gerados a partir de maquetes físicas. A partir desses modelos computacionais é que as peças construtivas podem ser produzidas de forma precisa, exata. Como exemplo dessas edificações temos o Museu Guggenheim de Bilbao (Figura 15) ou Disney Concert Hall.

Figura 15 - Museu Guggenheim de Bilbao



Fonte: Página do site commons.wikimedia.org¹⁴

O Museu Guggenheim de Bilbao de 1997 foi o projeto que impulsionou Frank Gehry como grande arquiteto ao mundo. Foi utilizada uma área onde funcionava a antigas docas de Bilbao na Espanha. Projetado como uma metáfora a pétalas de flores se abrindo, utilizando estrutura metálica e placas de titânio como acabamento da fachada, gerando um grande *frenesi* entre os seus visitantes, pois despertava vontade de tocar sua “pele” metálica (Figura 16). O museu funciona como uma espécie de espelho refletindo e absorvendo a cidade do outro lado do rio. Gerando uma quase iluminação metálica própria. Esse projeto gerou um grande numero de visitantes, muito mais do que a própria cidade inteira tinha o costume de receber. (FAZIO, Michael; MOFFET, Mariam e WODEHOUSE, Lawrence, 2013).

¹⁴ Disponível em: < http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guggenheim_museum_Bilbao_HDR-image.jpg >. Acesso em 09 ago. 2019.

Figura 16 - Disney Concert Hall



Fonte: Página do site archidialog.com¹⁵

Desde as antigas civilizações, incluindo os egípcios e os gregos, passando também pela Idade Média e o Renascimento, todas as mudanças no uso do desenho vêm sendo relacionadas a subseqüentes formas como a arquitetura era produzida e essas mudanças estão bem caracterizadas pela quantidade de informação que o projetista conseguia passar de forma clara para os construtores e peões. Quanto mais forma diferente se pode representar um elemento, mais facilitada fica a compreensão por parte de outras pessoas do que se quer representar. Assim, com mais elementos ilustrando qual é a ideia fica facilitado o entendimento de ações a serem executadas ou para que um cliente compreenda melhor.

Essas mudanças criadas durante o período entre a criação das primeiras representações, inclusive a mais antiga representação do que seria uma planta baixa de um Zigurate, templo com degraus nas laterais, é datada de 2130 a.C está gravado no colo de uma estatua de Gudea na cidade de Ur (Cidade ao sul Mesopotâmia, localizada onde hoje temos o Iraque) (Figura 17 e 18), a descoberta da elevação sansedoni e a criação da perspectiva no renascimento culminaram em um novo *status* social e cultural concedido aos profissionais, denominados arquitetos, cavalheiros da Renascença. Essa última promoção do artesão para

¹⁵ Disponível em: <<http://archidialog.com/tag/sciences-building-of-cooper-union-college/>> . Acesso em 12 out. 2020.

artista foi acompanhada e tornada possível através da centralidade e importância adquirida pelo desenho como instrumento de criação e produção na Arquitetura.

Figura 17 - Estatua encontrada na Gudea



Fonte: Página do site taringa.net¹⁶.

Figura 18 - Detalhe do colo da estatua encontrada na Gudea



Fonte: Página do site s3.amazonaws.com/lcp¹⁷

¹⁶ Disponível em: <<http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/13537474/Los-Sumerios-la-primera-civilizacion.html>>. Acesso em 05/06/2020.

¹⁷ Disponível em: <<http://s3.amazonaws.com/lcp/algargosarte/myfiles/Gudea-el-plano-2-.jpg>> . Acesso em 12 jan. 2020.

Os Gregos e os Romanos também se envolviam diretamente na construção do projeto. Para os gregos os desenhos não significavam parte do processo de projetar ou construir, sugerindo inclusive que o principal responsável pela arte em Arquitetura na Grécia eram os escultores de pedra, pois as grandes obras como o Parthenon (Figura 19) só poderia ser executada com grandes escultores, e que eles trabalhavam com o detalhamento verbal feito pelo arquiteto (que na época desempenhava as atribuições de mestre de obras e de arquiteto) (KOSTOF, Spiro, apud ROBBINS, 1997. p.10).

Figura 19 - Parthenon na Grécia



Fonte: Página do site en.wikipedia.org¹⁸

O desenho deveria ter sido utilizado pelos gregos na prática da arquitetura em edificações que possuíssem dois pavimentos. Primeiro porque os ajustes das fachadas seriam muito difíceis de serem feitos sem os desenhos preliminares em escala. Segundo porque o grande Vitruvius afirma explicitamente sobre o papel do desenho com essa função nos projetos da antiguidade. (KOSTOF, Spiro, apud ROBBINS, 1997. p.10).

Para o primeiro teórico da arquitetura Vitruvius no tratado de arquitetura a planta baixa, a fachada e o que ele chamava de perspectiva serviam como forma de interação entre arquiteto e patronos. Qualquer que tenha sido o papel do desenho na arquitetura antiga, não era um tipo de instrumento dominante no processo de projetar, nem mesmo livrando o

¹⁸ Disponível em: < https://en.wikipedia.org/wiki/Parthenon#/media/File:The_Parthenon_in_Athens.jpg>. Acesso em 20 jul. 2022.

arquiteto da sua responsabilidade como artesão. A geometria era mais importante para o projeto do que o desenho. Provavelmente o papel do desenho não mudou muito depois da queda de Roma.

A elevação Sansedoni (Figura 20) produzida pelo arquiteto Giovanni di Agostino demonstra de forma bem simplificada o que hoje chamamos de fachada, com algumas diferenças inclusive com informações escritas do que poderíamos caracterizar como o caderno de especificações e caderno de encargos. Essa imagem nos leva a vislumbrar o direcionamento que o desenho técnico tomou a partir desse período e sua necessidade de passar elementos com a quantidade de informação necessária para a compreensão de sua totalidade de elementos. Revelando a mudança que ocorreria em alguns anos na relação entre o arquiteto como projetista e o construtor. Essas mudanças no desenho e a parte escrita do contrato que detalha sua construção permitiram que o arquiteto projetista não fosse mais necessário no canteiro de obra, resultando em que o mesmo pudesse se envolver em mais de um projeto ao mesmo tempo (TOKER apud ROBBINS, 1997).

Figura 20 - Elevação Sansedoni



Fonte: Página do site docplayer.com¹⁹

¹⁹ Disponível em: <: <https://docplayer.com.br/61375170-Simulacao-computacional-ambiental-no-sistema-bim-possibilidades-e-limitacoes-do-calculo-da-luz-natural.html>>. Acesso em 15 ago 2020.

Robbins ainda faz um esclarecimento direto sobre como seriam as representações: “a representação da elevação (Sansedoni) é ortogonal, desenhada em escala, fornece medições dimensionais e é acompanhada com descrições por escrito, para orientar a sua realização” (ROBBINS, Edward, 1997, p. 12-13).

Existem ainda hoje no Egito fragmentos de desenhos datados de 300 a.C que nos dão a noção sobre seu uso em arquitetura. Percebemos a existência de grades quadriculadas representando planos, juntamente com imagens pictóricas de construções e até rabiscos de plantas feitas em tabuleiros de pedra, no caso o calcário, usado como uma espécie de guia de trabalho que podem ser vistos na entrada do templo de Hórus (Figura 21). Com esse exemplo fica claro a obrigatoriedade da presença do projetista na construção (ROBBINS, 1997, p. 10).

Figura 21 - Templo de Hórus



Fonte: Página do site dreamstime.com²⁰

Na antiguidade existia a figura do mestre construtor que projetava imaginando o produto final e o apresentava para fins de execução oralmente aos construtores ou por meio de maquetes junto aos financiadores. Esse mestre construtor não podia se ausentar do sítio, pois sem ele que detinha todo o conhecimento do projeto a obra não caminhava, ou se caminhava de forma errada na maioria das vezes. Quando o mestre construtor necessitava se retirar do

²⁰ Disponível em: < <http://pt.dreamstime.com/fotos-de-stock-royalty-free-templo-de-horus-edfu-egipto-image6094008>> . Acesso em 20 abr 2020.

sítio e por isto deixou instruções através de desenhos e instruções orais com os operários para a execução do projeto aconteceram equívocos na compreensão das mesmas. Temos o caso do grande mestre construtor Brunelleschi, que necessitou se ausentar em parte da execução de um projeto seu chamado Ospedale Degli Innocenti (Figura 22) em Florença onde deixou desenhos, anotações detalhadas e explicações orais de como todos os trabalhadores de como deviam executá-las, mas assim que retornou verificou que suas instruções haviam sido ignoradas, ou entendidas de forma distorcida, resultando numa edificação de menor qualidade e diferente do que inicialmente foi concebido por Brunelleschi (ROBBINS, Edward, 1997).

Figura 22 - Ospedale Degli Innocenti em Florença na Itália

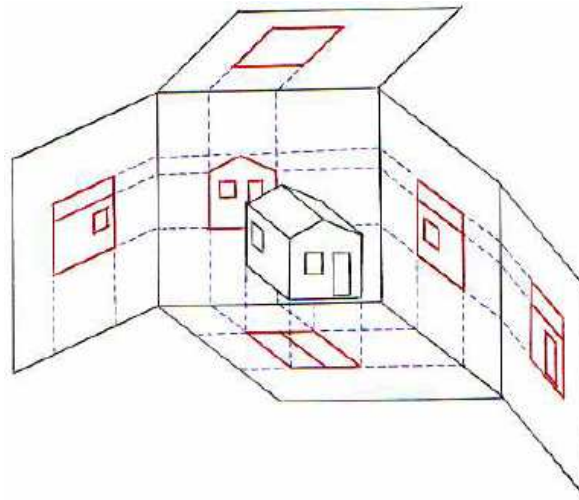


Fonte: Página do site idlespeculations-terryprest.blogspot.com²¹

Em meados do fim da Idade Média, mais precisamente no início da Renascença, no século XVI, as técnicas de representação tiveram grande avanço com o surgimento de estudos e experimentos para a criação das projeções ortogonais (plantas, cortes, fachadas, etc.) (Figura 23). Estas foram desenvolvidas como elemento principal necessário para transmitir a ideia do projetista para os construtores e escultores. O processo de mudança no papel do desenho para a arquitetura foi gradual, mas decisivo para que fosse permitido ao projetista sair do local de construção e trabalhar em mais de um projeto por vez (ROBBINS, Edward, 1997).

²¹ Disponível em: < <http://idlespeculations-terryprest.blogspot.com.br/2006/12/ospedale-degli-innocenti-foundling.html> > . Acesso em 10 jan. 2022.

Figura 23 - Projeções ortogonais em Arquitetura



Fonte: Página do site techline.com²²

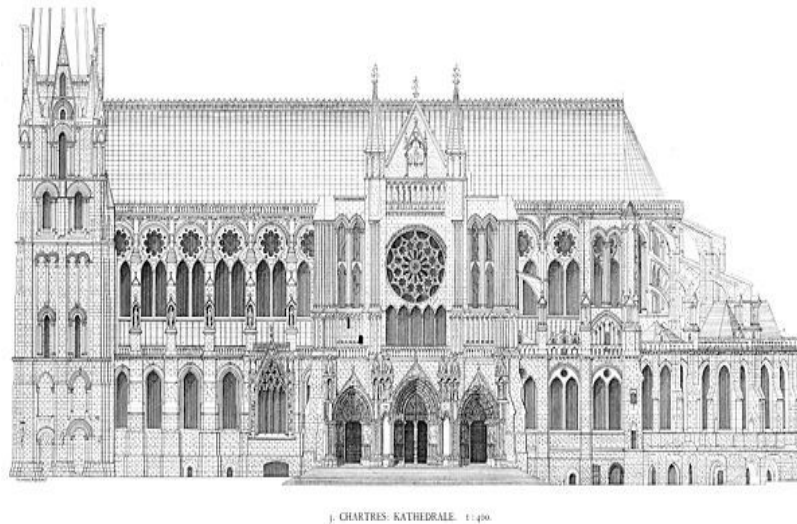
Desenhar constitui uma parte significativa da habilidade dos construtores medievais, mas não era crucial para a definição do seu trabalho. Isso por que o construtor medieval combinava em si mesmo o papel de arquiteto, supervisor, empreiteiro e artesão. No entanto o construtor medieval foi aperfeiçoando sua habilidade em desenho de arquitetura. Ele ainda não a havia aperfeiçoado o suficiente para que o desenho por si só orientasse completamente os profissionais da construção de um projeto. Isto ocorria devido ao fato de que as plantas baixas informavam apenas as dimensões e as perspectivas de algumas poucas vistas da edificação cujo entendimento completo requer inúmeras delas (ROBBINS, Edward, 1997).

Bruno Zevi (1996) descreveu que cada passo do projeto com estilo Gótico era conscientemente e rigorosamente planejado, e que seus desenhos tinham um grande papel no seu planejamento. Todas as incríveis fachadas eram desenhadas para os patronos e para persuadir as autoridades para conseguir executar os projetos. Os desenhos eram utilizados para angariar fundos para um projeto e para facilitar a escolha de diferentes tipos dos mesmos durante sua construção. Para Bucher apud Robbins (1997, p. 12) foi no período Gótico que o desenho começou a ganhar uma importância parecida com a que tem hoje em dia em projetos

²² Disponível: <<https://techlinecom.files.wordpress.com/2013/04/representac3a7c3a3o-grc3a1fica-2.png>> . Acesso em 13 fev. 2022.

direcionados para arquitetura. Contudo os projetos em si estavam limitados pela geometria predominante no período Gótico como pode ser observado na catedral de Chartres na figura 24.

Figura 24 - Catedral de Chartres



Fonte: Página do site pinterest.com²³

Na realidade, gerando como consequência a possibilidade de que o arquiteto não precisasse mais ficar diretamente no canteiro de obras. Por meio da representação gráfica o arquiteto pôde assumir mais de uma obra ao mesmo tempo e consequente aumento de ganhos financeiros. Uma vez que o arquiteto passou a “pensar” a edificação para que outros a executassem ele adquiriu o status de artista, intelectual. O desenho foi o instrumento que possibilitou essa ascensão social. Passando a ser o elemento central do projeto e sua construção em todas as suas etapas e sendo o responsável por todas as determinações criativas de sua concepção e construção (ROBBINS, 1997, p. 10). Segundo Milioli,

O desenho também estava começando, por meio da elevação Sansedoni, a assumir uma nova importância como um instrumento aparentemente autônomo no processo de concepção e projeto arquitetônico. Esta separação de concepção entre a realização e cada um dos atores associados, no seu tempo, tornaria possível - com a invenção dos tipos de desenhos ainda mais precisos - um novo discurso arquitetônico. (MILIOLI, 2012).

²³ Disponível em: < <https://br.pinterest.com/pin/395824254728762538/>>. Acesso em 16 mar. 2022.

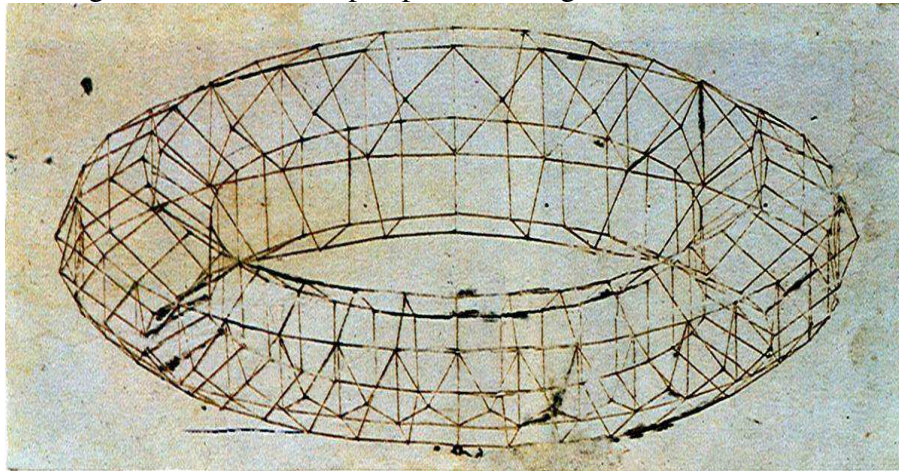
Este tipo de mudança só foi ocasionado graças à utilização de desenhos em escala juntamente com modelos matemáticos de projeto. Dessa forma foi criado um projetista chamado conceitual que não necessita ficar no sítio na construção do projeto. O desenho veio a ser o instrumento crítico que permitiu que esse projetista, agora chamado de arquiteto, passasse a ser predominantemente projetista e pensador.

Esta separação entre concepção do elemento projetual e sua execução, bem como entre os elementos chaves para sua elaboração (estruturas, acabamentos, detalhes, inter-relação entre elementos, etc.) de projeto e construção só foi possível através da criação de desenhos mais precisos e bem mais detalhados e informativos. Essa transformação do arquiteto não se deu de forma rápida, pois segundo Albertino (apud ROBBINS, 1997, p.13-14) começo do século XV e ocorreu de forma lenta, o arquiteto tinha que projetar enquanto o construtor construía. O desenho apenas guiava essa parceria, funcionando como forma de linguagem entre projetista e executores.

A partir do século XVI os desenhos produzidos pelo arquiteto começam a ter um propósito maior do que apenas representar uma ideia. Esses desenhos passam a ter função de explicar como construir o projeto idealizado. Mesmo assim, com o propósito maior e melhoramento das técnicas de desenho o seu papel ainda era limitado, sujeito a interpretações dos executores, a existência de erros, colisões ou inconsistências. A explicação para essas falhas é que nem todos os elementos arquitetônicos estão representados no mesmo ambiente, e principalmente porque as plantas baixas, cortes e fachadas informam apenas as dimensões e parte das formas dos elementos da edificação.

Na Renascença o desenho permitiu aos arquitetos a capacidade de experimentar e se expressar de forma melhor que na Idade Média. O advento dos desenhos em perspectivas, como os estudos feitos por Paolo Uccello (Figura 25), e os grandes trabalhos com luz e sombra permitiram melhor entendimento para representar as ideias de projeto. Desta forma, possibilitaram que o desenho se tornasse uma forma de memória da arquitetura. Muitos pensadores dessa época atestam o crescimento da importância gerada pelos desenhos e os textos dessa época apontam para a transformação social e cultural no mundo da arquitetura (ROBBINS, Edward, 1997).

Figura 25 - Estudo de perspectiva designado a Paolo Uccello



Fonte: Página do site es.wahooart.com²⁴

Zevi(1996) já identificava e alertava as limitações dos desenhos bidimensionais e que os elementos arquitetônicos estariam sujeitos a interpretação da pessoa a executar a obra, sendo assim ele afirmou:

Na verdade, a planta de um edifício nada mais é que uma projeção abstrata no plano horizontal de todas as suas paredes, uma realidade que ninguém vê a não ser no papel, cuja única justificativa depende da necessidade de medir as distâncias entre os vários elementos da construção, para os operários que devem executar materialmente o trabalho... (ZEVI, Bruno, 1996, p. 18).

Todas as plantas baixas de uma edificação são seções da mesma que fisicamente é impossível de se ver. Trata-se de uma representação no papel com a intenção de representar os elementos da edificação com o único propósito de identificar distâncias e posicionamentos entre eles para as pessoas responsáveis pela sua execução. Assim sendo, torna-se pouco detalhada para representar todas as características da edificação como um todo.

A redescoberta da perspectiva, dos cortes analíticos e fachadas haviam sido uma grande contribuição para o método de projeto, na época. No entanto, ainda com limitações, conforme a crítica apresentada acima sobre a forma como o projeto era entendido e os meios pelos quais era concebido.

²⁴ Disponível em: < Fonte: <http://es.wahooart.com/@/PaoloUccello>> . Acesso em 08 set. 2020.

Ainda é possível perceber que Zevi entendia totalmente as limitações do desenho bidimensional, sujeito a interpretações diversas e para o fato de que a perspectiva apenas sugere a terceira dimensão e que ela não deveria ser definida como a solução do problema:

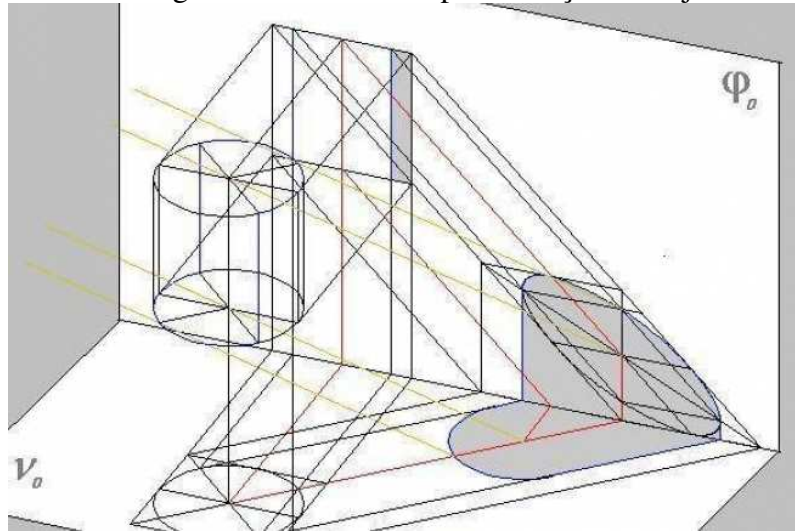
a mente humana descobriu que, além das três dimensões da perspectiva, existia uma quarta... O pintor parisiense de 1912 fez o seguinte raciocínio: eu vejo e represento um objeto, por exemplo... uma mesa; vejo-o de um ponto de vista e faço o seu retrato nas suas três dimensões a partir desse ponto de vista. Mas se... caminhar ao redor da mesa, a cada passo mudo o meu ponto de vista, e para representar o objeto desse ponto devo fazer uma nova perspectiva. Consequentemente, a realidade do objeto não se esgota nas três dimensões da perspectiva; para possuí-la integralmente eu deveria fazer um número infinito de perspectivas dos infinitos pontos de vista. Existe, pois, outro elemento além das três dimensões tradicionais, e é precisamente o deslocamento sucessivo do ângulo visual. Assim designou-se o tempo, 'quarta dimensão' (ZEVI, 1996, p. 20-22).

O autor ainda aponta a necessidade de um melhor entendimento da quarta dimensão (tempo), para poder existir um entendimento perfeito de um objeto tridimensional real. Todo objeto que por natureza são tridimensionais são muito difíceis de serem representados integralmente através de uma perspectiva, pois para fazê-lo seria preciso desenhar um número infinito de pontos de vistas.

As técnicas de perspectivas foram desenvolvidas no Renascimento por Leon Baptista Alberti (1404-1472) através do tratado de 1435, publicado em 1511, intitulado "Della Pictura". Nas perspectivas as projeções são cônicas onde as linhas de um objeto convergem para um ou mais pontos. As imagens são criadas através de um plano transparente que intersecta as projeções. Os desenhos axonométricos combinam fachadas, plantas e cortes entre si em um único desenho, e foram importantes para arquitetos do século XX (ROBBINS, Edward, 1997; SANTOS, Luís Andre, 2007). A vantagem desse tipo de projeto é que se poderia representar e utilizar um desenho em três dimensões com escala.

Seguindo a evolução da representação gráfica para a construção civil, a geometria descritiva (Figura 26), utilizada a partir do século XIX, trouxe novas possibilidades para os projetistas e construtores. Essa nova disciplina permitiu pela primeira vez uma redução sistemática dos objetos tridimensionais a duas dimensões, tornando possível o controle e precisão exigidos pela Revolução Industrial (PEREZ-GÓMEZ; PELLETIER, 1992).

Figura 26 - Uso da geometria descritiva para redução de objetos 3D em 2D



Fonte: Página do site procueroexplicador.com²⁵

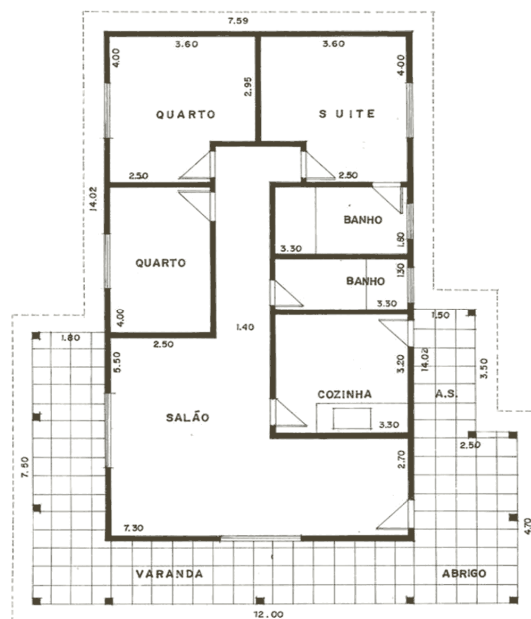
Todas as técnicas de desenho geométrico oferecem múltiplos recursos em duas e três dimensões capazes de representar um projeto, mas ainda de forma limitada, pois não permitem representar os objetos de forma completa. O arquiteto tem a capacidade de conceituar objetos novos e experimentais, ou até mesmo possibilidades ilusórias com o uso do papel. Mesmo com as suas limitações o desenho continua a desempenhar o papel de meio de comunicação entre cliente, profissionais de arquitetura e construção, na produção social e materialização de um projeto.

Desenhos de arquitetura do século XX são geralmente mais coesos, projetados e geometrizados para descrever em duas dimensões um objeto de três dimensões. Os diferentes pontos de vistas oferecem aos arquitetos diferentes formas para analisar e representar um projeto. Vistas ortográficas são uma forma comum de representação de desenho no século XX. Os desenhos como plantas baixas, cortes, etc, apresentam informações diferentes do projeto, permitindo que o arquiteto possa manipular diferentes aspectos do mesmo. Esses desenhos podem ser feitos em diferentes escalas, utilizando sombras, texturas e tonalidades de acordo com o uso da cor e da linha, e podendo ser extremamente detalhados (ZEVİ, Bruno, 1996).

²⁵ Disponível em: < Fonte: <http://procueroexplicador.com/explicador/geometria-descritiva-explicacoes-10o-11o-12o-ano/>>. Acesso em 15 abr. 2020.

As representações menos pessoais e mais convencionais em desenho tem que ser o produto final do processo de projeto e deve representar mais fielmente quanto possível como o mesmo deve ser executado, um exemplo de um desenho de representação é uma planta baixa (Figura 27). Geralmente estes desenhos contêm um texto que informa ao construtor as dimensões, estrutura e outros detalhes específicos necessários para completar a construção da edificação.

Figura 27 - Planta baixa de pequena residência



Fonte: Página do site [pinterest.com](https://br.pinterest.com/pin/188377196887991798/)²⁶

Para um profissional de arquitetura conseguir se expressar de forma correta é necessário ter familiaridade com todos os tipos de representação em arquitetura e suas variadas técnicas de apresentação disponíveis para existir um melhor entendimento entre arquiteto, cliente, construtores e órgãos de fiscalização. A forma pela qual elas são usadas apresenta questões sobre a influência do desenho na organização social do projeto.

²⁶ Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/188377196887991798/>>. Acesso em 20 fev 2020.

Contudo, o desenho por si só, não é capaz de revelar e explorar todas as potencialidades de um projeto de arquitetura. Segundo Bruno Zevi (1996), a arquitetura tem elementos que a distinguem das outras atividades artísticas. Ele afirma que:

O que a distingue das outras atividades artísticas está no fato de agir com um vocabulário tridimensional que inclui o homem. A pintura atua sobre duas dimensões, a despeito de poder sugerir três ou quatro delas. A escultura atua sobre três dimensões, mas o homem fica de fora, desligado, olhando do exterior as três dimensões. Por sua vez, a arquitetura é como uma grande escultura escavada, em cujo interior o homem penetra e caminha” (ZEVI, 1996, p. 20-22).

Em Saber ver a arquitetura Zevi (1996) reitera o fato de que as técnicas de desenho e representação bidimensional em arquitetura podem gerar conflitos de entendimentos com relação às informações nele contidas.

Na verdade, a planta de um edifício nada mais é do que uma projeção abstrata no plano horizontal de todas as suas paredes, uma realidade que ninguém vê e não ser no papel, cuja única justificativa depende da necessidade de medir as distâncias entre os vários elementos da construção, para os operários que devem executar materialmente o trabalho. As fachadas e as seções longitudinais, interiores e exteriores, servem para medir as alturas. Mas a arquitetura não provém de um conjunto de larguras, comprimentos e alturas dos elementos construtivos que encerram o espaço, mas precisamente do vazio, do espaço encerrado, do espaço interior em que os homens andam e vivem. Em outras palavras, utilizamos como representação da arquitetura a transferência prática que o arquiteto faz das medidas que a definem para uso do construtor. Para o que diz respeito ao objetivo de saber ver arquitetura, isso equivale, mais ou menos, a um método que, para ilustrar uma pintura, desse as dimensões da moldura ou calculasse as distâncias das diversas cores, reproduzindo-as separadamente (ZEVI, 1997, p.20).

O elemento norteador da arquitetura é o homem. É para ele que a arquitetura é pensada e desenvolvida. São suas sensações ao utilizar a edificação e a perceber é que determina se é uma boa ou má arquitetura. Como poderíamos simular esse uso da edificação antes de sua execução? Fisicamente isso seria impossível, mas através dos recursos gerados pelos softwares CAD como, por exemplo, os percursos interativos em ambientes virtuais podem chegar bem próximos das sensações reais de visitar a obra finalizada.

Muitos outros grandes profissionais da arquitetura discorreram sobre a natureza tridimensional da arquitetura. Para Le Corbusier essa natureza seria descrita como se a arquitetura fosse um jogo primoroso, correto e magnífico de massas reunidas na luz. Caracterizando elementos da arquitetura impossíveis de se definir e estudar em um ambiente

bidimensional (CHING, Francis D. K, 2006). Para Forrest Wilson (apud CHING, Francis D. K, 2006) uma construção afeta todos os sentidos do corpo humano, enquanto a escultura e a pintura apelam apenas para os olhos e a música para a audição. Sendo assim a arquitetura é muito mais difícil e complexo de se entender e apreciar.

Normalmente a arquitetura é produzida por pessoas comuns, para pessoas comuns; por conseguinte, ela deve ser facilmente compreendida por todos (RASMUSSEN, 2000). A melhor maneira existente de simular o espaço interior é através do uso de softwares tridimensionais que permitem a modelagem de sólidos e fazer passeios virtuais pelo projeto, permitindo melhor entendimento do mesmo pelo leigo bem como por qualquer profissional da construção.

Fica claro que arquitetura é geralmente tida como um sistema altamente especializado munido de um conjunto de objetivos técnicos predeterminados, e não uma arte social e sensual sensível aos desejos e sentimentos humanos. Tal limitação (possibilidade de interpretação ambígua em desenhos ortogonais) se manifesta de modo mais alarmante no fato de basear-se em diagramas bidimensionais que enfatizam mais os aspectos quantificáveis da organização do edifício do que as qualidades policromáticas e tridimensionais da experiência arquitetônica como um todo (CHING apud BLOOMER e MOORE, 1997).

Assim sendo, as formas complexas e difíceis de serem representadas podem ser fidedignamente modeladas e fabricadas utilizando recursos computacionais, permitindo que atualmente erros de interpretação sejam muito raros de acontecer. Neste panorama é que grandes arquitetos contemporâneos como Frank Gehry, Zaha Hadid, Norman Foster, etc, tem condições de projetar e construir sua arquitetura com formas livres com toda precisão de detalhes e sem erros de interpretação de ideias. Podendo criar formas cada vez mais complexas, pois podem ser entendidas e executadas através de softwares de projeto e construção. Podemos citar o caso do Museu Guggenheim de Bilbao de Frank Gehry (Figura 28) e a originalmente nomeada de Swiss Re Tower e atual 30 St Mary Axe de Norman Foster (Figura 29).

Figura 28 - Museu Guggenheim de Bilbao



Fonte: Página do site pt.wikipedia.org²⁷

Figura 29 - 30 St Mary Axe



Fonte: Página do site pt.wikipedia.org²⁸

Conforme evidenciamos nas figuras acima, podemos identificar arquiteturas com formas muito complexas. O que dificulta sua representação com desenho bidimensional.

²⁷ Disponível em: < Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Museu_Guggenheim_Bilbao>. Acesso em 14 mar 2020.

²⁸ Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/30_St_Mary_Axe#/media/File:30_St_Mary_Axe_-_The_Gherkin_from_Leadenhall_St_-_Nov_2006.jpg>. Acesso em 15/06/2020.

3 O COMPUTADOR COMO FERRAMENTA DE PROJETO EM ARQUITETURA

Após meados do século XX, o computador foi inserido no processo de projeção por meio do uso da tecnologia CAD (Computer Aided Design, Projeto Auxiliado por Computador). Semelhantemente à criação de muitas tecnologias avançadas, o projeto auxiliado por computador foi desenvolvido no início com perspectivas de uso militar, em 1950, pela força aérea americana em associação com o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Teve origem a partir de um sistema que combinava um *display* de tubo de raios catódicos com uma arma de luz para marcar elementos em um radar e criar táticas defensivas. Esse sistema geraria de forma rápida e direta no monitor, informações que na época demorariam muito tempo, as vezes horas ou dias para serem calculadas em um computador(WESTON, Richard, 2011).

Em 1960 a Itek, uma empresa do ramo de defesa foi contratada para a produção de equipamentos ópticos nos Estados Unidos, recebeu um fundo para desenvolver um sistema gráfico interativo para desenhos que ficou mundialmente conhecido como Eletronic Drafting Machine, ou pela tradução direta de máquina de desenho eletrônico (EDM). Esse sistema teria como utilização e função principal ainda a representação de táticas militares de forma direta e visual (WESTON, Richard, 2011)

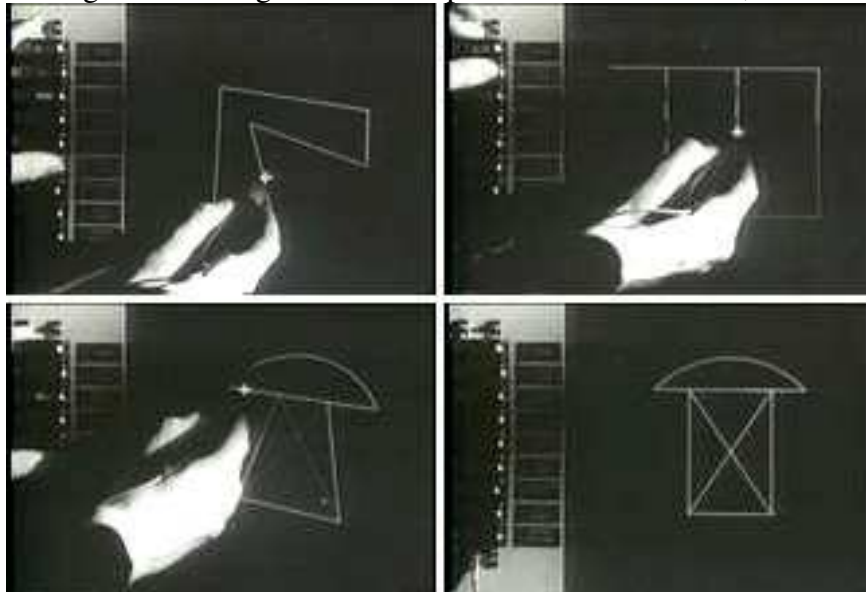
Ao mesmo tempo em que a Itek desenvolvia o EDM, no MIT (Massachusetts Institute of Technology) estava sendo defendida a tese de Doutorado de Ivan Sutherland, mais precisamente 1963, onde ele criou o primeiro protótipo de sistema computacional voltado para a representação gráfica, o *Sketchpad*, que levou a criação mais tarde de uma companhia chamada Applicon em 1968 (SUTHERLAND, Ivan, 2003).

Este tipo de sistema possibilitou a criação e manipulação de quaisquer desenhos bidimensionais em terminais monocromáticos para engenharia (ROONEY, Joe; STEADMAN, Philip, 1987). O Sketchpad era um sistema que funcionava com vetores e antecipava uma forma de parametrização rudimentar, porque estabelecia a relação de proporções entre dimensões dos elementos nele desenhados a partir de parâmetros definidos pelo usuário na formação dos elementos previamente definidos (MARK, Earl, 2008).

O sistema criado por Sutherland tinha características dos sistemas atuais de desenho bidimensionais por computador, como por exemplo, a sua interface interativa

permitia ao usuário se comunicar instantaneamente com o computador através de uma caneta-luz (Figura 30), enquanto que os outros programas daquela época eram processados em bloco, enviados do terminal até o computador central cujo resultado era disponibilizado depois de várias horas e às vezes dias (PIPES, 2010, p.35).

Figura 30 - Imagem do Sketchpad de Ivan Sutherland, 1963



Fonte: Weston, 2011

A vantagem principal do uso do *Sketchpad* foi a substituição do desenho manual feito à mão com réguas e tinta nanquim pelo desenho direto no computador, permitindo impressões rápidas e gerando um maior fluxo de trabalho. Esta tecnologia ficou conhecida como CAD (*Computer Aided Design*), cuja nomenclatura significa projeto auxiliado por computador (WESTON, Richard, 2011).

O início da mudança que o uso do computador trouxe para o processo de projeção aconteceu no início da década de 1960, com o desenvolvimento de uma série de estudos e experimentos, culminando na criação de softwares que permitiam manipular desenhos em ambientes bidimensionais, permitiu substituir a produção manual de documentos de projeto realizados até então em pranchetas de forma manual, isto é as projeções ortográficas, por uma representação eletrônica, reduziu o tempo gasto na produção das pranchas, facilitou alterações, correções e promoveu impressão rápida. (SCHODEK, Daniel, et al, 2005).

A partir da criação do *Sketchpad* veio a formação de uma companhia chamada de *Applicon* em 1968, renomeada depois de *Analytics Incorporated*. Essa companhia desenvolveu máquinas CAD comerciais, plotters coloridas a jato de tinta (a primeira aparecendo em 1977) e depois comprou a licença de outra companhia chamada de *Manufacturing Data Systems, Inc* em 1981 utilizando um software com um sistema de modelagem tridimensional (WESTON, Richard, 2011).

Os sistemas computacionais evoluíram, no início da década de 1970, mais precisamente em 1973 foi produzida a primeira geração de formas tridimensionais de fácil modelagem e edição feita por três grupos diferentes, Ian Braid na Universidade de Cambridge, Bruce Baumgart na Universidade de Stanford, e Ari Requicha e Herb Voelcker na Universidade de Rochester. Esses grupos utilizaram dois diferentes métodos, um chamado de B-rep, ou seja, *Boundary Representation* que definia formas utilizando operações *booleanas* (união, subtração e interseção), múltiplas formas poliédricas e operações de refinamento (chanfro, corte e movimentação de furos em uma única forma). (EASTMAN, Chuck, et al, 2008, p. 26).

O outro método chamado de *Constructive Solid Geometry* - CSG representava uma ramificação de operações para chegar a forma desejada. Mais tarde estes dois métodos foram unificados permitindo a edição dentro da estrutura de ramificação CSG e também a mudança da forma através do uso de operações de B-rep. Por meio do B-rep os objetos eram formados através de operações *booleanas* e do CSG tornou possível editar utilizando parâmetros numéricos. Contudo, seu uso se restringiu a formas simples devido à dificuldade de obtenção de formas curvas utilizando planos (EASTMAN, Chuck, et al, 2008, p. 26-27).

Modelos de tridimensionais de projeto foram criados no fim dos anos 1970 e início dos anos 1980 por meio dos pioneiros RUCAPS, TriCad, Calma, e GDS como pode ser visto na figura 31. Os projetistas ainda utilizavam representações bidimensionais porque se sentiam mais confortáveis e os custos de dos mesmos modeladores tridimensionais eram muito elevados (EASTMAN, Chuck, et al, 2008, p. 27-28). Para os profissionais da área da construção civil esse tipo de ferramenta só ficou disponível a partir da década de 1980 com a comercialização do computador pessoal.

Figura 31 - Formas simples tridimensionais: esfera, cubo, cilindro e cone



Fonte: <https://cesp.forumeiros.com/t170>
Disponível em: 21/07/2020

O uso da modelagem tridimensional tornou possível a projeção e construção de formas complexas, mais livres e sinuosas que marcaram a arquitetura contemporânea, como por exemplo, as formas com curvaturas em mais de um sentido (KOLAREVIC, Bruno, 2003, p. 3). Para o autor as implicações dessa nova tecnologia comparada com o desenho à mão garantem possibilidades de projeto anteriormente impossíveis de ser concebidos, desenvolvidos e executados sem a possibilidade de sofrer múltiplas interpretações, frequentemente divergentes, que ocorrem na representação bidimensional:

As arquiteturas digitais topológicas, de espaços geométricos não-Euclidianos, sistemas cinéticos e dinâmicos e algoritmos genéticos, estão suplantando as arquiteturas tecnológicas. Processos de projeção baseados em meios digitais, são caracterizados por transformações dinâmicas, ilimitadas e imprevisíveis, mas consistentes, de estruturas tridimensionais, e estão possibilitando novas arquiteturas (KOLAREVIC, 2003, p.3).

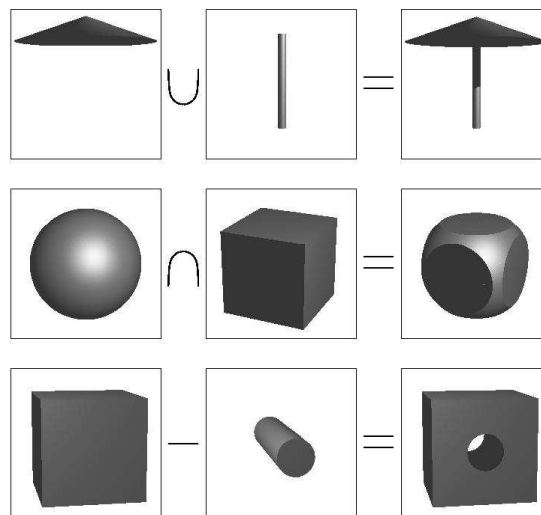
Mitchell(1994) corrobora acrescentando que a diferença entre modelos sólidos e seus predecessores representantes de desenhos ortográficos bidimensionais era o fato de que os mesmos possuíam um nível maior de complexidade de representação da geometria. Esses modelos têm volume definido e podem ser produzidos por operações *booleanas* (adição, subtração e intersecção), a partir de sólidos gerando formas cada vez mais diversificadas (MITCHELL, 1994, p. 268-269).

Modelos sólidos possuem um nível mais elevado de complexidade de representação geométrica do que as correspondentes imagens “*bitmapped*” (matriciais), desenhos

vetoriais bidimensionais, modelos em *wireframe* e modelos feitos de superfícies (MITCHELL, 1994, p. 268).

No fim dos anos 80, a evolução dos computadores permitia fazer transformações geométricas de forma rápida e em tempo real. Possibilitava manipular sólidos simples como esferas, cilindros, cubos e cones e realizar operações entre os elementos como adição, subtração, intersecção, etc. (Figura 32). Desta forma permitia a criação de outros elementos, bem como sua larga utilização, principalmente nas indústrias automobilísticas, naval e aeroespacial (MITCHELL, 1996; SCHODEK et al, 2005).

Figura 32 - Operações Booleanas: união, intersecção e subtração respectivamente



Fonte: <https://cesp.forumeiros.com/t170>
Disponível em: 21/07/2020

Essa imagem marca uma importante mudança de paradigmas com o uso do computador, pois com a criação das operações booleanas ficou muito mais fácil criar uma variável maior de possibilidades de elementos que poderiam ser modelados com o uso de união, intersecção e subtração.

Com o advento nos anos 1990 de ferramentas possibilitando modelar e modificar elementos tridimensionais de forma mais satisfatória e interativa, seu uso em ensino e em projeto tornou-se mais fácil e recorrente, podemos citar a criação de softwares como Autocad com a possibilidade de modelagem tridimensional, 3D Studio Max, Sketchup, etc.

O ensino de projeto auxiliado por computador utilizado na Penn State University é usado como alternativa aos métodos manual de representação e com o uso de computador com softwares CAD bidimensionais, tendo como função melhorar o processo de projetar, não simplesmente aumentando a velocidade em que uma solução é encontrada. O computador é usado, por exemplo, para analisar elementos do projeto de forma interativa, para estudar a luz no espaço arquitetônico, não simplesmente gerando cálculo de iluminação, mas demonstrando como a luz afeta a edificação ampliando espaços e se tornando um elemento arquitetônico. Além disso, permite simular o tempo e movimento, como ele muda a luz, sombra e como esses elementos afetam os outros elementos arquitetônicos. Demonstrando a quarta dimensão amplamente discutida por Zevi (KALISPERIS, Loukas, 1996).

As entidades tridimensionais criadas através de modelagem genérica de sólidos ainda representam apenas geometria e também na maioria dos casos informações sobre texturas utilizadas para efeitos visuais. Essas entidades podem ser interpretadas de várias maneiras no que concerne ao tipo de material e comportamento ou a função construtiva desempenhada por elas. Essa representação abstrata e genérica é vantajosa no contexto de projeção no qual a flexibilidade é necessária e as decisões em relação à caracterização precisa de seus elementos necessita ser postergada (Mark, Earl, et al, 2008).

Por outro lado, este tipo de representação passa a ser desvantajosa em contexto de projeção no qual é necessário analisar todos os elementos do projeto proposto do ponto de vista do projetista, considerando as vantagens, contribuições e necessidades que esse projetista teria em seu processo de criação, tais como:

- Benefícios para o proprietário antes da construção: Criar um modelo aproximado vinculado a uma tabela de custos para prever as possibilidades orçamentárias do cliente sem gastar tempo e dinheiro antes de realmente começar o projeto, fazendo uma análise previa de valores antes de começar uma obra que poderia ter valores diferentes e quantitativos equivocados. Gerar modelo esquemático que permita fazer análise ambiental e de funcionalidade, garantindo melhor qualidade e sustentabilidade antes de iniciar o projeto.
- Benefícios de projeto: Visualização mais apurada e mais cedo de um projeto, gerando modelo tridimensional permitindo visualizar o projeto de forma detalhada e em qualquer estágio do processo de projeto. Correções automáticas quando pequenas mudanças são feitas no projeto por alinhamento, fazendo com que o projetista ganhe tempo em gerar correções. Possibilidade de extrair desenhos bidimensionais detalhados em qualquer etapa do projeto. Colaboração mais cedo de todos os projetos envolvidos no processo, podendo trabalhar ao mesmo tempo com os engenheiros à medida em que o projeto vai avançando, garantindo menos tempo e erros dispendidos nos projetos. Extrair custos ao longo do processo de projeto, permitindo mudanças e estimativas para melhor atender o cliente. Melhora a

sustentabilidade e eficiência energética, permitindo que ferramentas de análise de energia possam ser usadas nas etapas iniciais do projeto, garantindo modificações para melhor usufruir das capacidades energéticas da edificação.

- Benefícios da construção e fabricação: Sincronizar o projeto e a construção, permitindo a vinculação do modelo tridimensional com o plano de construção, oferecendo condições para um acompanhamento diário da obra, gerando a oportunidade de antever problemas e melhoramentos (avanço em partes do projeto, segurança, materiais, espaço, etc.). Descoberta de erros e omissões ainda no projeto, garantindo que os projetos de arquitetura e complementares estejam em modelo único, o que permite a possibilidade de identificar e sanar quaisquer sobreposições e erros. Identificar efeitos que mudanças feitas em projeto ou no site sejam rapidamente analisadas através do modelo tridimensional. Uso do modelo tridimensional como base para a fabricação de componentes [no local?], garantindo ajuste perfeito na fabricação e redução de custos.
- Benefícios pós-construção: Melhor manutenção e operação da edificação, através do modelo contendo uma gama de informações de todos os projetos da edificação que podem ser acessadas facilmente para ajudar em mudanças e equipamentos” (EASTMAN et al, 2008, p.16-21).

A partir de 1981 a empresa denominada *Autodesk* foi formada a partir da colaboração de programadores que saíram de outras empresas, em sua grande maioria engenheiros e programadores. Produziram o software utilizado pela maioria dos projetistas, mas ainda era um sistema bidimensional para desenho e projeto em sistemas CAD, o AutoCad.

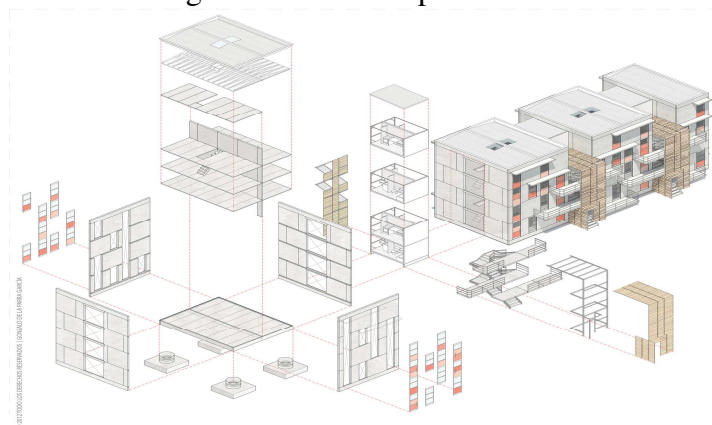
O custo dos primeiros sistemas CAD e hardware necessário para que ele fosse rodado limitavam seu uso em arquitetura, mas com advento dos computadores pessoais em 1980 eles se tornaram o elemento que viria a substituir as pranchetas de desenho na maioria dos escritórios. As vantagens de seu uso são imensas. Eles conseguiam criar uma forma mais fácil de coordenar milhares de documentos necessários para construir grandes projetos, que podem ser atualizados de forma rápida e imprimindo quantas pranchas fossem necessárias. Enquanto alguns lamentam a perda do desenho manual e suas habilidades o CAD foi aceito praticamente quase que totalmente para a produção na fase de desenho do processo de projeto em Arquitetura (WESTON, Richard, 2011).

Ainda Weston afirma que visualizações geradas por computador acabaram se tornando a forma mais comum de apresentar ideias de projetos para os clientes, planejamento de elementos, inserção e geração de vídeos. Os assim chamados "arquitetos digitais" estão explorando o grande potencial da geração paramétrica de formas em softwares por meio dos sistemas BIM para projetar edificações que não poderiam nem sequer ser imaginadas sem a utilização dos sistemas CAD (Ibid, 2011).

A criação de novas tecnologias de sistemas computacionais em conjunto com novos processos de produção gerados nos últimos quarenta anos, tais como a fabricação digital e prototipagem rápida abriram uma gama de possibilidades para o processo de projeção nas áreas da Arquitetura, Engenharias e Construção Civil, incluindo vantagens como, por exemplo, o ganho de tempo e aumento de produtividade, pois é possível gerar um arquivo que vai ser mandado direto para a fábrica, diminuindo custos e tempo de execução. (CELANI, Gabriela, 2012).

No final do século XX, vivencia-se uma nova mudança de paradigmas com relação à indústria da construção civil e o uso da computação para atividades de projeto. Essa nova mudança devido a criação dos sistemas BIM, *Building Information Modeling*, que tem como princípio básico a construção de um modelo tridimensional único através de uma base de dados parametrizados do projeto (EASTMAN et al, 2008) (Figura 33). Desta forma controla todas as informações específicas do projeto tais como de suas dimensões, materiais, formas, comportamentos, custos, etc. Permite compatibilizar automaticamente todos os projetos interdisciplinares e suas interfaces. Possibilita realizar simulações de realidade virtual (inclusive da quarta dimensão-tempo), modificando e organizando-as com o intuito de otimizar custos, cronogramas e execução de edificações (Ibid, 2008).

Figura 33 - Modelo paramétrico



Fonte: Página do site [archdaily.com](https://www.archdaily.com)²⁹

²⁹ Disponível em :< <https://www.archdaily.com.br/br/888814/o-que-e-o-bim-e-por-que-ele-e-fundamental-nos-projetos-arquiteticos-atualmente>>. Acesso em: 20 abr 2021.

Os softwares BIM são uma das mais promissoras tecnologias sistematizadas na indústria da construção civil. (EASTMAN, Chuck, et al, 2008; EASTMAN, 1975 apud LAISERIN, 2008) Quando o modelo gerado nos software BIM estiver completo, conterà geometria precisa e todas as informações, tais como tipo de material, reflexão, inter-relações entre elementos e materiais, quantitativos, etc., relevantes para a construção, fabricação e atividades relativas e necessárias para executar a edificação.

Dentre os conceitos iniciais do que se tem noticiado sobre BIM, o mais antigo foi publicado por Charles M. “Chuck” Eastman, no “*AIA Journal*”, no artigo intitulado “*Building Description System*” , onde ele descreve um novo tipo de sistema que deveria modificar a forma como representamos o projeto de arquitetura gerando as seguintes facilidades:

Qualquer mudança no arranjo só será feita uma vez para todos os desenhos futuros a serem atualizados. Todos os desenhos derivados do mesmo arranjo de elementos seriam automaticamente atualizados de forma consistente... análises quantitativas podem ser feitas diretamente no modelo... Estimativas de custos e de materiais podem ser geradas facilmente... provendo um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas... verificação de código de edifício em prefeituras ou no escritório do arquiteto. Contratantes de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para cronogramas e quantitativos de materiais (EASTMAN 1975 apud LAISERIN, 2008).

O termo BIM, tal como utilizamos atualmente, que tem por significado modelo de construção da informação em uma tradução literal, surgiu em 1992 na publicação do artigo *Automation in Construction* (LAISERIN, 2008, Foreword XI, apud EASTMAN et al, 2008). Esse termo vem sendo utilizado e conceituado de várias formas por vários grupos e estudiosos diferentes. Chuck Eastman o conceitua diretamente com o intuito de apresentar as características imaginadas para o futuro dos softwares que se utilizariam de um elemento que significaria uma mudança em como os softwares trabalhavam: a parametrização.

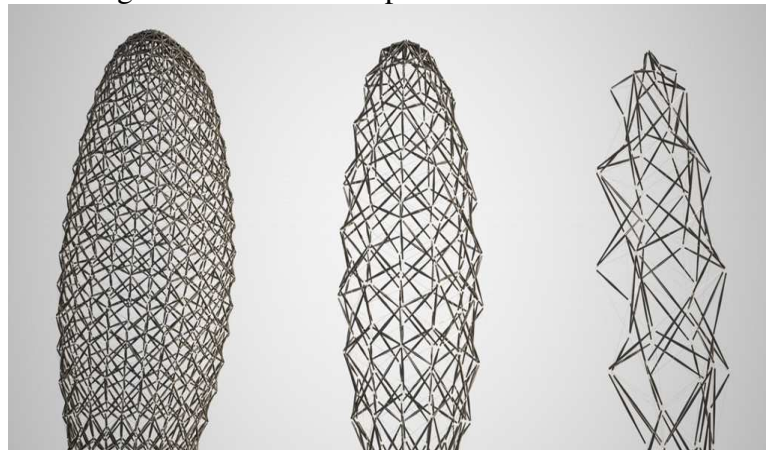
BIM é uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos, comunicações e análises de modelos de construção... Componentes construtivos representados com inteligência digital que sabe como eles são e podem ser associados com gráficos computacionais, atributos e regras paramétrica. (EASTMAN et al, 2008, p. 13).

Outra forma de interpretar o significado de BIM foi descrito por Race como sendo o “M” podendo significar model (modelo) ou management (gerenciamento), trazendo uma nova perspectiva à sigla. Deste tipo de pensamento “como modelo, nos dá uma gama de

possibilidades, deste estático até dinâmico, o que é aceitável quando pensamos em informação no ciclo de vida de um projeto”. Se formos mesmo interpretar o “M” como management a interpretação de Race é que ele “gera uma perspectiva muito poderosa e abrangente do que o acrônimo tenta de fato representar. Implica em planejamento, organização, controle de recursos e informações não só do projeto, mas do projetista de forma combinada com a finalidade de construir o empreendimento como ele foi idealizado inicialmente”(RACE, Steve, 2014, p. 159).

Os objetos modelados através de um sistema BIM são parametrizados, representando não apenas geometria, mas também propriedades alteráveis. Os objetos são formados por parâmetros, características e normas que determinam a geometria e forma final do elemento idealizado com, por exemplo, uma estrutura de cobertura (Figura 34), ainda com outras características não inerentes a forma (propriedades não geométricas) (EASTMAN, Chuck et al, 2008). A forma feita em um sistema BIM se modifica e se ajusta instantaneamente à medida que seus parâmetros são modificados.

Figura 34 - Elementos paramétricos estruturais



Fonte: Página do site orambra.com³⁰

O princípio básico da utilização de um sistema BIM é a articulação do modelo tridimensional diretamente com uma base de dados com uma série de informações sobre o projeto, possibilitando, controlar todas as informações gerais e específicas, compatibilizando todos os projetos interdisciplinares e suas interfaces, podendo criar simulações por realidade

³⁰ Disponível em: <<http://www.orambra.com/~parametricStructures.html>>. Acesso em 15/08/2020

virtual (inclusive com a percepção da quarta dimensão-tempo descrita por Bruno Zevi em seu livro saber ver a arquitetura), modificando e organizando-as com o intuito de otimizar custos, cronogramas e execução de edificações, capitando informações de todos os participantes do projeto em um modelo único (Figura 35) (EASTMAN, Chuck et al, 2008). Em um modelo paramétrico os objetos são definidos através da utilização de parâmetros como distâncias, ângulos, e regras como “anexado a”, “paralelo a”, “distante de”. Estas relações permitem que cada elemento varie de acordo com seu parâmetro e relação contextual (EASTMAN et al, 2008).

Figura 35 - Aplicações em modelo único BIM



Fonte: Página do site spbim.com³¹

Para alguns pesquisadores como Neil Calvert (2013) e a própria Autodesk fabricante do Revit, os sistemas BIM podemos classificar as informações dentro do sistema como dimensões. O sistema pode ter quantas dimensões e níveis de informação for utilizado no modelo e temos 7 principais dimensões:

2D Gráfico – são as dimensões do plano, onde estão representadas graficamente as plantas do empreendimento.

-3D Modelo – adiciona a dimensão espacial ao plano, onde é possível visualizar os objetos dinamicamente. Um modelo 3D pode ser utilizado na visualização em perspectiva de um empreendimento, na pré-fabricação de peças, em simulações de iluminação. No caso do BIM, cada componente em 3D possui atributos e parametrização que os caracterizam como parte de uma construção virtual de fato, não apenas visualmente representativa.

³¹ Disponível em: <https://spbim.com.br/o-que-e-o-bim/>. Acesso em 15 set 2020.

4D Planejamento – adiciona a dimensão tempo ao modelo, definindo quando cada elemento será comprado, armazenado, preparado, instalado, utilizado. Organiza também a disposição do canteiro de obras, a manutenção e movimentação das equipes, os equipamentos utilizados e outros aspectos que estão cronologicamente relacionados.

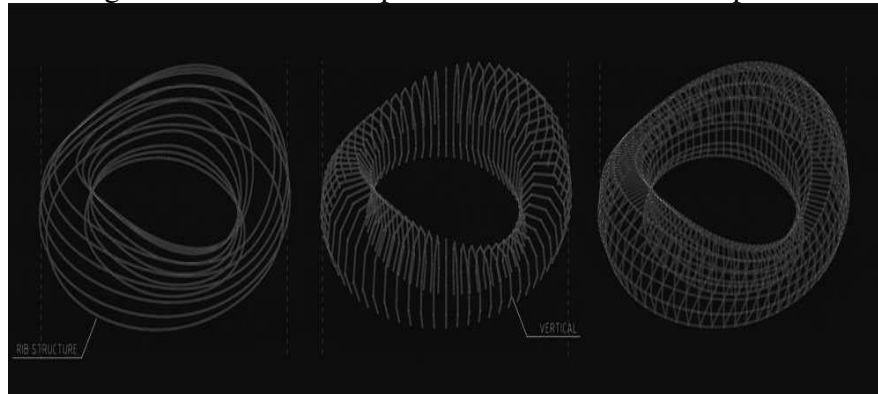
5D Orçamento – adiciona a dimensão custo ao modelo, determinando quanto cada parte da obra vai custar, a alocação de recursos a cada fase do projeto e seu impacto no orçamento, o controle de metas da obra de acordo com os custos.

6D Sustentabilidade – adiciona a dimensão energia ao modelo, quantificando e qualificando a energia utilizada na construção, a energia a ser consumida no seu ciclo de vida e seu custo, em paralelo a 5ª dimensão. A energia, neste caso, pode estar diretamente relacionada ao impacto físico do projeto no meio em que este está inserido.

7D Gestão de Instalações – adiciona a dimensão de operação ao modelo, onde o usuário final pode extrair informações de como o empreendimento como um todo funciona, suas particularidades, quais os procedimentos de manutenção em caso de falhas ou defeitos(CALVERT, 2013, p.).

Profissionais como Wolfgang Knoll e Martin Hechinger vem disseminando a ideia de que a utilização de sistemas BIM necessariamente leva a uma menor variabilidade de soluções arquitetônicas. Cremos que este entendimento é consequência, em primeiro lugar, de uma confusão conceitual direta sobre o que vem a ser um sistema BIM e em conjunto a parametrização. Estes são frequentemente confundidos com sistemas CAD genéricos mais antigos nos quais são utilizados largamente blocos de componentes com dimensões e formas fixas que de fato induzem à repetitividade e conformidade de formas. É preciso, antes de mais nada, explicar que um sistema BIM não é baseado em blocos, mas em famílias de objetos paramétricos. Ao contrário do que ocorre em um sistema CAD baseado em blocos, em um sistema BIM, a partir de cada objeto paramétrico podem ser derivadas inúmeras soluções específicas não necessariamente o que foi inicialmente pensado (Figura 36).

Figura 36 - Elementos paramétricos estruturais de parede



Fonte: <https://soa.cmu.edu/mscd/>. Acesso em 20/04/2020³².

Elementos paramétricos refletem o comportamento e atributos do mundo real. Um modelo feito em um sistema BIM tem como característica uma relação consistente entre elementos do modelo enquanto está sendo manipulado. Ou seja, se você aumenta o parâmetro da largura das paredes o modelo automaticamente se ajusta às aberturas e demais elementos vinculados às paredes (JERNIGAN, 2008). Como todos os elementos são tridimensionais toda e qualquer alteração feita em um deles é automaticamente inserida em qualquer uma das vistas. O modelo eletrônico gerado no final do processo de projeção em um software BIM é constituído de um banco de dados que permite gerar qualquer simulação e informação do projeto de um protótipo de como será a construção real da edificação.

Segundo Kolarevic o projeto paramétrico pode ser entendido e conceituado da seguinte maneira:

No projeto paramétrico, são os parâmetros de um projeto específico que são declarados, não sua forma. Através da atribuição de diferentes valores aos parâmetros, diferentes objetos ou configurações podem ser criados. Equações podem ser usadas para descrever relações entre os elementos, definindo assim uma geometria associativa [...]. Desta forma, interdependências entre objetos podem ser estabelecidas, e o comportamento dos objetos sob transformações definidos (KOLAREVIC, 2003, p. 17).

Em um projeto paramétrico ao invés de se projetar um elemento como uma porta ou janela, o projetista define uma classe de elementos, também chamada de famílias, que possuem um conjunto de regras e relações que controlam os parâmetros (EASTMAN, Chuck

³² Disponível em: < <https://soa.cmu.edu/mscd/> > . Acesso em 20 abr 2020.

et al, 2008). Desta forma, variando os valores de cada parâmetro as especificações de cada elemento são ajustadas instantaneamente.

O avanço de modelagem paramétrica alterou as representações do projeto arquitetônico de notação de formas geométricas para a notação de modelos geométricos paramétricos, modificáveis, possibilitando ainda a construção de relações geométricas instrumentais. Estas últimas envolvem relações entre os modelos definindo uma geometria constituinte na qual os objetos estão mutuamente conectados (SILVA, AMORIM, 2010).

Um software BIM multiplica todas as possibilidades de criação e gerenciamento de soluções projetuais. Multiplica as formas de visualização dos elementos, bem como permite a manipulação de volumes, formas (desde as mais simples até as extremamente complexas e orgânicas), permitindo inclusive a transmissão de dados para produção de elementos também através do computador. Através dessa produção e abordagem de modelar objetos e não apenas fazer representações, os sistemas BIM agregam ao processo todas as características e propriedades dos materiais envolvidos no projeto, desde relações entre geometrias, comportamento entre elementos construtivos, e geração de “maquetes eletrônicas”. Possibilita dessa forma um maior contato com a área de vendas, produção gráfica e marketing do projeto (BERNSTEIN et al., 2014; SUCCAR, 2015; SANTOS, L., 2017; CHECCUCCI, 2018).

Alexander Justi afirma que a tecnologia BIM existente em um software é responsável pelo resultado dinâmico do projeto, onde uma modificação em uma forma de visualização do mesmo resulta na atualização automática de todas as outras como um efeito dominó (JUSTI, 2010). Se um objeto é projetado por meio de uma hierarquia de parâmetros, se você modificar uma visualização dos parâmetros todas as outras visualizações sofrerão a mudança (EASTMAM, 2008).

Os sistemas BIM através de simulações podem ser utilizados para, entre outras coisas, auxiliar no estudo de aumento de eficiência energética de uma edificação, desde a implantação do projeto e sua melhor localização, até um melhor gerenciamento do uso de iluminação artificial, através do estudo de apropriação da luz natural.

No sentido de conhecer e aplicar algum dos sistemas BIM, os profissionais da arquitetura têm que voltar a ter conhecimentos de construção, deixados de lado com o fim da

profissão de mestre construtor. Os sistemas BIM exigem não apenas conhecimento de projeto, mas de execução e sobre as interações entre os seus diversos elementos.

Os sistemas BIM há bastante tempo vêm sendo largamente utilizados nas indústrias navais, espaciais, automotivas e aeroespaciais. Algumas dessas indústrias inclusive aboliram o desenho no papel como processo de projeto. Somente nos últimos anos é que a indústria da construção civil vem tentando adotar a tecnologia BIM em seu processo de projeto e fabricação. Pode-se ter uma maior clareza de sua importância e utilização quando vemos projetos contemporâneos de arquitetura. Muitos deles possuem formas orgânicas possíveis de executar com precisão apenas através do uso do computador.

O papel do arquiteto em geral é gerar a intenção do projeto inicial, utilizando acessórios para sua execução. No sistema BIM o projetista vai criando o modelo naturalmente enquanto vai resolvendo problemas com relação a construtibilidade. Decidir que tipo de parede, gerenciando o problema de proporção espacial entre elementos, equipamentos necessários para sua utilização, também com outros elementos e relações entre eles dentro do projeto, manufatura e gerenciamento de relacionamento com cliente (Figura 37). Não mais fazendo isso em etapas isoladas, como de onde comprar, qual fornecedor e código do fabricante. Já pode ser realizada diretamente de dentro de um sistema único de projeto desde o início. Criando consistência, fazendo com que o arquiteto tenha maior domínio sobre uma gama maior de informações de projeto e construção, voltando aos moldes do que poderíamos caracterizar como um retorno do mestre construtor.

Figura 37 - Projeto multidisciplinar em um único lugar



Fonte: Página do site [temsustentavel.com](http://www.tem sustentavel.com)³³

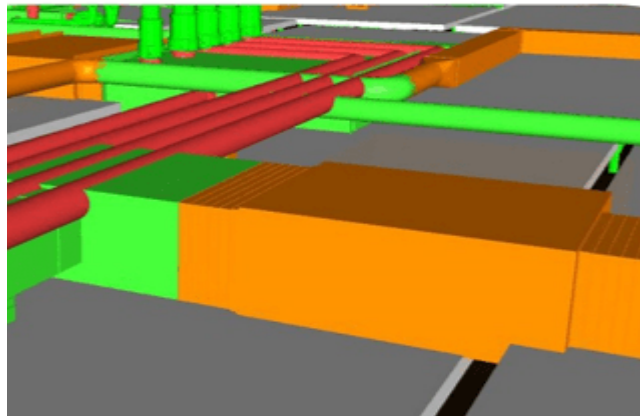
³³ Disponível em: < <http://www.tem sustentavel.com.br/plataforma-bim-o-que-e-e-os-motivos-que-torna-essencial-para-arquitetura-sustentavel/>> . Acesso em 22 mai. 2019.

Checucci(2019) define BIM um conjunto de métodos e tecnologias computacionais, em conjunto com métodos de trabalho visando a representação completa da edificação através de modelos digitais que darão suporte aos profissionais da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) durante todo o ciclo de vida da edificação. Desde sua concepção, planejamento, construção, operação (que envolve uso, gestão e manutenção) e pós ocupação.

Os sistemas BIM possibilitam eliminar a separação entre o modelo do projeto, a criação de tabela de quantitativos e outros elementos de informação da edificação utilizando recursos tridimensionais em tempo real. Estes agem de forma integrada sobre a geometria, relações espaciais, referenciamento geográfico, propriedades de cada componente construtivo, similaridades de elementos e modelos projeto e sistemas de construção também conhecidos como CAD/CAM. Isto potencialmente elimina a divisão entre projeto e construção (WESTON, Richard, 2011).

Como podemos ver na figura 38 a seguir, a forma simples e direta como os sistemas BIM nos permitem identificar e analisar de forma precisa diretamente no modelo tridimensional um problema de compatibilização de projetos facilmente pela visualização do modelo tridimensional.

Figura 38 – Elementos construtivos em não conformidade



Fonte: <https://spbim.com.br/o-que-e-o-clash-detection/>. Acesso em 27/04/2020³⁴.

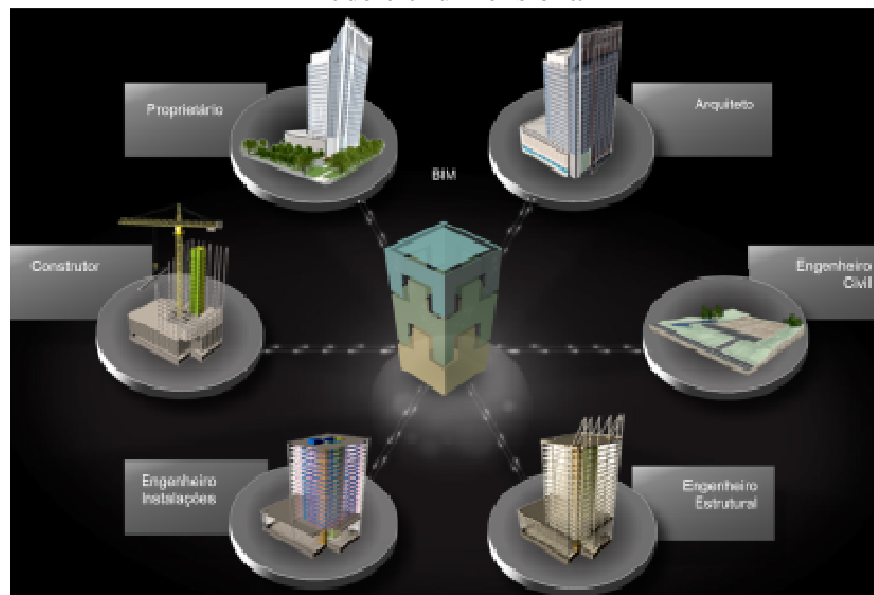
³⁴ Disponível em: < <https://spbim.com.br/o-que-e-o-clash-detection/> >. Acesso em 27 abr. 2020.

Servindo muito mais do que otimizar um processo de projeto e produção, os sistemas BIM podem ser utilizados para contribuir para o desenvolvimento de projetos sustentáveis, pois permite uma grande redução dos desperdícios de materiais. A tecnologia BIM é uma tecnologia paramétrica. Isso quer dizer que as informações do projeto são unificadas, sincronizadas e coordenadas por todas as representações gráficas, possibilitando a criação de vários tipos de simulações, com o propósito de ajudar na decisão do projetista na adoção de opções variadas com menos recursos naturais ou não utilizados ou desperdiçados, ou até não permitindo que ocorram discrepâncias entre as produções gráficas e documentações das diversas disciplinas envolvidas no projeto, que poderiam com certeza gerar muito transtorno e retrabalho por parte do projetista, ou até necessitar de um único profissional com o papel de compatibilizar projetos (LIMA, 2010).

Os sistemas BIM vem integrando as áreas de arquitetura, engenharia e indústria da construção. Uma reportagem recente feita pela empresa McGraw Hill Construction denominada de "The BIM Value in North America" de 2012, relata que 71 por cento das empresas de construção, arquitetura e engenharia estão implementando sistemas BIM em seus projetos. Esses dados revelam acréscimo de 28 por cento em relação ao levantamento feito no ano de 2007. A implementação do BIM nestes tipos de mercado chegaram ao ponto de clímax entre a projeção e a construção, voltando o arquiteto a ter papel central e gerenciador de ambas às etapas. (MESSNER, KREIDER, 2013).

O Uso desse tipo de sistema garante a habilidade de rapidamente e de forma fácil gerar elementos que permitem aos projetistas visualizar e utilizar uma rica base de dados do projeto que podem ser manipuladas por vários usuários através de todo ciclo de projeto e construção, inclusive ao mesmo tempo. (Figura 39).

Figura 39 - Imagem de vários profissionais colocando e extraindo informações do mesmo modelo tridimensional



Fonte: Página do site brunotecnologia.wordpress.com³⁵

Os softwares BIM consistem em ferramentas muito poderosa e que resulta também em um grande nível de complexidade de detalhamento de elementos. Tendo como elemento chave possibilitar a modelagem tridimensional paramétrica. A partir deste modelo é possível extrair as plantas baixas, cortes, elevações, perspectivas e detalhes. Permite também extrair tabelas contendo especificações e quantitativos de materiais. Desta forma possibilita gerar toda a informação necessária para produzir a documentação do projeto de uma edificação.

Desenhos criados utilizando os sistemas BIM não são um conjunto de linhas bidimensionais, formas que são interpretadas para representar uma edificação, eles na realidade são vistas reais extraídas diretamente de um único modelo virtual construído diretamente dentro do software. Esse modelo tridimensional consiste na composição de elementos ou mais comumente conhecidos como famílias inteligentes que não contém somente elementos físicos, mas também podem gerar funcionais atributos arquitetônicos de projetos e com atributos físicos de engenharia e de construção.

³⁵ Disponível em: <https://brunotecnologia.wordpress.com/>. Acesso em 18 dez. 2020

Os elementos criados nos sistemas BIM são gerenciados, manipulados e movimentados através de uma hierarquia de parâmetros que podem ser organizados e armazenados pelo projetista da melhor forma que lhe convier. Esses elementos compartilham uma associação bidirecional o que quer dizer que se um elemento é modificado ou manipulado em algum lugar do modelo essas modificações serão visíveis em todas as outras vistas que esse elemento deva aparecer. Um bom exemplo desse comportamento é uma porta. Se esta porta é movimentada dois metros a direita em uma vista tridimensional, automaticamente as plantas e vistas frontais onde essa mesma porta aparecem também fazem a movimentação.

Além destas características de modificação automática em vistas diferentes, cada elemento conserva um arquivo de informações dentro dele mesmo. É basicamente como se cada pequeno componente de cada família fosse interpretado como um projeto inserido em um projeto maior. Um exemplo disso é um projeto de uma maçaneta, que está inserido no projeto de uma porta, que por sua vez está inserida em um projeto de arquitetura. Quando comparamos Esses elementos utilizados no sistema BIM com os utilizados nos sistemas CAD genéricos, suas ferramentas de armazenagem de informação de um elemento, suas anotações podem ser feitas de uma forma direta dentro dos sistemas BIM permitindo de forma fácil extrair, reportar e organizar toda informação do seu projeto para todos os participantes do projeto e seus colaboradores de forma simples e rápida, coisa que não pode ser feita nos sistemas CAD genéricos.

De acordo com o Instituto Nacional Norte Americano de Ciências da Construção (*National Institute of Building Sciences*) o conceito de sistemas BIM é uma representação digital de uma construção física e funcional, que serve como elemento básico para distribuição de informação para tomada da decisão durante todo ciclo da vida de uma edificação. Trabalhar com os sistemas BIM é a mesma coisa que você trabalhar com ferramentas que necessitem na realidade de muito mais informação para realizar uma modelagem da informação da construção qualquer implicando aumentar sua atenção em um projeto com muito mais informação, sendo muito mais colaborativo do que se você utilizar essa ferramenta pra simplesmente replicar o seu processo de projeto que você já fazia anteriormente a mão ou com os sistemas CAD genéricos. Isso implicaria em um sucesso

limitado, pois sua utilização estaria sendo subaproveitada, mesmo que gere uma aceleração no seu processo produtivo.

Para quem já tem um sistema de trabalho mudar para o sistema BIM é um processo que requer informação. Essa transição é necessária para que se tenha uma visualização do que esta poderosa ferramenta pode oferecer. Fazer a transição para o uso do BIM na realidade tende a modificar como projetistas e empreiteiros conseguem visualizar e analisar o processo de projeto e documentação durante todo o ciclo do projeto. Desde a concepção até a ocupação da edificação. Em um sistema CAD tradicional cada vista é desenhada sem nenhuma relação entre si. Esse tipo de processo produtivo leva a equipe de projeto para fazer vistas, elevações, tabelas e as perspectivas sem nenhuma coordenação direta, tendo que fazer qualquer modificação feita nos arquivos de forma manual e mais trabalhosa.

No Brasil, mesmo com o grande destaque em todas as mídias e com a obrigação da aplicação e uso de BIM em obras do governo, seu uso ainda está em fase inicial de implantação no país. Um estudo no ano de 2013 identificou que o estágio de implantação do BIM no Brasil era inicial, encontrando experiências de sua utilização no projeto e construção da edificação, contudo faltava experiência por parte dos usuários nas áreas de operação, manutenção e pós-ocupação da edificação (CHECCUCCI, PEREIRA E AMORIM, 2013).

Em 2016 e 2017 fizeram levantamento similar, onde constataram um cenário ainda muito similar a experiência anterior, e afirmaram que dentro do ciclo de vida da edificação, BIM era adotado nas fases de projeto e construção, ou seja, ainda sendo utilizado muito como ferramenta de representação, mas na fase de operação da edificação ainda estava em fase preliminar (RUSCHEL et al., 2017).

Empresas brasileiras no ano de 2000 começaram a adotar BIM, mas poucas conseguiram utilizar a modelagem no processo completo de projeto. Ainda, Machado, Ruschel;Scheer;Machado (2017) identificaram uma grande diferença entre a pesquisa e sua real implantação no país. Sendo que a pesquisa sobre BIM está muito mais avançada do que sua implantação em todas as áreas da construção civil.

Em um sistema de projeto utilizando os sistemas BIM a equipe é que cria um modelo tridimensional paramétrico e usa esse modelo único para gerar qualquer tipo de desenho necessário para sua documentação. Sejam eles planos, plantas baixas, cortes,

fachadas, elevações, tabela de levantamento e a perspectiva. São elementos com informações retiradas a partir das informações contidas no modelo tridimensional. Esse tipo de representação metodológica não só nos permite ter uma documentação muito mais coordenada e com menor quantidade de erros, mas também nos permitem gerar um modelo básico geométrico necessário para qualquer tipo de análise, sejam elas análise de estudo solar, de energia, simulação dos tipos de materiais, etc.

O projeto de arquitetura e seus complementares, criado em BIM, facilita e otimiza a criação de tabelas de quantitativos e orçamento e melhora a produtividade e logística no canteiro de obras (CROTTY, Ray, 2012).

Outro benefício direto da utilização do BIM é definido por Ray Crotty (2012) é que o BIM pode ser entendido como uma melhor ferramenta para gerenciar obras, pois gera maior previsibilidade e lucratividade. Apesar de melhorar características de produtividade, segurança, sustentabilidade, eles são secundários. Não são fundamentais para a sobrevivência de uma empresa no ramo da construção; já previsibilidade e lucratividade são. O projeto acaba tendo previsibilidade, pois gerencia e coordena todas as etapas do projeto de tal forma que vem a garantir sua conclusão dentro do prazo. Para lucrar o simples fato de diminuir o tempo de projeto e obra, diminui problemas de compatibilização entre o deputado Júlio Lopes (PP-RJ), o uso do BIM deveria ser obrigatório para toda e qualquer tipo de obra pública.

Esse tipo de afirmação é baseada no controle geral que o BIM pode exercer durante todo o processo e execução do projeto, ajudando inclusive o combate a corrupção, pois o modelo tem informações precisas, não permitindo erros como a reforma do estádio Mané Garrincha que teve seu custo quase que triplicado do orçamento inicial. Se o orçamento for superfaturado ou modificado quantitativos de materiais é fácil de identificar o erro direto no modelo digital. Segundo Juliana Nakamura da revista infraestrutura urbana da editora PINI, órgãos como a Petrobras, da Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro (CEDURP) e do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) desde o ano de 2011 vem colocando como diretriz obrigatória o uso de BIM em seus empreendimentos e licitações.

Pode-se citar alguns exemplos de projetos feitos totalmente com o sistema BIM e seus respectivos ganhos em relação a outros sistemas:

A ampliação da fábrica de motores V6 Flint Global da General Motors (Figura 40). Para tanto todos os envolvidos no projeto foram obrigados a usar tecnologia BIM e gerar informações em um modelo único. Isso permitiu que projeto, engenharia e execução fossem feitos simultaneamente gerando um período de projeto e construção de 35 semanas onde normalmente se levariam 60, dentro de um modelo projetar-construir, e 80, dentro de um modelo projetar-licitar-construir. A General Motors havia estabelecido um prazo máximo de 40 semanas para a conclusão do projeto. A aproximação entre os elementos participantes do projeto e execução garantiu um ganho de tempo de 12.5% na entrega do projeto. Ainda foi possível prever entre 3000 a 4000 interferências de projeto antes da execução, cortando perda de tempo e gastos (EASTMAN, Chuck, et al., 2008, p. 326-329).

Figura 40 - Fabrica de motores V6 Flint Global da General Motors



Fonte: gmauthority.com
Acesso em: 27/08/2019

A Guarda Costeira dos Estados Unidos utilizou um sistema BIM em projetos a partir da criação de banco de dados com áreas, equipamentos e moveis que setores de centros de comando, resultando em uma queda expressiva do tempo necessário para projetar setores de cada centro de comando. Também permitiu estipular valores e projetar antes da edificação ser financiada. Essa experiência demonstrou que o modo de usar os sistemas BIM torna-se também uma significativa mudança cultural. (EASTMAN, Chuck, et al, 2008).

O uso de um modelo único no projeto do edifício e garagem do Camino Medical Group Mountain View (Figura 41) gerou um melhor entendimento do projeto por parte do cliente, redução de conflitos de projeto, permitindo planejar logística e sequência de instalação de elementos pré-fabricados (EASTMAN, Chuck, et al, 2008).

Figura 41- Camino Medical Group Mountain View



Fonte: sutterhealth.org

Um sistema BIM foi utilizado em todas as fases de projeto e construção do Centro Aquático Nacional de Pequim na China (Figura 42). Também conhecido como Cubo d'água, este gigantesco projeto foi idealizado para as olimpíadas de Pequim de 2008. O projeto ocupa uma área de 90.000 metros quadrados, contendo cinco piscinas, incluindo uma piscina de ondas, e um restaurante. Para criar uma aparência de bolhas o estádio foi coberto por um copolímero modificado que pesa apenas 1% de um painel de vidro equivalente.

Figura 42 - Cubo D'Água



Fonte: Portobello, 2014

Os ganhos provenientes do uso de um sistema BIM foi a diminuição do ciclo de projeto e execução. Os problemas como sustentabilidade, proteção contra incêndio e desempenho predial foram completamente resolvidos. A extração de documentação foi feita de forma rápida e simples do modelo atualizado e com grande redução do erro humano. (EASTMAN, Chuck, et al., 2008).

4 O PROCESSO DE PROJETAÇÃO ATUAL

Normalmente arquitetura é o processo de transformar os pensamentos e ideias em uma mídia. Seria o mesmo que comparar o processo de fugir do frio, mas que de certa forma o fato de você fazer é muito mais do que o fato de ser possível fazer. É tão interessante este processo que uma pequena modificação em algum cálculo pode ser responsável por gerar uma total modificação no seu projeto original. Os computadores vieram para nos ajudar nesse processo orgânico de projeção como mais uma ferramenta dentro de uma caixa que pode ser utilizada com a finalidade de projetar ou melhorar um projeto já existente.

O processo de elaboração de projeto de Arquitetura e Urbanismo vêm evoluindo muito pouco se considerado o avanço das tecnologias de representação e desenvolvimento de novos processos construtivos, naval, automobilístico e de aeronaves. Isso ocorre pelo fato de que, na Arquitetura desde a década de 1980, em muitos casos, o computador vem sendo utilizado apenas como uma simples ferramenta de representação substituindo outras ferramentas, como o escalímetro, papel, régua e penas, com o único intuito de gerar maior produtividade na produção de documentação. O computador na maioria das situações ainda vem sendo usado para gerar a documentação depois que todas as decisões referentes ao projeto já foram analisadas e definidas.

O processo comumente adotado pela maioria dos projetistas e absorvido e utilizado por grande parte dos escritórios de projeto é o seguinte: O arquiteto ou projetista chefe realiza todos os procedimentos de análise de um projeto (faz croquis, levantamento, programas de necessidades, partido arquitetônico e toma todas as decisões do projeto), depois passa esses elementos para um cadista (termo utilizado para pessoas que trabalham como desenhista em softwares CAD) que só vai passar todas aquelas informações para o computador em um software CAD 2D. Depois que todo esse trabalho é finalizado no computador esse material é transferido para outra pessoa que vai fazer a maquete digital em um software CAD 3D com o único intuito de se utilizar dessa representação para apresentar o projeto. (KALISPERIS, Loukas, 1996)

No entanto, as novas tecnologias de projeção tridimensionais parametrizadas no Brasil não são bem aceitas na maioria dos escritórios de arquitetura. As possíveis explicações são: falta de treinamento, de interesse, pois os profissionais não estão interessados em

reciclarem seus conhecimentos, ou devido a crença de que esse novo mecanismo dificultaria seu processo de projeto e sua produção. Além disto, verifica-se que no Brasil a grande maioria dos alunos e profissionais, mesmo tendo acesso ao uso dos recursos computacionais no processo de projeção continuam trabalhando apenas para gerar desenhos ortogonais para documentação (CAIXETA, Luís Mendes, 2007).

Segundo Silva e Amorim (2010) até os anos noventa os sistemas computacionais eram subutilizados por parte dos projetistas:

[...] houve um extraordinário desenvolvimento de ferramentas computacionais visando apresentar ou comunicar os resultados de projetos arquitetônicos. Mas não houve um avanço comparável no desenvolvimento de ferramentas visando assistir projeto para gerar formas arquitetônicas de um modo prático e interativo. Todavia, os arquitetos que usavam o potencial dessas tecnologias como ferramenta direta para criação de formas arquitetônicas, ainda eram exceção. A arquitetura continuava a ser produzida por meios tradicionais, usando o computador como ferramenta de desenho. A principal razão que explicaria tal situação [...] é que consistia em um erro tentar avançar muito rapidamente e, por exemplo, propor métodos de sistemas integrados usando sistemas especializados e recursos de inteligência artificial quando não se tinha ainda uma ferramenta adequada para gerar e modificar modelos 3D. As ferramentas de modelagem disponíveis até aquele momento eram claramente insatisfatórias. A principal limitação delas era a carência de instrumentos apropriados para modificar interativamente o modelo uma vez que ele fosse criado. Isto é um aspecto fundamental em qualquer atividade de design, onde o designer é constantemente levado a elaborar e reelaborar aspectos particulares do modelo, ou seu layout geral, ou mesmo retornar à solução original que tenha sido temporariamente abandonada (SILVA, AMORIM, 2010 apud MONEDERO, 2010).

A funcionalidades e emprego de cada tipo de sistema computacional utilizado para projetos de arquitetura e engenharia foram condensados e tabelados por Martins(2011) no quadro a seguir:

Quadro 1 – Comparação entre os sistemas CAD não BIM e os sistemas BIM

	SISTEMA CAD BIDIMENSIONAL	SISTEMA CAD TRIDIMENSIONAL	SISTEMAS BIM
Representação	Geometria	Geometria	Geometria, dados e parâmetros
Representação	Bidimensional	Bidimensional/tridimensional Possuem ferramentas para criação de modelos tridimensionais com formas simples e complexas	Bidimensional/tridimensional Possuem ferramentas para criação de modelos tridimensionais com formas simples e complexas*
Parametrização (relação entre os objetos)	Não existem parâmetros de inter-relação entre os objetos	Não existem parâmetros de inter-relação entre os objetos	Existem parâmetros de inter-relação entre os objetos
Parametrização (representação ortográfica)	Todas as representações ortográficas devem ser desenhadas	Todas as representações ortográficas devem ser desenhadas	Os sistemas geram todo o conjunto de representações ortográficas a partir do modelo principal
Parametrização (atualização desenhos)	Qualquer alteração em uma representação ortográfica deve ser manualmente atualizada nas outras representações ortográficas	Qualquer alteração em uma representação ortográfica exige a re-extração de projeções ortográficas e sua complementação manual	Qualquer alteração em um objeto é automaticamente atualizada em todas as plantas
Propriedade dos materiais	Não possui atributos especificando as propriedades dos materiais	Não possui atributos especificando as propriedades dos materiais	Possuem banco de dados com atributos especificando as propriedades dos materiais
Colaboração entre as equipes de projeto	Não permite a colaboração simultânea no mesmo arquivo	Não permite a colaboração simultânea no mesmo arquivo	Permitem colaboração entre as equipes do projeto
Interoperabilidade com sistemas de análise ambiental	Interoperabilidade limitada a exportação da geometria - os desenhos podem ser exportados somente como .dwg ou .dxf	Interoperabilidade limitada a exportação da geometria - os desenhos podem ser exportados somente como .dwg ou .dxf	Interoperabilidade – o modelo pode ser exportado em vários formatos
Sustentabilidade	Não possui estratégias sustentáveis	Possuem estratégias sustentáveis limitadas	Possuem estratégias sustentáveis - permitem exportação para <i>softwares</i> de simulação ambiental e a possibilidade de analisar as atribuições e o comportamento dos materiais
Estimativa de custos	Não possui ferramentas para estimativa de custos	Possui ferramentas limitadas para estimativas de custos	Possuem ferramentas para estimativa de custos
Planejamento da construção	Não permite planejamento da construção	Permite, de forma limitada, o planejamento da construção	Possuem ferramentas para planejamento da construção
Ocupação pós-construção	Não possibilita gerenciamento após a construção	Possibilita gerenciamento limitado após a construção	Possibilita gerenciar a pós-ocupação da construção

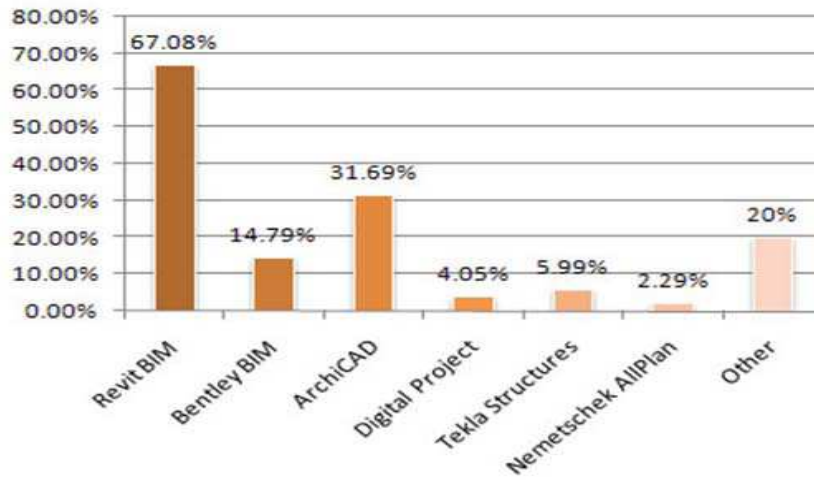
Fonte: Martins, 2011, p. 42

Existem no mercado, segundo a empresa Mcgraw Hill, uma gama grande de softwares que trabalham com elementos paramétricos. Contudo, o fato de trabalhar com elementos paramétricos não os torna BIM. Parametrização e sistemas BIM são conceitos relacionados, mas não são sinônimos. Todo sistema BIM é, por definição, parametrizado, mas nem todo sistema paramétrico é um sistema BIM. Sistemas como Rhinoceros, FormZ, 3DS Max incluem funções paramétricas relacionadas apenas a formas geométricas genéricas sem intenção de ter correlação com informações dos elementos.

Os softwares BIM mais conhecidos no mercado são o Revit, Bentley Architecture, ArchiCAD, Digital Project, Tekla Structures, Nemetschek AllPlan, Vectorworks, RAM e CS2. Abaixo está uma ilustração de uma tabela comparativa de quantidade de usuários de softwares BIM. Esses softwares são oriundos de diversos países. Cada sistema BIM tem suas características e modo distintos de trabalhar. Basicamente esses softwares tem como especificidades mudanças quanto a termos de sua herança, a família dos produtos que faz parte, se usa um único arquivo ou múltiplos por projeto, a sustentação para o uso simultâneo, a variedade da biblioteca do sistema, o preço geral, o potencial de escalonar a edificação, a facilidade de extrair os desenhos técnicos, a geração de seções 2D, os tipos de objetos e atributos derivados, e a facilidade de uso. (EASTMAN, Chuck, et al., 2008).

Apesar de termos um grande numero de softwares com tecnologia BIM no mercado mundial, se faz necessário para um estudo com esse tema a escolha de um dos softwares para realização de um futuro experimento. O ideal seria escolher o líder de mercado e/ ou o que tivesse a maior gama de recursos. Pela escolha do líder de mercado podemos ver através da figura 43 a seguir que o Revit é o software BIM mais utilizado no mercado. Sendo inclusive mais usado do que todos os outros juntos. Percebemos que o total de mais de 67% dos usuários de softwares BIM recorrem ao Revit da Autodesk, ou seja muito mais do que a metade dos usuários recorrem a essa ferramenta. O segundo software mais utilizado é o ArchiCAD tendo um pouco mais de 31% dos usuários como podemos ver na Figura 43 a seguir:

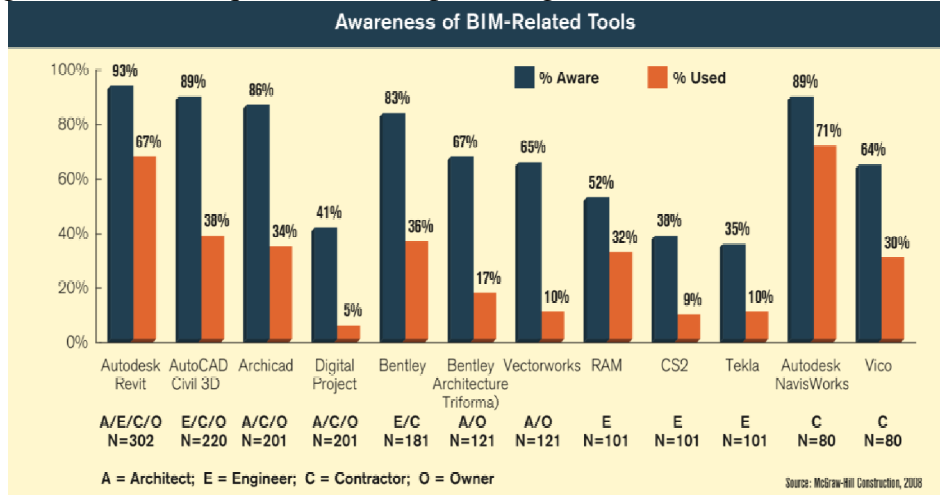
Figura 43 - Estudo quantitativo de usuários de softwares BIM



Fonte: Suermann, 2009, p.40

Um estudo feito com a finalidade de descobrir qual o software BIM mais conhecido e utilizado entre os arquitetos, engenheiros, empreiteiros e proprietários no mercado Norte-Americano. Resultando na Figura 44 a seguir:

Figura 44 - Estudo quantitativo em porcentagem de usuários de softwares BIM



Fonte: Suermann, 2009, p.40

Ao se analisar as figuras 60 e 61, determinarmos que o *software* mais utilizado e mais conhecido entre arquitetos, engenheiros, contratantes e proprietários é o Autodesk Revit.

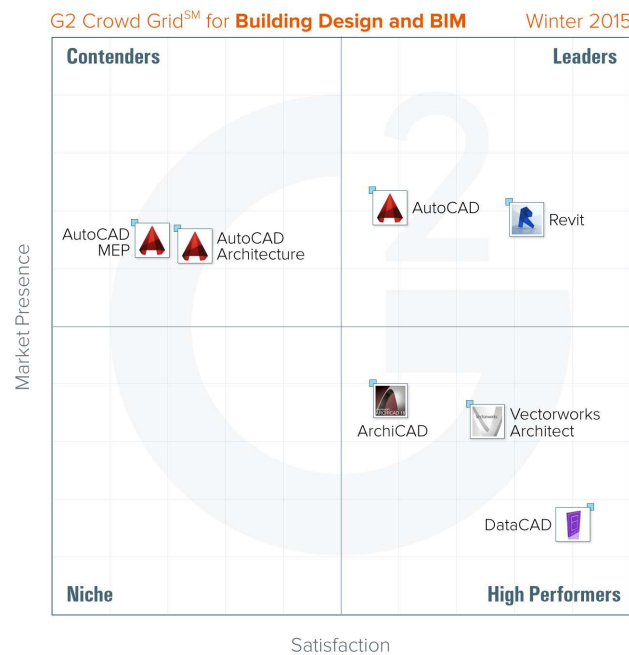
Estas figuras ainda informam quais os maiores usuários de cada *software*, tendo o Revit amplas vantagens em comparação com seus concorrentes em praticamente todos os quesitos pesquisados.

Uma pesquisa realizada pela McGraw-Hill Construction em 2008 e publicada em 2011 pela Le Centre facilitant la recherche et l'innovation dans les organisations (CEFRIO), grupo que reúne mais de 150 entidades como universidades, empresas, indústrias e governo com o intuito de facilitar e disseminar pesquisa e inovação no Canadá, revelou que o software Revit Architecture também é o mais utilizado pelos profissionais norte-americanos da Arquitetura, Engenharia e Construção, com porcentagem maior (67%) que a do mercado brasileiro. Os argumentos mencionados para a escolha desse tipo de sistema BIM são a maior disponibilidade para formação de profissionais e menores custos em relação aos outros sistemas.

O Revit foi considerado como líder de mercado no ano de 2015 segundo estudo do relatório GridSM do G2 Crowd. Essa avaliação foi feita analisando a opinião de 180 profissionais da indústria. Essa avaliação levou em conta: níveis de satisfação dos programas em relação à sua presença de mercado (determinada pela escala do fornecedor, participação no mercado e impacto social), categorizando os produtos como "Líder", "Alta Performance", "Concorrente" ou "Nicho".

G2 Crowd é a "plataforma líder mundial em avaliação de softwares profissionais", buscando "trazer autenticidade e transparência à pesquisa de tecnologia empresarial." A página reúne avaliações de usuários que ajudam a identificar as melhores opções de software, auxiliando os interessados a tomarem decisões mais conscientes ao adquirir um programa profissional. Todas essas avaliações acabaram gerando a Figura 45 a seguir:

Figura 45 - Gráfico de Classificação dos softwares



Fonte: Página do archdaily.com³⁶

É interessante notar que ambos os líderes de mercado são da empresa Autodesk. Revit e AutoCad respectivamente, mesmo não sendo considerados os softwares com a melhor performance para a finalidade a qual se destina.

Chuck Eastman (2008) fez uma classificação e comparação entre o Revit e seu principal concorrente o ArchiCAD com relação a suas características e utilização para um melhor esclarecimento do por que escolher uma ferramenta em detrimento da outra da seguinte forma:

Revit – é considerado o líder de mercado e talvez a melhor ferramenta atualmente para o uso do BIM no processo de projeto arquitetônico. A família Revit contém produtos integrados, para o ciclo de vida do projeto, Revit Architecture, Revit Structure, and Revit MEP.

Pontos fortes: a facilidade de aprendizado e sua funcionalidade é organizada de maneira que a interface se torna amigável ao usuário, possui uma grande variedade de objetos paramétricos na biblioteca, disponibilizada pelas empresas do mercado construtivo, permite a geração e a gerência da informação baseadas em atualizações dos desenho e das vistas do modelo, possui atualização automática de documentação e suporta operações simultâneas de mais de um usuário;

³⁶ Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/762816/os-melhores-programas-bim-e-de-desenho-de-2015>. Acesso: 15 fev. 2021.

Pontos fracos: a grande disponibilidade de memória que requer do computador, com perdas significativas de desempenho para grandes projetos maiores que 220 megabytes, tem limitações em relação às regras paramétricas baseadas em ângulos, também não oferece suporte para superfícies curvas complexas que limita a sua habilidade de gerar projetos com curvas complexas (EASTMAN et al., 2008, p. 57)

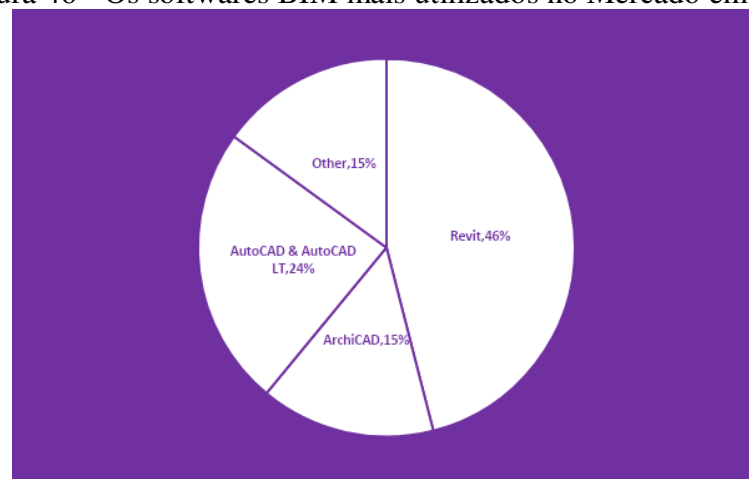
ArchiCad – é o mais antigo sistema BIM disponível no mercado. A Graphisoft começou comercialização deste sistema no início dos anos oitenta. O ArchiCad interopera o seu sistema com diversas interfaces diretas de outros software como o Maxon, para modelar superfícies curvas e animação;

Pontos fortes: possui uma interface intuitiva o seu uso é relativamente fácil o que facilita o seu aprendizado. A biblioteca é diversa, e há muitos outros pacotes que interoperam com este sistema. Há uma série rica de aplicações de apoio na gerência da compatibilização e construção do ciclo de vida da edificação;

Pontos Fracos: Tem alguma limitação nas capacidades modeladoras paramétricas, pois não suporta regras de atualizações entre objetos na montagem ou aplicação automática de operações booleanas entre objetos. O ArchiCAD por ser um sistema baseado no uso da memória do computador, ele encontra problemas de escalonamento de grandes projetos, no entanto há um modo mais eficaz de controlar grandes projetos, é dividi-lo em módulos a fim controlá-los (EASTMAN et al., 2008, p. 59)

Baseado em pesquisa foi gerado o gráfico na Figura 46 abaixo sobre os softwares BIM mais utilizados no ano de 2019 na construção civil. Primeiramente devemos notar que o AutoCAD é citado como um software BIM, mesmo que muitos pesquisadores e estudiosos de BIM apenas o considerem um software CAD.

Figura 46 - Os softwares BIM mais utilizados no Mercado em 2019

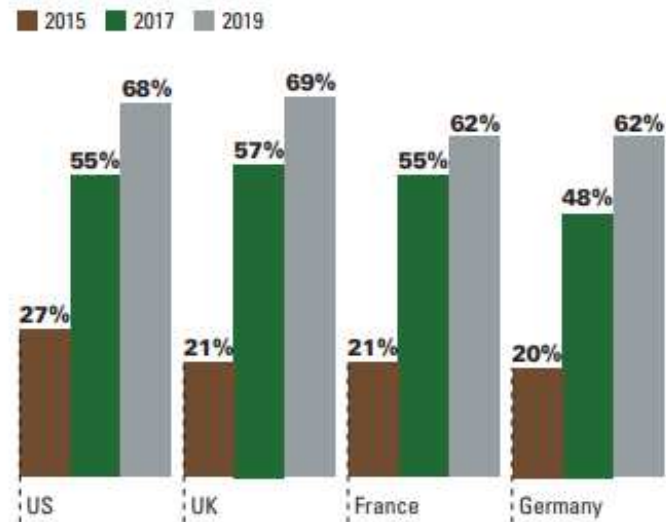


Fonte: The National BIM Report, 2019. Disponível em: <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019>
Acesso em 15/07/21

O Revit é o software mais utilizado, tendo mais que o dobro de usuários do seu concorrente direto que é o ArchiCAD. A informação mais interessante é o fato de todos os outros softwares BIM tem uma quantidade de usuários igual ao número de Usuários de ArchiCAD. Mesmo com esse grande avanço de quantidade de usuários do BIM no mundo, ainda existem aqueles usuários que já os utilizaram e não utilizam mais e existem aqueles que nunca utilizaram o sistema. Em pesquisa realizada pelo The National BIM Report em 2020 foram elencadas quais desculpas esses usuários utilizam para não adotar ainda o BIM: Nenhum cliente exige seu uso, falta de experiência com o software, falta de treinamentos, custo, projetos pequenos demais para aplicar BIM, Profissionais com experiências muito diferentes entre as áreas de colaboração do projeto, BIM não seria relevante em seus projetos, falta de trabalho colaborativo, falta de exigência contratual para utilizar BIM, não veem os benefícios, sistema operacional específico para cada software, falta de ferramentas gerais e protocolos para utilização das ferramentas, etc.

Segundo o levantamento feito pela, SmartMarketReport no ano de 2017, o uso de BIM para projetos de transportes vem ganhando um grande quantidade de usuários a partir de levantamento feito entre os anos de 2015 e 2019. Nesse curto período de tempo, podemos observar que países como Reino Unido, Estados Unidos, França e Alemanha no ano de 2015 a porcentagem de projetos que 50% ou mais de seu processo era feito em BIM girava entre 20 e 27%. Em apenas 4 anos essa porcentagem em todos esses países teve grande avanço, chegando perto de 70% (Figura 47).

Figura 47 - Levantamento sobre evolução do uso de BIM em que seu uso ultrapassa 50% dos projetos de transporte



Fonte: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/finance/us-fas-bim-infrastructure.pdf>
Acesso em: 21/09/2020.

Em decorrência das grandes vantagens já enfatizadas anteriormente, pela sua maior aceitação no mercado e pela sua ampla utilização por maior parte dos projetistas que utilizam os sistemas BIM, o Revit seria a escolha principal em uma pesquisa envolvendo o tema.

5 PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS

No Brasil, os dados sobre como funcionam as aprovações de projeto de arquitetura são regulamentados pelos próprios municípios. Sendo que fica normalmente a cargo de uma secretaria de planejamento ou obras o tipo de processo e documentação exigida para que um projeto possa ser analisado mediante as normas e posturas municipais de construção.

Como referência definimos as capitais dos estados e o Distrito Federal como referência para produzirmos um panorama de como esta documentação é exigida pelo poder público. Isso se faz necessário para entender como a maioria dos municípios do Brasil trata esse processo de aprovação que muitas vezes é complicado, burocrático, caro e moroso,

Depois de consultarmos as secretarias responsáveis pelo processo de aprovação de projetos de arquitetura e licença para construção das capitais e DF no ano de 2019, acabamos entendendo que o prazo padrão para o processo completo gira em torno de 15 a 180 dias, podendo variar para mais ou para menos em localidades específicas.

Podemos entender como cada capital aceita a documentação arquitetônica para aprovação de projeto de acordo com figura 48 a seguir:

Figura 48 - Tipo de documentos entregue para aprovação de projetos nas capitais e DF



Fonte: Produzido pelo Autor.

Percebemos que na atualidade ainda existem capitais que se ainda trabalham com processos totalmente anacrônicos e burocráticos para aprovação de projetos e emissão de alvará de construção.

Podemos perceber que 28,54% das capitais no Brasil aceitam projetos em pranchas impressas e cópias heliográficas, sendo o Rio de Janeiro uma das capitais e uma das maiores capitais do Brasil é de se estranhar que ainda trabalhe com esse tipo de documentação.

18,51% trabalham ainda com pranchas de papel, contudo já recebem também as pranchas em formato digital. Parece que são capitais que estão no meio do processo de mudança para um sistema totalmente digital. Identificamos que 14,81% das nossas capitais já trabalham de forma única com pranchas em formato digital, sem nenhuma necessidade de impressão de documentação. A maioria das capitais, 59,25% utilizam ainda de pranchas impressas como única forma de dar entrada em processos de aprovação de projetos.

Dois casos específicos devem ser relatados por conter avanços significantes para desburocratização do processo de aprovação: Palmas no Tocantins e Teresina no Piauí. Teresina, segundo dados da secretaria municipal responsável pelas obras no ano de 2018 levava de 60 a 180 dias para liberar um Alvará de construção. Nesse mesmo ano eles implantaram uma plataforma digital onde toda documentação é enviada de forma digital, incluindo pranchas de projeto. Esse sistema interliga todos os órgãos municipais onde a documentação percorre. Esse processo inclusive pode ser acompanhado em tempo real a partir da plataforma. Inicialmente a prefeitura tinha como meta que esse processo durasse no máximo 10 dias, contudo após sua aplicação a média de tempo para análise de projetos passou para 20 dias.

O caso da prefeitura de Palmas é o mais interessante de todos. A partir do decreto municipal 1618/2018, ficou estabelecido que os projetos não necessitariam mais de aprovação em órgãos municipais, ficando a cargo do profissional responsável pelo projeto se responsabilizar pela sua correta execução, cabendo a prefeitura somente a fiscalização, podendo inclusive gerar multas caso o projeto não esteja cumprindo todas as normas legais.

A cidade de Florianópolis em Santa Catarina, como indicado na página da internet da prefeitura, estabelece que edificações residenciais unifamiliar de baixa complexidade não é necessário dar entrada formal de documentação. Apenas o preenchimento de um formulário

virtual. Todo o resto deve ser entregue em pranchas em pdf, podendo ainda ser necessário a entrega de pranchas físicas impressas caso o fiscal assim entenda necessário.

Já a prefeitura de Joinville determinou que edificações com menos de 30m² podem ser construídas sem necessidade de aprovação ou dar entrada em algum processo na administração pública, inclusive com liberação de alvará de construção, sem necessidade de projeto legal ou de um arquiteto responsável. A cidade de Blumenau exige pelo menos 2 vias de projetos impressos para dar entrada no processo de aprovação e licenciamento. Mesmo o processo de formalização sendo de forma digital.

Betim e Ribeirão Preto são cidades que criaram portais eletrônicos específicos para profissionais fazer o upload em documentos para aprovação de projetos de edificações e alvarás, sendo que em Ribeirão Preto essa forma de dar entrada na regularização de projetos serve para o caso de edificações residências de qualquer tipo de projeto (construção, reforma, ampliação, etc) e comerciais de baixo risco até 240m². Onde todos os projetos devem ser apresentados em formato de arquivos DWF.

A cidade de São Paulo é outro exemplo onde o processo de aprovação de projetos passou a ser facilitado por meio de um sistema digital eletrônico através de um portal da internet com os arquivos de desenho anexados no formato DWF..

Permissões para construir são requisitadas quando qualquer tipo de construção é planejada que vai adicionar estrutura a uma propriedade existente ou parcela de terreno. Comumente mais de uma permissão é necessária para um simples projeto, como atualizações em um quarto ou banheiro. Acontecem complicações quando mesmo visitando o órgão que fornece as permissões de construção varias vezes é difícil para quem está construindo saber realmente se uma licença se faz necessária.

O tipo de permissão, suas regras e regulamentações podem variar significativamente de cidade para cidade. Isso faz com que o processo para obtenção de licenças para construir seja muito complexo, não transparente e ineficiente. Envolvendo um significativo processo de bater pernas com muita perda de tempo por parte dos cidadãos. (BARKER, 2008).

Se um proprietário de um imóvel decide requerer uma permissão de construção, acaba esbarrando em preenchimento de inúmeros formulários, pagamento de taxas, providenciar inúmeros documentos e normalmente uma longa espera para ter respostas dos

órgãos responsáveis. Esses são alguns dos motivos que acabam desmotivando proprietários, fazendo com que eles optem por seguir realizando obras sem as devidas permissões.

Do lado dos órgãos públicos esbarramos com um processo para viabilizar as permissões de construção que é moroso, difícil de ser rastreado, e requerem a autenticação de mais de um órgão responsável, como, por exemplo, secretaria municipal de infraestrutura e corpo de bombeiros.

Mesmo com grande parte de processos que executamos hoje em dia em relação a procedimentos de deveres ligados as cidades terem sido automatizados, um levantamento de um total de 524 cidades nos Estados Unidos, apenas 21% dispõe de plataformas on-line para ar entrada no processo de obtenção de licença para construir .Contudo, estudos feitos sobre essas plataformas on-line na Europa e nos Estados Unidos sugerem que esse processo nas plataformas é muito limitado (BELLOS; PETROUTSATOU; ANTHOPOULOS, 2015).

Eirinaki et al (2018) propõe um sistema para resolver essas deficiências e problemas, uma estrutura de aprovação de licenças inteligentes que qualquer cidade poderia implementar, facilitando toda a cadeia de eventos para dar entrada para permissão de construção. Eles indicam que um sistema baseado em nuvem poderia ser útil para melhorar esse processo. Os autores se propuseram a criar uma arquitetura de sistema baseado em nuvem para dar suporte a esse sistema de aprovação que seria mais transparente, amigável ao usuário, eficiente e que gerasse pouco deslocamento físico por parte dos proprietários de imóveis. Ainda como parte de seu estudo eles testaram sua implementação usando como base dados reais para aprovação de projetos na cidade de Nova York. Eles subdividiram o processo de aprovação em 3 partes. pre-permissão, permissão e pós- permissão. Cada uma dessas etapas contendo quais são os passos básicos para conseguir passar para o passo seguinte.

No processo de pré-permissão está direcionado a quando se deve pedir permissão(s) para construir, formulários, taxas a pagar e toda a documentação necessária do proprietário e do imóvel. Na fase de permissão todos os documentos e taxas, incluindo os projetos são analisados por agentes de diferentes órgãos pra aprovação. Na pós-permissão a plataforma deve ria ser capaz de gerar visitas de inspetores de obra, ser possível de rastrear em que ponto, onde e com quem o seu processo está permitindo inclusive comunicação entre as partes.

Sydora e Stroulia(2020) desenvolveram uma pesquisa onde se utilizam de modelos BIM aplicados ao Solibri para gerar de forma generativa soluções de projetos de Design de interiores. Para tanto se fez necessário criar uma regra de linguagem que permitissem a checagem de normas para disposição de elementos ao projeto, um algoritmo de checagem dessas normas, um algoritmo de projeto generativo e uma orientação para implementação do sistema. C. Eastman et al. também criou no ano de 2009 uma tentativa de gerar algoritmos para automatizar regras para projetar edificações baseado em disposição de ambientes da planta baixa, com pouco sucesso já que em uma análise mais profunda esse tipo de sistema ainda estava anos de funcionar de uma forma amigável para o usuário.

Pesquisadores estão tentando criar um tipo de interoperabilidade entre BIM e GIS (Geographical Information System), ou Sistemas de Informações Geográficas para facilitar esse processo tão complicado em alguns municípios de nosso país, trazendo benefícios mútuos para projetistas, clientes e poder público.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) trabalha, descreve e analisa informação sobre o ambiente, da forma como ele está se apresentando. Já a Modelagem da Informação da Construção (BIM), tem como premissa se focar em todo tipo de informação ligado ao projeto, sua construção, materiais, custos, prazos e terreno da construção. Ainda assim, existem informações que são pertinentes aos dois sistemas. Estas informações seriam duplicadas se esses dados fossem sobrepostos em alguma plataforma. Os dados em duplicados seriam referentes a infraestrutura, edificações, andares e ambientes(OHORI et al, 2017; ONSTEIN, GONZALEZ TOGNONI, 2017).

Por causa dessa duplicidade de informações seria interessante e benéfica a integração entre os dois sistemas para um entendimento e modelagem das cidades de forma tridimensional e pela multidisciplinaridade do processo de produção de uma construção de edificação.

Para Liu et al. (2017) a integração do sistema BIM com o SIG é necessária por 7 possíveis formas de trabalho em conjunto entre as duas plataformas. Dentre as mais interessantes estariam gerenciamento e verificação do espaço urbano, cadastro tridimensional de edificações e gerenciamento de patrimônio histórico.

Os estudos que trabalham com a integração dos dois sistemas se apoiam em dois elementos principais para conseguir algum tipo de integração: Os arquivos *Industry*

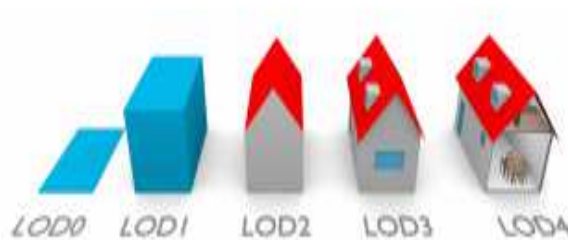
Foundation Classes (IFC) do Bim, que essencialmente é o tipo de arquivo que garante interoperabilidade entre sistemas BIM, e o software chamado CityGML para o SIG. O CityGML acaba gerando um modelo simplificado da cidade que é utilizado para troca de informação e análises espaciais(ISO, 2013; BUILDING SMART INTERNATIONAL, 2013).

O problema principal dessa integração é que apesar do arquivo IFC e do CityGML serem amplamente utilizados e difundidos entre os usuários de ambos os sistemas em atividades multidisciplinares elas não necessariamente conseguem trocar informações entre si, gerando desconexões e falhas de informação. Incluindo a criação de diversas formas diferentes de abordagem para compartilhar o mesmo tipo de dado.

Biljecki et al(2016) descreveu seu experimento de integração BIM e SIG em etapas. Em seu processo ele descreve que embora geometricamente os objetos sejam similares em BIM e SIG eles fundamentalmente diferem na sua programação, sua geometria e semântica, assim como seu nível de detalhes. Para ele uma integração desse tipo deve sempre levar em consideração esses aspectos dissociativos de ambos os programas.

Inicialmente, Biljecki et al (2016) criou dois processos, onde ele modela a geometria geral da edificação no CityGML (figura 49) em 5 etapas diferentes. Primeiro passo criar um desenho bidimensional da projeção da construção e/ou sua cobertura. O segundo passo é a criação de um bloco em forma da edificação com cobertura reta. A seguir é gerada uma cobertura genérica com inclinação e adicionado balcões e/ou varandas. No quarto passo são adicionados portas, janelas e exterior completo. Por fim é modelado o interior da edificação com mobiliário.

Figura 49 - Processo de criação de edificação no CityGML



Fonte: Biljecki et al(2016)

O arquivo BIM utilizado tem as características gerais de todo arquivo BIM exportado no formato IFC. Os arquivos IFC podem ter 130 tipos definidos, 207 classes enumeradas, 60 tipos de seleção, 47 funções e 2 regras. A questão principal é que a geometria resultante representa muitos erros e paradigmas de construção.

Foram modelados 3 edificações em BIM e todos eles gerando informações similares as criadas no CityGML como podemos ver um exemplo na figura 50.

Figura 50 - Edificação modelada no BIM



Fonte: Ohori et al(2017)

Nesse experimento ao fim das modelagens foi criada a transição do modelo BIM para o CityGML, onde no processo foram encontrados os seguintes problemas: 2 combinações de validações de elementos, superfícies que fechavam espaços desnecessariamente, crashes e falhas no algoritmo de triangulação, intersecções em elementos errados e por último erros nas conversões de poliedros.

Para Almeida e Andrade (2015), o uso de integração entre BIM E SIG configuram diversos caminhos semânticos dentro das estruturas dos softwares. Contudo, sua aplicação seria um estímulo para uma maior difusão do BIM, principalmente no que tange a parte de projetos complementares e sua utilização e obrigatoriedade pelo poder público. A análise em questão dos autores é uma aplicação na rede urbana de Recife, onde se aplicariam o SIG para mapear todas as redes de esgotamento sanitário, água e energia de forma georreferenciada.

Todos esses elementos deveriam ser ligados as edificações existente e projetadas. Os autores sugerem que o uso do BIM melhoraria a análise desses elementos, pois somente

com o uso do SIG só é possível analisar volumes de edificações de forma simples e a integração do BIM traria uma quantidade muito maior de informações e melhoraria o processo de análises das edificações.

O trabalho de LEE, Seulki e YU, Jungh (2016) descrevem uma abordagem de escrever o Ato de obras da Coreia em um formato que seja executada no computador com o propósito de analisar os requisitos para obter a permissão de construção. O trabalho foca em avaliação automatizada de projeto a partir de software BIM. Em um processo de criação de regras, realizado por arquitetos e desenvolvedores de softwares. Os autores sugerem um mecanismo, chamado de KBimLogic, que converte as regras do Ato de obras da Coreia em um código executável de computador. Esse processo desenvolvido por eles é uma abordagem através de software independente que separa os processos de criar regra e verificar regras.

Segundo os autores os regulamentos e permissões para construção são definidos no Ato de obras da Coreia. Contudo, muitas de suas instruções são ambíguas e algumas definições implícitas atrapalham o processo de tradução desses elementos para uma forma de código que o computador consiga entender. Alguns tipos de permissões de construção variam dependendo do tipo de edificação, o distrito onde se encontra a data da permissão para construir, a data do levantamento como construído. Outro problema relatado é a mudança de normas e suas atualizações constantes dessas normas faz com que esse processo precise sempre ser atualizado.

O estudo se baseia nos seguintes componentes: frases nominais classificam objetos de construção e propriedades associadas do Ato de Construção da Coreia; frases verbais derivam métodos de alta complexidade para construir o corpo de regras real para verificação de regras; e o mecanismo baseado em regras lógicas processa sentenças de linguagem natural.

Firmas de arquitetura necessitam satisfazer uma série de requisitos do Ato de Obras da Coreia para dar entrada em permissões para construções., que contem regras de projeto que são passíveis de ser interpretados de varias formas diferentes pelos agentes do governo. A verificação de múltiplas normas requer tempo e os resultados podem ser incompletos e arbitrários.

Os criadores de vários softwares reorganizaram essa linguagem natural contida no Ato de obras em formatos que podem ser lidos por computadores com o intuito de melhorar a estrutura lógica das regulamentações, automatizando o processo de verificação.

O código de computar capaz de ler as normas de construção inicialmente conteve mais de 15000 sentenças ligas a permissão da construção. A regra lógica do mecanismo de verificação foi descrito da seguinte forma: Classificação de objetos e suas propriedades no ato de construção na Coreia, em vez de usar um modelo padrão BIM, como esquema ou extensão de Revit; Classificar os métodos para verificação das edificações; Traduzir as regras do ato baseado em processo lógico; as sentenças são armazenadas em base de dados em código intermediário. O código gerado é pode ser lido com a ajuda do plug-in KBimAsses. Esse trabalho teve como foco somente no mecanismo de tradução.

A estrutura criada para essa verificação necessita de uma classificação iniciada com frases, nominais, frases verbais e lógica da sentença a execução. As frases nominais servem para descrever objetos edificados e suas propriedades. Em seguida as frases verbais especifica a condição e ação para os objetos e suas propriedades. Foi criada a seguinte sentença determinar uma ação :S+V+O. Onde S quer dizer objeto, V é o verbo e O é objeto.

De forma geral o estudo sobre integração investigado por Olsson, Per-Ola (2018) faz um estudo similar ao de Ohori et al(2017). Nesse estudo os autores afirmam que o processo de aprovação de projetos de forma lenta e análoga, com muita informação tratada por meio de pranchas e documentos de papel e PDF. Eles se utilizam como referencia do sistema de aprovação de normas e projetos utilizados na Suécia.

O argumento central defendido no trabalho é de com a tecnologia de digitalização que existe atualmente temos a potencialidade de automatizar esse processo de aprovação através da tecnologia BIM integrada a dados georreferenciados para verificar se uma edificação está em conformidade com normas e regulamentações de construção e projeto.

Eles identificam, na visão deles, quais normas poderiam ser automatizadas por objetos tridimensionais de forma visual. A partir dai, acabam escolhendo altura da edificação e área construída para serem mais detalhadas como processo de possível automatização para verificação de quais extensões de softwares poderiam ser utilizados para fazer verificação integrada entre os dados BIM e os georreferenciados.

Algumas afirmações dessa pesquisa precisam ser destacadas como elementos de entendimento base para poder executar um processo similar ao deles, ou até mesmo entender de forma correta o comportamento e manipulação de alguns dados pelos autores. A primeira questão relevante é que nesse processo os dados são extraídos do sistema BIM e integrado a softwares de dados georreferenciados no formato de IFC. A problemática com relação ao formato IFC é que ele pode apresentar variações de dados dependendo de como a edificação é modelada e na forma como os dados são inseridos no modelo e estruturas, gerando a diferentes modelos finais em IFC.

Esse tipo de diferenças encontradas acaba complicando todo o processo de automação, pois modelos diferentes necessitam de formas diferentes de serem verificados. Para facilitar este processo é sugerido que deve ser criado um tipo de forma padrão de modelagem para gerar o arquivo em IFC. Sempre levando em consideração a forma do modelo, definições de vistas e especificações a serem utilizadas em sua construção.

Outro fator importante a ser considerado é a questão de tanto os agentes públicos (autoridades) quanto os profissionais da construção civil devem ser proficientes no uso dessas ferramentas digitais para poder se ajustar a integração de informação e novos processos criados através de digitalização de todos os processos.

Durante a pesquisa os autores acabaram desenvolvendo, implementando e avaliando métodos para automatizar esse processo de aprovação, utilizando BIM e dados georreferenciados com informações quantitativas de normas de construção e projeto. Esse estudo se trata de uma iniciativa de cunho nacional da Suécia com o intuito de aumentar a produtividade na cadeia da construção e projetos e também em outras áreas.

Um entendimento concreto dos autores é que mesmo utilizando como base para seus experimentos de métodos direcionados para as normas e regras da Suécia, a forma de como gerenciar esses dados e processos poderia ser replicado e aplicado em outras realidades.

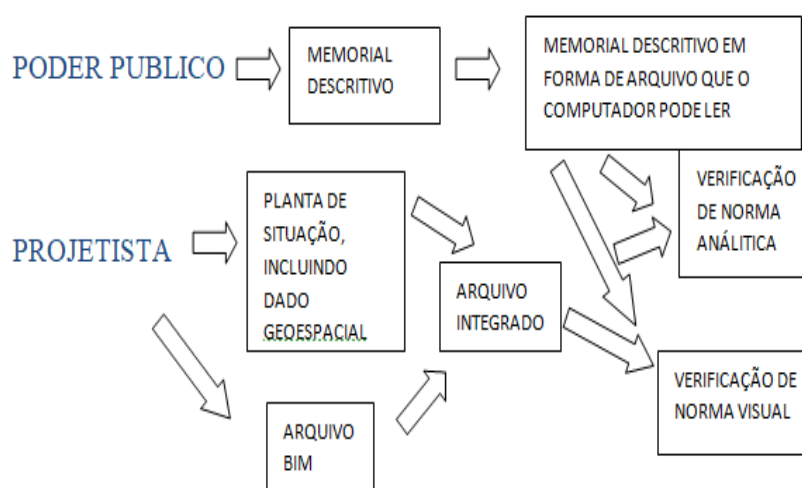
Além disso, eles colocam uma grande vantagem de se automatizar o processo, seria que além do ganho de tempo com o processo, agentes como investidores e projetistas poderiam fazer uma checagem de verificação de normas para ter certeza que seu projeto não teria problemas em ser aprovado antes de realmente enviar esse material para aprovação. Em países com fama de permitir a corrupção nesse processo, uma checagem de normas seria valiosa para que esse problema minimize, ou até acabe.

O propósito do estudo deles é aumentar a eficiência do processo de gerar as permissões de construção. Identificando o que é possível ser automatizado analisando o arquivo BIM e o arquivo de dados georreferenciados. Eles se utilizaram de dois critérios quantitativos (altura da edificação e área construída) e um critério visual (manutenção geral da área da construção).

Para que o processo de automação pudesse ser feita de forma correta a pessoa que quer automatizar esse processo de automação tem que disponibilizar um modelo BIM e um plano de situação digital, com dados geoespaciais, estacionamento e um modelo topográfico digital da área.

O processo de como essa verificação pode ser descrita na Figura 51, a seguir:

Figura 51 - Processos de verificação



Fonte: Produzido pelo Autor.

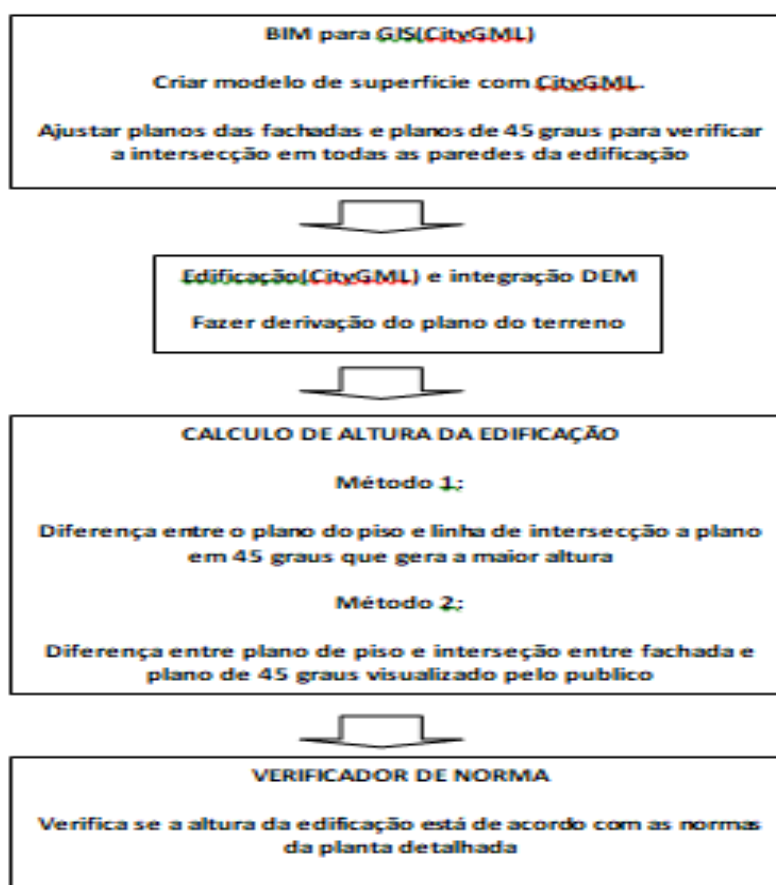
Outra questão importante é a formalização em forma de arquivo de plantas detalhadas pelo fato da maioria das plantas não serem desenvolvidas em formatos passíveis de ser lidos por computadores e sua conversão para um formato que possa ser executado é difícil de ser executado. Os autores acabam criando um processo de conversão do arquivo BIM a integração levando em conta a extração de IFC e direcionando o arquivo para o CityGML, criando um processo similar de modelagem da edificação. Uma das problemáticas é que o

arquivo IFC é uma geometria sólida (CSG) ou um volume por varredura enquanto o CityGML usa representação por limite(B-Rep) em seus sólidos.

Para fazer um critério de verificação de elementos foi necessário subdividir os elementos do projeto em quantitativos, qualitativos e visuais e também caracterizou os proprietários da informação, se em BIM ou geoespacial. A partir do levantamento feito desses dados os pesquisadores identificaram que seria possível fazer essa integração.

O processo de verificação de altura da edificação pode ser explicado com a Figura 52 a seguir:

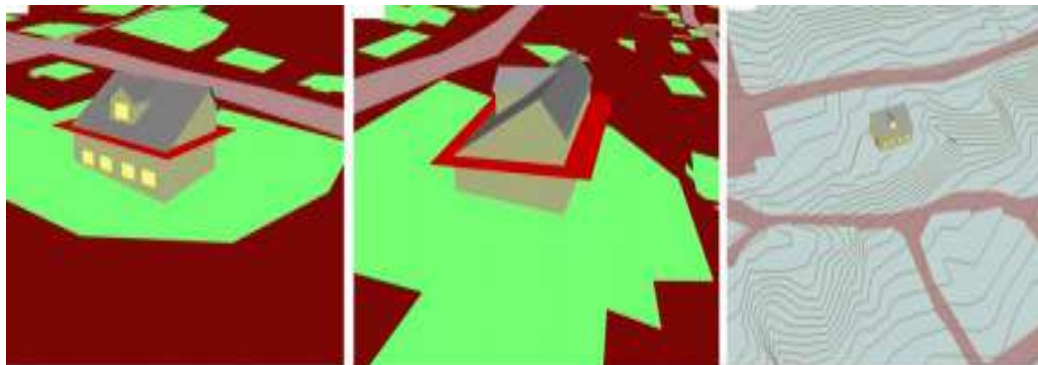
Figura 52 - Processo de verificação de altura



Fonte: Produzido pelo Autor.

Com esse modelo é criado um Digital Elevation Model (DEM), onde fica possível verificar a altura da edificação e posteriormente comparar com a permitida por lei(Figura 53).

Figura 53 - Edificação modelada no CityGML



Fonte: Olson et al. (2018)

A outra norma de construção verificada no estudo foi o cálculo da área para verificar a densificação (área total de construção área total do terreno) do projeto. São utilizadas três formas diferentes de cálculo de áreas para o estudo, onde o cálculo é feito baseado em elementos de IFC, Já que essa informação, mesmo que existisse no modelo, foi perdida na conversão de BIM para IFC.

Em uma primeira análise a conversão do arquivo BIM para IFC acaba trazendo problemas como a transformação de paredes em superfícies sem espessura. Outro elemento que esse estudo aborta é o cálculo de área total edificada, onde ele se utiliza de 8 edificações para testar o processo. Temos a Figura 54 as 8 edificações utilizadas no estudo.

Figura 54 - Edificação modelada no BIM



Fonte: Olson et al. (2018)

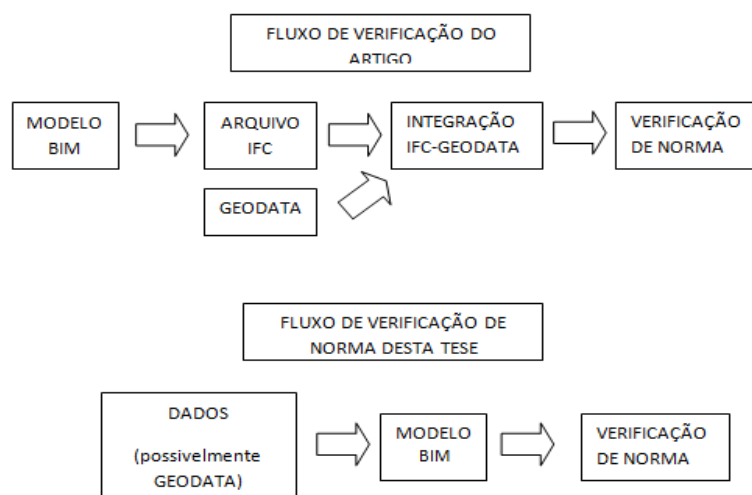
Os arquivos de IFC acabavam vindo sem dados de plano 0 , nível do solo ou qualquer outra informação do terreno, muito menos um sistema de coordenadas aplicada a edificação. Sendo que esses elementos foram adicionados por uma estimativa visual. Método que por si só já compromete o modelo testado para uma aplicação real.

Uma das grandes questões desse processo é a utilização de muitos plug-ins para poder gerar esse cálculo de área pelo IFC, necessitando de maior conhecimento específico. Esse tipo de análise é que o modelo não pode levar o terreno para verificar, nem níveis ou sistema de coordenadas, pois na conversão de BIM para IFC esses elementos de informação são perdidos. Outra questão importante é a forma como os modelos foram feitos no arquivo BIM gerando formas diferentes de cálculo de área.

Uma informação importante desse levantamento é que o cálculo manual e o automatizado da área acabaram gerando diferenças de 0.8%. Esse erro é caracterizado pela dificuldade do cálculo em IFC de áreas como varandas que tem entrada aberta. Ainda foram analisados mais três processos de estudo com tentativas similares de estudo, incluindo o mesmo processo de direcionamento de dados, gerando resultados exatamente similares aos explicados anteriormente.

Esse estudo tem muitas similaridades com a intenção desta tese. Contudo, esta tese tem como direcionamento a verificação das normas sem retirar os dados de dentro do software, incluindo os dados que podem ser extraídos de um software de georreferenciamento, com uma das características a manutenção das informações e características do modelo BIM que se perdem na conversão para IFC. Podemos visualizar o fluxo dos dois trabalhos através da Figura 55 a seguir:

Figura 55 - Fluxos de trabalho



Fonte: Produzido pelo Autor.

Primeiramente devemos entender que a grande maioria dos estudos com finalidade de integração entre BIM e SIG acabam tendo um único fluxo de trabalho no início, onde o arquivo BIM é extraído de sua plataforma, normalmente no formato IFC. Em seguida, o arquivo é direcionado através de plug-in para o SIG.

Em entendimento primário já percebemos que muitas informações são perdidas nessa migração do arquivo BIM para IFC, deixando potencialmente menor quantidade de dados para testes e análises.

O fluxo que trabalho em nenhum dos casos leva em consideração o direcionamento dos dados em sentido oposto, para ser anexado a plataforma BIM. Esse direcionamento deveria ser levado em conta para uma possível futura pesquisa.

Os piores problemas encontrados são decorrentes de uma grande quantidade de objetos inválidos criados a partir da transformação do modelo original BIM para IFC.

Em um aspecto geral o uso de integração entre os dois tipos de software ainda é muito trabalhoso e nada automatizado, grande parte das informações definidas dentro do modelo BIM é descartada quando transformado em IFC e acaba sendo necessário retrabalho dentro do CityGML para que alguma análise possa ser concluída. Essa grande quantidade de retrabalho associado à perda de dados importantes da edificação nos faz duvidar da viabilidade desse processo nesse sentido para uma análise geral de todas as regras e posturas necessárias para aprovar uma edificação em um município no Brasil.

Os únicos elementos que são realmente verificados no processo de retirada dos dados BIM e direcionados para o SIG acaba realmente só sendo prático para elementos que são verificados coma geometria da edificação e na maioria dos casos a sua verificação só é possível depois de indicar valores aproximados de nível 0 da construção. E a coisa pode complicar em aplicações em locais que tem normas de construção diferentes de outros como a cota de coroamento existente em Brasília por exemplo. Seria muito complicado criar um parâmetro de verificação para um tipo de elemento que pode ser modificado por conta de quem é o analista.

A grande questão desse processo é que cada município no nosso país tem regras e características totalmente diferentes um do outro no Brasil, partes do mesmo município tem regras diferentes. Como tornar essa informação viável e operante dentro do software BIM?

Na realidade, o banco de dados dentro de um software GIS seria uma boa opção para que essas informações fossem acessadas de uma maneira mais fácil em uma via inversa das que se tentam fazer atualmente?

Segundo Sommerville novos softwares para negócios não são desenvolvidos do zero. Na realidade, estes softwares são modificando ou adicionando elementos a sistemas existentes ou configurando e integrando outros softwares ou componentes a sistemas nativos. Ainda de acordo com o autor existem 4 tipos de atividades ligadas ao desenvolvimento de software que são: Especificação de software; Projeto e implementação de software; validação de software e evolução de software.

Especificação de software está direcionada a funcionalidade do programa, onde fica definido o que o sistema vai fazer, seu tipo de operação e todos as suas conexões. Projeto e implementação está ligado a criação e operacionalização do sistema através de todas as especificações definidas. Validação é etapa onde o sistema é testado para verificar se ele faz exatamente o que o cliente necessita. Já evolução é a evolução do sistema para buscar atender as mudanças das necessidades dos clientes.

Um protótipo de software é uma versão inicial do sistema que tem como intenção demonstrar conceitos, testar possibilidades de projeto e entender mais do problema e suas possíveis soluções dentro do sistema. Um protótipo de software pode ser utilizado dentro de um sistema já existente para ajudar e antecipar mudanças que possam vir a fazer parte do sistema futuramente. No processo de engenharia do sistema um protótipo de software pode

ser utilizado para elucidar e testar requisitos do sistema. Já no processo de projeto do sistema um protótipo pode ser utilizado para explorar soluções particulares de software para melhorar, dar suporte e melhorar o projeto de interface do sistema.

Protótipos permitem ao usuário o quão bem o sistema suporta seu trabalho, adicionando novas ideias de requisitos, identificando áreas de potencialidades e fraquezas dentro do sistema. Podem ainda ser utilizados para incrementar as funcionalidades do programa, gerando novas funcionalidades e identificando possíveis erros. Um problema comum em protótipos é que o protótipo pode não necessariamente ser usado da mesma forma que ele vai ser em seu produto final do sistema. Em fase de teste um protótipo pode não ser utilizado da mesma forma que as outras ferramentas do sistema. Protótipos não devem ser executáveis de forma a ser utilizado. Podem ser criados para ajudar o desenvolvedor a refinar o processo de criação da interface de projeto do software.

6 MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

No estudo será realizado um experimento utilizando um conjunto de projetos aprovados, por meio dos quais verificaremos o cumprimento das normas de edificação diretamente a partir de modelos elaborados no Revit. No sentido de verificar a hipótese apresentada nesta tese, será necessária a utilização de diversos procedimentos tais como modificações em *templates* e criação de tipos de famílias de paredes ou elaboração de algoritmos novos para verificar os afastamentos mínimos obrigatórios, altura máxima da edificação, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento, inseridos por *plug-ins* ou famílias modificadas e as tabelas criadas. Estes seriam implementados dentro de um sistema BIM, de forma que permitiriam a verificação de normas de edificação, diretamente no modelo digital, facilitando o processo de aprovação do projeto de arquitetura em uma prefeitura ou administração.

No sentido de determinar que tipo e com que facilidade os sistemas BIM podem gerar a automação desses dados criamos uma hierarquia de níveis de automação que denominamos degraus de automação. Isso se fez necessário para podermos organizar quais processos que facilitaríamos o cálculo dos dados dentro do Revit. Esses graus foram definidos como alto grau de automação, grau de automação intermediário e grau de automação baixo. A conceituação desses graus foi feita com base na análise do tipo de fórmula e origem da informação para gerar um algoritmo para verificar o cumprimento das normas de afastamento mínimo obrigatório, altura máxima da edificação, área mínima de um cômodo, altura máxima das divisas do lote, taxa de aproveitamento e área “non edificandi”.

Conceituamos uma automação com grau baixo como sendo aquela em que o sistema BIM não fornece a informação de forma simples e fácil e se torna necessário maior quantidade de trabalho manual para verificar o cumprimento das normas. A classificação que utilizamos está vinculada a quantidade de procedimentos a serem executados.

Por outro lado, em uma automação de nível alto, todos os dados já estão disponíveis no próprio sistema BIM e só teriam como finalidade para o seu cálculo o fato dessas informações não serem computadas para finalidades propostas nesta tese. Por exemplo, um alto grau de automação seria o cálculo do tamanho mínimo dos ambientes cujos dados necessários para o seu cômputo já estão disponíveis no sistema, mas ainda não são utilizados

para este fim. Por outro lado teríamos como baixo nível de automação a identificação do pé direito mínimo obrigatório, visto que esta informação deveria vir de fora do sistema.

Depois de construir estas categorias contendo os requisitos necessários para o cumprimento das normas do código de edificações, restringiremos nossa pesquisa a algumas delas devido a exiguidade dos prazos acadêmicos que dispomos. O último passo será a elaboração de algoritmos que serão testados nos modelos da amostra de nosso experimento.

Por meio da classificação de automação que criamos foi possível desenvolver a seguinte tabela com os graus de automação referentes ao uso do Revit como ferramenta para realizar análises de projetos para aprovação arquitetônica.

Universo da amostra: Utilizaremos 35 projetos aprovados por prefeituras e administrações do Brasil. Este número é justificado pela dificuldade de conseguir projetos com arquitetos e proprietários. A dificuldade acontece pelo receio de ter problemas com segurança (da parte dos proprietários) e questões de direito autoral (da parte dos arquitetos).

Sistema: utilizaremos o Revit, com a sua versão que mais facilite nosso experimento. Os instrumentos de coleta de dados serão:

- a) Recursos documentais: projetos aprovados.
- b) Modelagem desses projetos no Revit.
- c) Observação e verificação das normas de aprovação de projeto utilizando modelos elaborados dentro do Revit.

Limitação do método: dificuldade de verificação do código fonte do Revit devido a questões autorais. Outra limitação é a dificuldade em conseguir projetos disponíveis para o experimento. Estes projetos foram obtidos com o auxílio de arquitetos, engenheiros, desenhistas e proprietários dos imóveis.

6.1 Procedimentos necessários para o desenvolvimento do experimento

No sentido de viabilizar o desenvolvimento desta tese se faz necessário avaliar a possibilidade de utilizar um sistema BIM para verificar o cumprimento das normas de edificação diretamente a partir de modelo digital. Além disto, seria necessário avaliar o nível de dificuldade encontrado na implementação desse tipo de procedimento. Neste sentido, adotamos os procedimentos a seguir:

Procedimento 1 – Avaliação de requisitos

Neste procedimento foram escolhidos seis itens da tabela de requisitos de aprovação de projetos do Código de Edificações muito comuns na maioria dos municípios do Brasil como recorte a ser testado no experimento. Estes itens são afastamento frontal mínimo obrigatório; afastamentos laterais mínimos obrigatórios; afastamento de fundo mínimo obrigatório; altura máxima da edificação; coeficiente de aproveitamento e taxa de ocupação. Estes itens foram escolhidos por serem elementos comuns e analisados no setor para aprovação.

Avaliaremos quais informações de projeto tais como áreas, distância entre cada edificação e as divisas do lote, altura da edificação, etc, a partir do projeto piloto modelado no Revit para entendermos quais dessas informações já estão disponíveis no sistema BIM para serem utilizadas para verificação de cumprimento das normas para fins de aprovação de projeto. Quais são os cálculos que o sistema do Revit já faz de forma automatizada, mesmo que isso não fique totalmente claro de forma direta ou apareça facilmente no sistema como o cálculo da área de um cômodo ou seu perímetro.

Procedimento 2 – Avaliação de requisitos externos

Identificaremos quais são as informações que precisam ser obtidas externamente, seja do Código de Edificação, das Normas de Gabarito etc, tais como altura máxima da edificação permitida no local, a taxa de ocupação, e os afastamentos mínimos permitidos no local. Destacaremos também que devemos incluir no arquivo modificado para gerar elementos que possam sinalizar quando a altura máxima da edificação foi ultrapassada por exemplo. Com isso, sempre que colocarmos uma parede que ultrapasse a altura máxima permitida para uma janela com um aviso se abrirá e informará que aconteceu um erro.

Procedimento 3 – Cálculos e análises quantitativas

Especificaremos as fórmulas matemáticas para afastamentos mínimos obrigatórios (frontal, laterais e fundo), altura máxima da edificação, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento que serão utilizadas para fazer os cálculos necessários para verificação do cumprimento de cada uma dessas normas para aprovação de projetos. Estes cálculos estão apresentados nos procedimentos para a criação dos algoritmos de cada restrição.

Procedimento 4 – Apresentação dos *outputs* nos sistemas BIM

Definiremos uma interface de saída (*output*) dos resultados dentro do próprio sistema BIM, de forma visual ou por meio de tabela de dados, que vai depender do tipo de norma a ser testada. Por exemplo, poderíamos verificar se o afastamento mínimo obrigatório foi observado por meio de uma janela contendo informações de erro e/ou uma representação visual em algumas vistas do projeto. A altura máxima da edificação teria os mesmos *outputs* dos afastamentos. No entanto, a verificação de taxa máxima de ocupação de um lote não poderia ser feita de forma visual, uma vez que a mesma é ligada a um cálculo matemático e seria necessário uma janela de diálogo com tais informações e/ou por meio de uma tabela automatizada. O coeficiente de aproveitamento teria as mesmas categorias de *outputs* da taxa de ocupação.

Podemos citar, por exemplo, a relação entre as aberturas (aeração) e as áreas do piso de cada cômodo. As áreas destes elementos já estão disponíveis no sistema BIM Revit. A relação precisa ser obtida junto ao Código de Edificações. Essa relação geralmente é em percentual, dependendo do tipo de cômodo (por exemplo, se é de permanência prolongada, o percentual é maior). A partir da informação de área de uma janela, divide-se a mesma pela área do piso e multiplica-se por 100.

Portanto, utilizamos um grupo de projetos aprovados como grupo de teste para verificar o cumprimento das normas construtivas no local. Este grupo de projetos se faz necessário para conseguirmos trabalhar com os mesmos parâmetros e normas de edificação e componentes de projetos similares.

O teste do cumprimento das normas de edificação por meio do sistema BIM escolhido será feito através de análise de projetos de casas, modelados no Revit. Utilizaremos um arquivo modificado BIM para gerar testes sobre a possibilidade de verificação das normas diretamente no sistema BIM escolhido, de acordo com o código de obras do município de cada projeto em relação aos afastamentos mínimos obrigatórios, altura máxima da edificação, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento.

Procedimento 5 – (Planilha de cálculo)

Considerando os dados obtidos nos procedimentos anteriores, pode-se construir uma tabela no Excel ou outro tipo de planilha, a título de memória de cálculo. Isto será feito no sentido gerar um melhor entendimento dos cálculos necessários para criação do algoritmo e sua aplicação no sistema BIM.

Procedimento 6 – (Inserção de cálculos no sistema BIM)

A partir do procedimento anterior verificaremos a melhor forma de introduzir esses cálculos e de apresentar os resultados dentro da plataforma do sistema BIM. Criaremos um grupo de análise com projetos aprovados e/ou fase de aprovação no Park Way e verificaremos suas normas por meio do uso de um *template* do sistema BIM, com famílias de paredes modificadas e tabelas criadas com o intuito de permitir a análise de normas de edificação diretamente no modelo. Essas famílias indicam como o algoritmo poderia funcionar dentro do Revit, mesmo que ainda não seja uma versão definitiva.

6.2 Procedimentos do método de investigação

- a) Modelaremos nos sistemas BIM projetos de edificações aprovadas. Esses projetos (35) serão apresentados como exemplo de verificações e no anexo deste trabalho.
- b) Definiremos quais parâmetros que serão utilizados para verificação do projeto com relação às normas de edificação no sistema BIM escolhido. Para este estudo os parâmetros utilizados são afastamento frontal mínimo obrigatório, afastamento lateral mínimo obrigatório, afastamento de fundo mínimo obrigatório, altura máxima da edificação, taxa máxima de ocupação e coeficiente de aproveitamento;
- c) Testaremos os modelos de projetos com o template com famílias e tabelas modificadas, criadas com a intenção de gerar análise das normas dentro do Revit. O template seria a opção mais direta de identificarmos as formas que essa verificação poderia ocorrer em um aplicativo ou plugin.
- d) Verificaremos se a hipótese desta tese é promissora ou não, testando cada um dos 35 projetos aprovados modelados no Revit e utilizando o template de famílias e tabelas modificadas, verificando se com relação a afastamentos, altura máxima da edificação,

coeficiente de aproveitamento e taxa máxima de ocupação é possível informar se os projetos se enquadram ou não.

6.3 Dados disponíveis

A partir deste ponto, onde iremos utilizar o projeto piloto como base de informações, onde poderemos obter os dados provenientes dos modelos criados no sistema BIM escolhido para proceder a verificação do cumprimento das normas do código de edificações. Iremos assim gerar dados no sistema BIM para fazer a verificação de normas de edificação tanto para o projetista quanto para as prefeituras e administrações, tais como, por exemplo, afastamentos mínimos obrigatórios, taxa máxima de ocupação, altura máxima da edificação, etc. Isso é de suma importância, pois toda e qualquer informação que conseguirmos obter com o projeto piloto também será possível conseguir em qualquer outro projeto modelado no Revit.

A figura 56 a seguir representa o compilado de informações dos graus de automação extraído do projeto piloto no Revit. A partir desse projeto pudemos extrair e verificar as informações de elementos construtivos como podemos constatar a seguir.

Figura 56 - Quadro de grau de automação de informações no Revit

NORMAS DO CÓDIGO DE EDIFICAÇÕES	GRAU DE AUTOMAÇÃO	AVALIAÇÃO
Afastamentos mínimos obrigatórios	ALTO	Essa automação é considerada alta, pois o sistema pode detectar as distancias entre objetos. O parâmetro da cota de uma edificação e um muro não gera vinculação ou aviso de não construir, pois o afastamento mínimo é uma faixa paralela aos limites do lote onde não se pode edificar. Poderiam ser criados no sistema um tipo de família com nomes de muros (frente, fundo, lateral) que informassem o afastamento mínimo para a criação de edificações e que gerasse um aviso do sistema quando esse valor fosse ultrapassado.
Cota de soleira	RAZOÁVEL	Não existe parâmetro no Revit para vincular o nível térreo a uma cota como soleira específica. O usuário pode determinar a que o nível 0 do projeto está vinculado. Por exemplo, o usuário pode determinar como zero o nível de um subsolo ou de um pilotis térreo. O sistema não faz restrições para impedir seu uso de forma irregular. Este poderia ser extraído diretamente do banco de dados do sistema da prefeitura ou administração de forma georeferenciada igualando o 0 do projeto com o valor x da cota de soleira determinada por levantamento oficial.
Taxa mínima de área “non edificandi”	RAZOÁVEL	No Revit podemos extrair áreas totais de ambientes. No entanto não existe uma correlação nem hierarquia para caracterizar um lote e suas subdivisões internas. Outra coisa que o sistema não faz é um cruzamento entre esses dados. Seria necessário criar um identificador de ambiente para gerenciar o tamanho do lote. É também necessário que essa informação seja identificada e calculada com base na área de construção do lote para a correta averiguação. O sistema deve ser capaz de identificar qual é a área do lote e fazer uma correlação entre a área do lote e a área sem edificação, gerando um resultado em porcentagem.
Taxa máxima de edificação	RAZOÁVEL	O software não limita a quantidade de área construída. É preciso que o sistema possa identificar qual é o quantitativo da área modelada e detectar qual é o máximo de área que seria permitido edificar na localidade. Assim que o usuário do sistema ultrapassar a área permitida, o sistema deveria gerar um aviso informando que este fato aconteceu.
Taxa máxima de ocupação	RAZOÁVEL	Os dados sobre áreas cercadas são simples de serem extraídos, contudo não existe limite dentro de uma área. Você pode ocupar até 100% da área com cômodos. Outro problema é que o sistema não difere a área de um cômodo com a área do lote. É preciso criar uma diferenciação entre lote e áreas edificadas. Também se faz necessário fazer uma relação entre lote e área edificada.

Altura máxima da edificação	RAZOÁVEL	O software não bloqueia a criação ou avisa sobre a altura máxima do que for construído. A criação de um parâmetro de altura dentro das vistas laterais ou cortes seria interessante para restringir a altura de cômodos e seus fechamentos, excluindo o uso de elementos como caixa d'água e casa de máquinas quando permitido. Deveria alertar sempre quando ocorrer este último caso por meio de um aviso do sistema alertando para o fato da altura máxima já ter sido ultrapassada e que o usuário deveria verificar se o que ultrapassou se refere a caixa d'água ou casa de máquinas..
Número máximo de pavimentos	BAIXO	Não existe parâmetro para determinar que dois elementos de laje sejam identificados como pavimento. Seria necessário introduzir um parâmetro novo chamado "pavimentos" para vincular as lajes entre si, limitando seu quantitativo e alertando o usuário toda situação em que ocorrer o não cumprimento da norma. Seria necessário criar uma relação entre níveis de projeto e um parâmetro que transformasse esse nível em um pavimento, sempre anexando um piso a uma laje ou cobertura. Deveria ter como opção no gerenciador de projeto a opção de transformar um nível em um pavimento, podendo assim, ser gerenciado pelo sistema seu quantitativo.
Presença de estacionamento ou garagem	BAIXO	Existe a família de vagas de garagem. Só não existe limite ou obrigatoriedade de seu uso. É necessário a criação de um parâmetro para obrigar a colocação de um componente de vaga de estacionamento ou ambiente com essa nomenclatura. É necessário também criar um procedimento de aviso para que o sistema indique a falta de cumprimento da norma. A partir do momento em que inserirmos uma família de vaga de estacionamento no modelo, essa informação deverá ser encaminhada para o banco de dados do sistema. Também deverão ser anexada na janela de propriedades quantas vagas faltam para cumprir a norma de forma similar ao que ocorre com os degraus da escada, onde o sistema avisa quantos faltam para chegar no nível desejado. Assim que você fosse colocar uma vaga de estacionamento apareceria na tela e nas propriedades quantas vagas você já colocou e quantas mais são necessárias para cumprir o que estabelece a norma.
Tratamento de divisas do lote	BAIXO	Não existe caracterização de elemento como lote e tampouco de limite de composição de suas divisas. Não existe uma subdivisão entre as famílias de parede ou uma família nova que poderia ser utilizada só para representar divisas de lote e suas configurações. A criação de uma família que contemplasse algo semelhante a uma parede empilhada com amarrações de elementos seria necessária para sistematizar o processo. Seria necessário criar outro tipo de família de sistema como divisa de lote onde poderíamos restringir o tipo e a altura de seus componentes e seus totais como uma edição de tipo semelhante ao que já

		acontece com as paredes empilhadas.
Área mínima de ambientes	BAIXO	A área do ambiente existe sem limite de dimensões. Seria necessário vincular o identificador dos ambientes com a área mínima que cada nome poderia vir a ter. Com isso o sistema poderia informar através do quadro de áreas mínimas quando uma delas não estiver sendo satisfeita. Apareceria a janela de aviso no canto inferior esquerdo da tela informando que essas áreas estão pequenas para o cômodo e que por isso estão fora da norma específica. Ainda poderia aparecer uma pergunta de forma semelhante a um aviso no sentido de verificar se o usuário gostaria de permanecer com o arquivo dessa forma, mesmo fora dos conformes legais.
Dimensões mínimas para cômodos de edificações	BAIXO	Considerar o tamanho mínimo da edificação para o tipo de programa. Não existe limite. O sistema deveria ser capaz de identificar as dimensões e áreas de um ambiente e cruzar informações com o nome do cômodo para informar quando este for menor do que o necessário para atender a legislação. Apareceria na janela um aviso no canto inferior direito, informando que essas dimensões estão pequenas para o cômodo e que por isso estão fora da norma específica.
Aeração / iluminação mínima de ambientes	BAIXO	O quantitativo do vão existe, mas precisa ser vinculado de forma eficiente. Não é possível obter essa informação de forma direta. O sistema “sabe” quanto de área de parede é retirada para colocar uma porta ou janela, pois atualiza a área da parede quando essas modificações ocorrem. O sistema deveria informar de forma clara, talvez por meio de uma tabela de quantitativos, a relação entre a área do ambiente e suas aberturas. O usuário selecionaria as propriedades de um ambiente e dentre essas propriedades informaria o quesito em questão na forma de uma tabela de quantitativos similar aos que se usa para fazer um quadro de esquadrias.
Vãos mínimos de acesso	RAZOÁVEL	O quantitativo de vão existe, mas precisa ser vinculado de forma eficiente. O sistema deveria criar uma janela de aviso toda vez que um cômodo fechado no modelo recebesse portas e aberturas menores do que o estabelecido pelas normas. Toda vez que criássemos uma porta menor do que o permitido uma janela com esse aviso apareceria no canto inferior esquerdo da tela. É necessário criar um parâmetro no sistema que fizesse o cálculo de forma automatizada e alertasse quando esse vão não estiver dentro dos padrões exigidos na norma. Possivelmente um alerta deveria aparecer dentro do quadro de vãos mínimos. O alerta também poderia ser feito em forma de pergunta, aparecendo um aviso no canto inferior direito da tela perguntando se o usuário quer manter esse vão fora das normas no projeto

Pé direito mínimo em cada ambiente.	BAIXO	A informação existe uma vez que é simples cotar em um corte, por exemplo, ou anexar uma parede a uma laje. Essa informação não aparece de forma automatizada. O sistema informa o volume do ambiente, mas não identifica a altura entre os níveis e seus limites. Seria necessário criar um tipo de restrição vinculada ao ambiente. Por meio desta seria possível criar um parâmetro que impedisse a definição de pés direitos abaixo dos limites permitidos. Poder-se-ia alertar se estivesse fora das normas por meio de avisos do sistema. A partir do momento que criássemos dois níveis seguidos, o sistema deveria gerar um aviso em uma caixa de diálogo no canto inferior direito da tela toda vez que os mesmos estivessem distanciados entre eles em um valor menor que o permitido por norma.
-------------------------------------	-------	---

Fonte: Produzido pelo Autor.

Depois de modelarmos o projeto piloto no Revit, começamos a analisar todos seus elementos e informações que o sistema gerou a partir do modelo tridimensional da edificação criado. A partir das informações obtidas com o modelo criamos uma tabela onde correlacionamos o tipo de norma do Código de Obras, seu grau de automação e avaliação do que seria necessário fazer para conseguirmos automação na verificação. Os graus de automação foram definidos como alto, razoável e baixo como podemos visualizar a seguir:

No caso de afastamento mínimos necessários não existe informações dentro da ferramenta sobre qual é o mínimo que pode ser utilizado. Essa informação deve ser retirada do banco de dados externo (do próprio código de obras do DF). Essa análise deveria ser feita como uma verificação de componentes com uma advertência em tela (comum neste tipo de ferramenta) e também de forma visual, como, por exemplo: a criação de uma família de paredes vinculada a uma linha para afastamento.

No sentido de analisar a cota de soleira em relação com aquela máxima permitida, é necessário obter a informação de qual seria o nível zero indicado pela administração. A seguir seria necessário vincular esse nível ao zero do arquivo de projeto para permitir uma análise imediata da edificação. Na realidade, o nível de cota do arquivo deveria ser balizado por meio de um banco de dados que tivesse a informação da administração ou prefeitura para que fosse assegurado seu real valor. Como projetistas, nós estabelecemos o zero do projeto como sendo a cota de soleira da edificação, porém poderíamos assegurar uma equivalência com a cota proposta do GDF. Toda vez que criássemos um nível chamado soleira ou anexado

a cota zero, o sistema criaria uma vinculação dessa informação ao banco de dados com as informações do GDF e alertaria qual seria a altura máxima a partir daquele nível.

Com base nas informações obtidas com a criação da tabela de graus de automação se faz necessário ter um entendimento sobre algoritmos e a criação de procedimentos que permitam que criemos os algoritmos para serem utilizados no Revit com o intuito de conseguir verificar normas de edificação dentro do sistema.

6.4 Algoritmo

Algoritmo foi definido por Futschek como sendo “um método de resolver problemas com instruções exatas e definidas”. Ele apresentou a questão de como encontrar um caminho através de um labirinto como um exemplo de problema e depois três diferentes tipos de algoritmos para sua solução. Onde ele define enquanto não se chegou a saída, se você chegou a um beco sem saída então vire 180 graus e volte a bifurcação e siga o próximo caminho a esquerda, sempre repetindo essas etapas até achar a saída (FUTSCHECK,2006).

Outra forma de entender um algoritmo seria a representação de um conjunto de regras para solucionar um problema específico, levando em consideração que você precisa descrever passo a passo como resolver esse problema. Seria fácil tentar explicar um algoritmo fazendo uma comparação com uma receita de um bolo. Para fazer um bolo devemos descrever quais serão os ingredientes e suas quantidades. Logo após, devemos entender quais serão as regras para seu preparo, como por exemplo, a sequência de inclusão dos ingredientes e como devem ser adicionados, etc. A correta execução da receita leva ao produto esperado. Contudo, se modificarmos a quantidade de ingredientes e/ou a ordem de colocação dos mesmos na receita o resultado será diferente do esperado. Um algoritmo em programação de computadores um algoritmo especifica de forma clara e de forma correta as informações que um software deve conter para que, ao ser executado, forneça os resultados esperados (SOUZA, Marco A Furlan. 2014).

A definição que Burry e Burry (2012) usam para algoritmo seria um tipo de conjunto específico de instruções utilizadas para executar um procedimento, que inclui uma instrução de início e uma de interrupção. Essa sistemática envolve ainda a relação entre instrução e resultado, ou seja, cada instrução inserida (input) no sistema produzirá para esta instrução um resultado específico (output). Ou então, pode ser explicado de forma simples

como sendo um plano estratégico para solucionar um problema específico (TERZIDIS, Kostas, 2003).

O algoritmo pode ser descrito como um dispositivo de busca que procura por possíveis soluções para resolver um problema específico. Este problema pode ser descrito como um conjunto de etapas consistentes, de forma lógica e que tenham um fim. Etapas estas que quando organizadas de forma lógica, produziram um conjunto de soluções, em que cada entrada (input) será produzida uma saída (output). (BURRY e BURRY, 2012, p. 252).

Inicialmente deve-se identificar qual o problema a ser resolvido pelo software (Qual o objetivo). Em seguida deve-se extrair todas as informações a respeito do problema (o que é chamado de dados e operações por programadores), relacionar as informações com o conhecimento que se tem na atualidade do assunto, identificando outras fontes se existirem. Esse processo é denominado de modelagem do problema. Por fim, agora que sabemos como solucionar o problema devemos descrever claramente os passos para chegar à solução. É necessário colocar os passos em uma sequência lógica para que o problema seja resolvido de forma adequada (SOUZA et al. 2014 p. 4-26). Para identificarmos quais são os problemas que precisamos resolver antes de criarmos os algoritmos necessitamos enumerar os procedimentos necessários para que cada norma de edificação seja passível de ser verificada.

6.5 Procedimentos para a criação dos algoritmos

Para cada tipo de normas de edificação que devemos cumprir é necessário que entendamos como essa norma funciona, que elementos do projeto devem ser levados em conta para que possa ser aprovada, em qual documento essa norma está explicitada e quais seus parâmetros. Para isso criamos um conjunto de procedimentos que vão nos levar a criação do algoritmo. Isso seria um passo a passo das informações e procedimentos que devemos tomar para que uma norma de edificação seja obedecida de forma satisfatória. Contudo, cada tipo de norma necessita de procedimentos próprios para que suas obrigações sejam respeitadas. Para isso criamos os procedimentos a seguir para cada tipo de norma a ser verificada.

Procedimentos para elaboração de algoritmo para verificação do afastamento mínimo lateral:

1 - **Verificar o afastamento mínimo lateral obrigatório segundo as normas de edificações, uso e gabarito ou seguindo regimento do condomínio se for o caso.**

2 - **Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável.**

Esse banco de dados poderia ser constituído por uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e anexado ao código fonte do sistema. Outra alternativa, então, seria adicionar elementos ao banco de dados existente no código fonte do Revit. O parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário poderia inserir o valor desejado para esse parâmetro. O referido banco de dados seria um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente inserido pelo usuário. Por outro lado, um parâmetro editável seria aquela informação que o usuário insere no sistema e que é incorporada ao seu respectivo banco de dados.

3 - **Inserir banco de dados ou informação no parâmetro editável dentro do sistema BIM**

Será preciso criar esse banco de dados ou elementos com informação agregada. Será necessário criar um banco de dados externo que deverá ser acessado pela internet diretamente e carregado no sistema a partir do georreferenciamento do projeto de forma similar ao que acontece com o estudo de insolação. Esse limite de lote teria parâmetros agregados ou opção de ser vinculada a uma parede ou muro e que seria acessado assim que selecionar o local do projeto.

4 **Verificar a existência de definição de limites de lote lateral no modelo BIM**

Se essa definição não existir então é preciso criar um tipo de família ou componente que permita verificar esse afastamento. Por outro lado, se essa definição existir, então se deverá proceder ao cálculo no item 5.

5 **Calcular a distância entre a edificação modelada e o limite do lote**

O sistema BIM deve informar qual a distância entre as paredes externas da edificação e a divisa lateral do lote. O sistema BIM deve produzir para uma determinada instrução um resultado específico (output) sobre qual a distância calculada deve ser a distância horizontal entre esses dois elementos. O cálculo será feito baseado no sistema de cotas do Revit que automatiza a localização de um elemento assim que ele é colocado na área de trabalho. Ele

“entende” a que distancia em relação a um elemento está do outro lado a partir do momento em que é criado na área de trabalho. Verificar se a distância calculada é igual ou maior que a distância descrita nas normas de edificações de uso e gabarito.

Se a distância entre a divisa lateral for menor do que a esperada, então apresentar ao usuário advertência informando que a proposta não está de acordo com as normas. Se, por outro lado, for igual ou maior à distância esperada, então não apresentar advertência ao usuário.

6 Fim

Caso ainda aparecer alguma advertência retornar para o passo 5 e 6 alterando a distância entre edificação e divisa. Se não existir mais nenhum tipo de advertência com relação ao afastamento mínimo obrigatório então esta condição está dentro das normas e a verificação será finalizada.

Procedimentos para elaboração do algoritmo para verificação do afastamento mínimo frontal:

1- Verificar o afastamento mínimo obrigatório frontal segundo as normas de edificação, uso e gabarito, ou norma similar no município, ou seguindo o regimento do condomínio se for o caso.

2- Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável

Um banco de dados poderia ser uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e esse arquivo deve ser anexado ao código fonte do sistema. Ou então é necessário adicionar elementos ao banco de dados já existente dentro do código fonte do Revit. Já No entanto, o parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário pode pudesse inserir colocar o valor desejado para esse parâmetro. Um banco de dados é um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente precisa de alguma informação inserida pelo usuário. Já Por outro lado, um parâmetro editável é aquele em que o usuário insere a informação no sistema e essas informações são incorporadas ao banco de dados do sistema.

3- Inserir banco de dados ou informação no parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM

Será preciso criar esse banco de dados ou elementos com essa informação agregada. Será necessário criar um banco de dados externo que deverá ser acessado pela internet diretamente e carregado no sistema a partir do georreferenciamento do projeto de forma similar ao que acontece com o estudo de insolação e que será acessado assim que selecionar o local do projeto. Esse limite de lote teria parâmetros agregados ou opção a ser vinculada a uma parede ou muro.

4- Verificar a existência de definição de limites de lote frontal no modelo BIM

Se essa definição não existir então é preciso criar um tipo de família ou componente que permita verificar esse afastamento. Em contrapartida se essa definição existir, então proceder ao cálculo no item 5.

5- Calcular a distância entre a edificação modelada e o limite frontal do lote

O sistema BIM deve informar qual a distância entre as paredes externas da edificação e a divisa lateral do lote. A distância calculada deve ser a distância horizontal entre esses dois elementos. O cálculo será feito baseado no sistema de cotas do Revit que automatiza a localização de um elemento assim que ele é colocado na área de trabalho. Ele “entende” a qual distancia um elemento está do outro a partir do momento que é criado na área de trabalho.

6- Verificar se a distância calculada é igual ou maior que a distância descrita nas normas de edificações de uso e gabarito NGB 119 de 1997 do GDF. Calcular a distância entre a edificação modelada e o limite do lote.

O sistema BIM deve informar qual a distância entre as paredes externas da edificação e a divisa lateral do lote. A distância calculada deve ser a distância horizontal entre esses dois elementos. O calculo vai ser feito baseado no sistema de cotas do revit que automatiza a localização de um elemento assim que ele é colocado na área de trabalho. Ele “entende” sempre a qual distancia um elemento está do outro a partir do momento que é criado na área de trabalho.

7- Fim.

Caso ainda aparecer alguma advertência retornar para o passo 5 e 6 alterando a distância entre edificação e divisa. Se não existir mais nenhum tipo de advertência com relação ao afastamento mínimo obrigatório então esta condição está dentro das normas e a verificação será finalizada.

Procedimentos para elaboração do algoritmo para verificação do cálculo de afastamento mínimo de fundos:

1- Verificar o afastamento mínimo obrigatório de fundos segundo as normas de edificação, uso e gabarito ou seguindo regimento do condomínio se for o caso.

2- Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Um banco de dados poderia ser uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e esse arquivo ser anexado ao código fonte do sistema. Ou então adicionar elementos ao banco de dados já existente dentro do código fonte do revit. Já o parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário pode colocar o valor desejado para esse parâmetro. Um banco de dados é um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente precisa de alguma informação inserida pelo usuário. Já um parâmetro editável é aquele em que o usuário insere a informação no sistema e essas informações são incorporadas ao banco de dados do sistema.

3- Inserir banco de dados ou informação no parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Será preciso criar esse banco de dados ou elementos com essa informação agregada. Será necessário criar um banco de dados externo que deverá ser acessado pela internet diretamente e carregado no sistema a partir do georreferenciamento do projeto de forma similar ao que acontece com o estudo de insolação e que será acessado assim que selecionar o local do projeto. Esse limite de lote teria parâmetros agregados ou opção a ser vinculada a uma parede ou muro.

4- Verificar a existência de definição de limites de fundos do lote no modelo BIM.

Se essa definição não existir então é preciso criar um tipo de família ou componente que permita verificar esse afastamento. Em contrapartida se essa definição existir, então proceder ao cálculo no item 5.

5- Calcular a distância entre a edificação modelada e o limite de fundos do lote

O sistema BIM deve informar qual a distância entre as paredes externas da edificação e a divisa lateral do lote. A distância calculada deve ser a distância horizontal entre esses dois elementos. O cálculo vai ser feito baseado no sistema de cotas do revit que automatiza a localização de um elemento assim que ele é colocado na área de trabalho. Ele “entende” sempre a qual distancia um elemento está do outro a partir do momento que é criado na área de trabalho.

6- Verificar se a distância calculada é igual ou maior que a distância descrita nas normas de edificações de uso e gabarito ou norma similar do município

O sistema BIM deve informar qual a distância entre as paredes externas da edificação e a divisa lateral do lote. A distância calculada deve ser a distância horizontal entre esses dois elementos. O calculo vai ser feito baseado no sistema de cotas do revit que automatiza a localização de um elemento assim que ele é colocado na área de trabalho. Ele “entede” sempre a qual distancia um elemento está do outro a partir do momento que é criado na área de trabalho.

7- Fim.

Caso ainda aparecer alguma advertência retornar para o passo 5 e 6 alterando a distância entre edificação e divisa. Se não existir mais nenhum tipo de advertência com relação ao afastamento mínimo obrigatório então está condição está dentro das normas e a verificação será finalizada.

Procedimentos para elaboração do algoritmo para o cálculo de altura máxima das divisas do lote:

1- Verificar a altura máxima das divisas segundo as normas de edificação, uso e gabarito, norma similar do município, ou seguindo regimento do condomínio se for o caso.

2- Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Um banco de dados poderia ser uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e esse arquivo ser anexado ao código fonte do sistema. Ou então adicionar elementos ao banco de dados já existente dentro do código fonte do revit. Já o parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário pode colocar o valor desejado para esse parâmetro. Um banco de dados é um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente precisa de alguma informação inserida pelo usuário. Já um parâmetro editável é aquele em que o usuário insere a informação no sistema e essas informações são incorporadas ao banco de dados do sistema.

3- Inserir um banco de dados ou informação no parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Será preciso criar esse banco de dados ou elementos com essa informação agregada. Será necessário criar um banco de dados externo que deverá ser acessado pela internet diretamente e carregado no sistema a partir do georreferenciamento do projeto de forma similar ao que acontece com o estudo de insolação e que será acessado assim que selecionar o local do projeto. Esse limite de lote teria parâmetros agregados ou opção a ser vinculada a uma parede ou muro.

4- Verificar a existência de limites de altura das divisas do lote.

Se essa definição de altura máxima não existir então é preciso criar um tipo de família ou componente que possa verificar essa altura. Em contrapartida se essa definição existir proceder ao cálculo no próximo item. Calcular a altura da divisa a partir do seu nível 0 do objeto.

5- Calcular a altura das divisas existentes no modelo.

O sistema BIM deve informar qual a altura do componente parede da que está sendo utilizado como divisa do lote. A distância calculada deve ser a altura máxima desse componente parede.

6- Verificar se a altura calculada é igual ou menor que a altura máxima descrita nas normas de edificações de uso e gabarito ou documento similar do município, como limite de altura das divisas.

Se a altura do componente utilizado como divisa maior do que a permitida, então apresentar ao usuário advertência informando que o componente não está de acordo com as normas e o usuário deve alterar a altura do componente e voltar a etapa 5 deste processo. Se, por outro lado, a altura for menor ou igual à altura limite das divisas, então não apresentar advertência ao usuário.

7- Fim.

Se não existir mais nenhum tipo de advertência com relação a altura dos componentes de máximo obrigatório então esta condição está dentro das normas e o cálculo estará finalizado. Caso ainda apareça alguma advertência retornar para o passo 5.

Procedimentos para elaboração do algoritmo para o cálculo de altura máxima da edificação:

1- Verificar a altura máxima da edificação segundo as normas de edificações, uso e gabarito ou documento similar de cada município.

2- Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Um banco de dados poderia ser uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e esse arquivo ser anexado ao código fonte do sistema. Ou então adicionar elementos ao banco de dados já existente dentro do código fonte do revit. Já o parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário pode colocar o valor desejado para esse parâmetro. Um banco de dados é um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente precisa de alguma informação inserida pelo

usuário. Já um parâmetro editável é aquele em que o usuário insere a informação no sistema e essas informações são incorporadas ao banco de dados do sistema.

3- Inserir banco de dados ou informação no parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Será preciso criar esse banco de dados ou elementos com essa informação agregada. Será necessário criar um banco de dados externo que deverá ser acessado pela internet diretamente e carregado no sistema a partir do georreferenciamento do projeto de forma similar ao que acontece com o estudo de insolação e que será acessado assim que selecionar o local do projeto.

4- Verificar a existência de limites de altura do lote.

Se essa definição não existir então é preciso criar um tipo de família ou componente que possa averiguar essa altura. Em contrapartida se essa definição existir proceder para o cálculo no próximo item.

5- Calcular a altura dos componentes existentes no modelo a partir do nível em que ele for inserido.

Proceder à análise já feita no sistema que indica que altura os componentes tem ou estão anexados a algum nível

6- Verificar se esses componentes construtivos estão ultrapassando o limite de altura permitido.

Se a altura máxima dos componentes construtivos da edificação for maior do que a altura máxima permitida, então apresentar ao usuário advertência informando que a proposta não está de acordo com as normas. A partir deste ponto o usuário deve modificar a altura dos componentes e voltar ao item 5. Se, por outro lado, a altura for igual ou menor à altura máxima permitida, então não apresentar advertência ao usuário.

7- Fim.

Se não existir mais nenhum outro tipo de advertência com relação às alturas máxima dos componentes da edificação então esta condição está dentro das normas e o cálculo estará finalizado. Caso ainda apareça alguma advertência retornar para o passo 5 modificando as alturas dos elementos e retornar para o passo 6.

Procedimentos para elaboração do algoritmo para cálculo de taxa mínima de área verde:

1- Verificar o percentual mínimo de área verde exigido segundo as normas de edificação, uso e gabarito ou documento de mesmo valor no município.

2- Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Um banco de dados poderia ser uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e esse arquivo ser anexado ao código fonte do sistema. Ou então adicionar elementos ao banco de dados já existente dentro do código fonte do revit. Já o parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário pode colocar o valor desejado para esse parâmetro. Um banco de dados é um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente precisa de alguma informação inserida pelo usuário. Já um parâmetro editável é aquele em que o usuário insere a informação no sistema e essas informações são incorporadas ao banco de dados do sistema.

3- Inserir no banco de dados ou informação no parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Será preciso criar esse banco de dados ou elementos com essa informação agregada. Será necessário criar um banco de dados externo que deverá ser acessado pela internet diretamente e carregado no sistema a partir do georreferenciamento do projeto de forma similar ao que acontece com o estudo de insolação e que será acessado assim que selecionar o local do projeto.

4- Calcular a área do lote.

Para resolver a questão de cálculos, devemos utilizar as formulas matemáticas de domínio publico utilizadas para calculo de área de figuras geométricas que utilizamos regularmente.

Se o lote for retangular, então multiplicar a largura pelo comprimento das dimensões do lote.

Se for triangular, então multiplicar a base pela altura e dividir por 2.

Se for trapezoidal, então calcular : $(a+b)/2 \times h$.

Se for um paralelogramo, então calcular: axh .

Se for um polígono regular, então calcular: $nxaxr/2$.

Se for trapezoide, então calcular: $(h+h1) \times g + eh + fh1/2$

Se for circular, então calcular: πr^2 .

Se for setor de círculo, então calcular: comprimento do arco $\times r/2$

A última opção seria um cálculo de somatórios em conjunto caso a forma seja muito complexa.

5- Calcular a área ocupada pela edificação levando em consideração apenas a área do pavimento térreo.

Para resolver a questão de cálculos, devemos utilizar as fórmulas matemáticas de domínio público utilizadas para cálculo de área de figuras geométricas que utilizamos regularmente.

Se o lote for retangular, então multiplicar a largura pelo comprimento das dimensões do lote.

Se for triangular, então multiplicar a base pela altura e dividir por 2.

Se for trapezoidal, então calcular : $(a+b)/2 \times h$.

Se for um paralelogramo, então calcular: axh .

Se for um polígono regular, então calcular: $nxar / 2$.

Se for trapezoide, então calcular: $(h+h1) \times g + eh + fh1/2$

Se for circular, então calcular: πr^2 .

Se for setor de círculo, então calcular: comprimento do arco $\times r/2$

A última opção seria um cálculo de somatórios em conjunto caso a forma seja muito complexa.

Estes cálculos são necessários, pois em muitos casos a edificação se distribui em mais de uma área construída. Por exemplo, casa e churrasqueira da piscina.

6 - Calcular a porcentagem de área não ocupada por edificação na projeção do lote.

Com a área do lote e da projeção da área edificada proceder o cálculo: 45 multiplicado pela projeção da área edificada = 100 multiplicado por y, onde y será o mínimo de área verde permitido pela NGB.

7 - Verificar se a área não ocupada em porcentagem é igual ou maior que a taxa mínima de área verde.

Se o percentual de área sem edificações for menor que o valor permitido no município, então aparecerá uma advertência com essa informação. Nesse caso o usuário deve modificar as áreas construídas e voltar ao passo 5. Se o percentual de área verde for igual ou maior que o valor permitido no município então não ocorrerá nenhuma advertência.

8- Fim.

Se não existir mais nenhum outro tipo de advertência com relação ao percentual mínimo de área verde então esta condição está dentro das normas e o cálculo estará finalizado. Caso ainda apareça alguma advertência retornar para o passo 5 modificando a área da edificação em contato com o solo e retornar para o passo 6.

Procedimentos para elaboração do algoritmo para cálculo de taxa máxima de construção ou coeficiente de aproveitamento:

1- Calcular a área total edificada.

Para resolver a questão de cálculos, devemos utilizar as formulas matemáticas de domínio publico utilizadas para calculo de área de figuras geométricas que utilizamos regularmente.

Se os cômodos forem retangulares, então multiplicar a largura pelo comprimento das dimensões dos cômodos.

Se forem triangulares, então multiplicar a base pela altura e dividir por 2.

Se forem trapezoidais, então calcular : $(a+b)/2 \times h$.

Se forem um paralelogramo, então calcular: axh .

Se forem um polígono regular, então calcular: $nxaxr / 2$.

Se forem trapezoides, então calcular: $(h+h1) \times g + eh + fh / 2$

Se forem circulares, então calcular: πr^2 .

Se forem setor de circulo, então calcular: comprimento do arco $\times r / 2$

A ultima opção seria um cálculo de somatórios em conjunto caso a forma seja muito complexa.

Fazer um somatório de todas as áreas de cômodos. Esse somatório se faz necessário, pois nem sempre um ambiente considerado no mesmo desenho como planta baixa estão no mesmo nível de altura.

2- Calcular a área do lote.

Se o lote for retangular, então multiplicar a largura pelo comprimento das dimensões do lote.

Se for triangular, então multiplicar a base pela altura e dividir por 2.

Se for trapezoidal, então calcular : $(a+b)/2 \times h$.

Se for um paralelogramo, então calcular: axh .

Se for um polígono regular, então calcular: $nxaxr/2$.

Se for trapezoide, então calcular: $(h+h1) \times g + eh + fh1/2$

Se for circular, então calcular: πr^2 .

Se for setor de círculo, então calcular: comprimento do arco $\times r/2$

A ultima opção seria um cálculo de somatórios em conjunto caso a forma seja muito complexa.

3- Verificar a taxa máxima de construção permitida segundo as normas de edificações, uso e gabarito ou norma similar do município.

4- Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Um banco de dados poderia ser uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e esse arquivo ser anexado ao código fonte do sistema. Ou então adicionar elementos ao banco de dados já existente dentro do código fonte do revit. Já o parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário pode colocar o valor desejado para esse parâmetro. Um banco de dados é um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente precisa de alguma informação inserida pelo usuário. Já um parâmetro editável é aquele em que o usuário insere a informação no sistema e essas informações são incorporadas ao banco de dados do sistema.

5- Inserir no banco de dados ou informação no parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Será preciso criar esse banco de dados ou elementos com essa informação agregada. Será necessário criar um banco de dados externo que deverá ser acessado pela

internet diretamente e carregado no sistema a partir do georreferenciamento do projeto de forma similar ao que acontece com o estudo de insolação e que será acessado assim que selecionar o local do projeto.

6- Fazer o cálculo de coeficiente de aproveitamento.

Dividir o valor da área total edificada pela área do lote e multiplicar o resultado por 100.

7- Verificar resultado com as normas.

Se o valor obtido for maior que o estabelecido na NGB ou nas normas do condomínio, então aparecerá uma advertência ao usuário indicando que essa norma está irregular. O usuário deve modificar as áreas do projeto e voltar a etapa de numero 1 . Se o valor obtido no cálculo é menor ou igual ao valor de taxa máxima de construção permitida segundo as normas de edificações, uso e gabarito, então não aparecerá nenhum tipo de advertência.

8- Fim.

Se não existir mais nenhum outro tipo de advertência com relação coeficiente de aproveitamento, então esta condição está dentro das normas e o cálculo estará finalizado. Caso ainda apareça alguma advertência mudar as dimensões dos cômodos e retornar para o passo 5

Procedimentos para elaboração do algoritmo para cálculo de taxa máxima de ocupação:

1- Calcular a área total da projeção horizontal da área edificada.

Para resolver a questão de cálculos, devemos utilizar as formulas matemáticas de domínio publico utilizadas para calculo de área de figuras geométricas que utilizamos regularmente.

Se as projeções forem retangulares, então multiplicar a largura pelo comprimento das dimensões da projeção.

Se forem triangulares, então multiplicar a base pela altura e dividir por 2.

Se forem trapezoidais, então calcular : $(a+b)/2 \times h$.

Se forem paralelogramo, então calcular: axh .

Se forem polígonos regulares, então calcular: $nxaxr/2$.

Se forem trapezoides, então calcular: $(h+h1) \times g + eh + fh1/2$

Se forem circulares, então calcular: πr^2 .

Se forem setor de círculos, então calcular: comprimento do arco $\times r/2$

A ultima opção seria um calculo de somatórios em conjunto caso a forma seja muito complexa.

2- Calcular a área do lote.

Se o lote for retangular, então multiplicar a largura pelo comprimento das dimensões do lote.

Se for triangular, então multiplicar a base pela altura e dividir por 2.

Se for trapezoidal, então calcular : $(a+b)/2 \times h$.

Se for um paralelogramo, então calcular: axh .

Se for um polígono regular, então calcular: $nxaxr/2$.

Se for trapezoide, então calcular: $(h+h1) \times g + eh + fh1/2$

Se for circular, então calcular: πr^2 .

Se for setor de circulo, então calcular: comprimento do arco $\times r/2$

A ultima opção seria um calculo de somatórios em conjunto caso a forma seja muito complexa.

3- Verificar a taxa máxima de ocupação permitida segundo as normas de edificações, uso e gabarito.

4- Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Um banco de dados poderia ser uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e esse arquivo ser anexado ao código fonte do sistema. Ou então adicionar elementos ao banco de dados já existente dentro do código fonte do revit. Já o parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário pode colocar o valor desejado para esse parâmetro. Um banco de dados é um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente precisa de alguma informação inserida pelo usuário. Já um parâmetro editável é aquele em que o usuário insere a informação no sistema e essas informações são incorporadas ao banco de dados do sistema.

5- Inserir no banco de dados ou informação no parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Será necessário criar um banco de dados externo que deverá ser acessado pela internet diretamente e carregado no sistema a partir do georreferenciamento do projeto de forma similar ao que acontece com o estudo de insolação e que será acessado assim que selecionar o local do projeto.

6- Calcular a taxa de ocupação.

Devemos dividir o valor da projeção horizontal da área edificada pela área total do lote e multiplicar esse resultado por 100.

7- Fim.

Se o valor obtido for maior do que o valor da taxa máxima de ocupação, então aparecerá um tipo de advertência e o usuário deve modificar o tamanho de sua projeção e retornar a etapa 1. Se o valor obtido for igual ou menor que o valor da taxa máxima de ocupação permitida segundo as normas de edificações, uso e gabarito norma similar no município, então não aparecerá mais nenhuma advertência e o cálculo está finalizado.

Procedimentos para elaboração do algoritmo para cálculo de área mínima de um cômodo:

1- Calcular a área total o cômodo.

Para resolver a questão de cálculos, devemos utilizar as formulas matemáticas de domínio publico utilizadas para calculo de área de figuras geométricas que utilizamos regularmente.

Se o cômodo for retangular, então multiplicar a largura pelo comprimento das dimensões do lote.

Se for triangular, então multiplicar a base pela altura e dividir por 2.

Se for trapezoidal, então calcular: $(a+b)/2 \times h$.

Se for um paralelogramo, então calcular: axh .

Se for um polígono regular, então calcular: $nxaxr/2$.

Se for trapezoide, então calcular: $(h+h1) \times g + eh + fh / 2$

Se for circular, então calcular: πr^2 .

Se for setor de círculo, então calcular: comprimento do arco $r/2$

A última opção seria um cálculo do somatório em conjunto de várias fórmulas acima caso a forma seja muito complexa.

2- Verificar a área mínima do cômodo segundo o Código de Obras e Edificações para esse cômodo.

3- Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Um banco de dados poderia ser uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e esse arquivo ser anexado ao código fonte do sistema. Ou então adicionar elementos ao banco de dados já existente dentro do código fonte do Revit. Já o parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário pode colocar o valor desejado para esse parâmetro. Um banco de dados é um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente precisa de alguma informação inserida pelo usuário. Já um parâmetro editável é aquele em que o usuário insere a informação no sistema e essas informações são incorporadas ao banco de dados do sistema.

4- Fim.

Se a área do cômodo for menor do que a área descrita no Código de Obras então aparecerá uma advertência informando sobre o erro. O usuário deve então modificar as medidas do cômodo e retornar a etapa 1. Se a área do cômodo for maior ou igual à área descrita no Código de Obras e Edificações então não aparecerá mais nenhuma advertência e o cálculo estará finalizado.

Procedimentos para elaboração do algoritmo para cálculo das dimensões mínimas de um cômodo:

1- Calcular as dimensões do cômodo. Definir as distâncias entre paredes de um cômodo.

O sistema deve identificar a distância entre paredes do cômodo.

2- Verificar a dimensão mínima permitida no Código de Obras e Edificações.

3- Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Um banco de dados poderia ser uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e esse arquivo ser anexado ao código fonte do sistema. Ou então adicionar elementos ao banco de dados já existente dentro do código fonte do Revit. Já o parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário pode colocar o valor desejado para esse parâmetro. Um banco de dados é um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente precisa de alguma informação inserida pelo usuário. Já um parâmetro editável é aquele em que o usuário insere a informação no sistema e essas informações são incorporadas ao banco de dados do sistema.

4- Fim.

Se as dimensões obtidas entre as paredes dos cômodos forem menores do que o estabelecido no Código de Obras, então o usuário será advertido do ocorrido. A partir daí ele deve modificar essas dimensões do cômodo e retornar para a etapa de número 1. Se as dimensões obtidas nos cômodos forem iguais ou maiores do que as dispostas no Código de Obras e Edificações então não aparecerá nenhum tipo de advertência e o cálculo estará finalizado.

Procedimentos para elaboração do algoritmo para cálculo da aeração /iluminação mínima de cômodo:

1- Calcular a área total o cômodo.

Para resolver a questão de cálculos, devemos utilizar as formulas matemáticas de domínio publico utilizadas para calculo de área de figuras geométricas que utilizamos regularmente.

Se o cômodo for retangular, então multiplicar a largura pelo comprimento das dimensões do lote.

Se for triangular, então multiplicar a base pela altura e dividir por 2.

Se for trapezoidal, então calcular: $(a+b)/2 \times h$.

Se for um paralelogramo, então calcular: axh .

Se for um polígono regular, então calcular: $nxaxr/2$.

Se for trapezoide, então calcular: $(h+h1) \times g + eh + fh1/2$

Se for circular, então calcular: πr^2 .

Se for setor de círculo, então calcular: comprimento do arco $rx/2$

A última opção seria um cálculo do somatório em conjunto de várias fórmulas acima caso a forma seja muito complexa.

2- Calcular a medida da área das aberturas nas paredes.

Se os vãos forem retangulares, então multiplicar a largura pelo comprimento das dimensões do lote.

Se forem triangulares, então multiplicar a base pela altura e dividir por 2.

Se forem trapezoidais, então calcular: $(a+b)/2 \times h$.

Se forem paralelogramos, então calcular: axh .

Se forem polígonos regular, então calcular: $nxaxr/2$.

Se forem trapezoides, então calcular: $(h+h1) \times g + eh + fh/2$

Se forem circular, então calcular: πr^2 .

Se forem setor de círculo, então calcular: comprimento do arco $rx/2$

A última opção seria um cálculo do somatório em conjunto de várias fórmulas acima caso a forma seja muito complexa ou tenha mais de um vão.

3- Verificar a área mínima permitida de aeração/iluminação no Código de Obras e Edificações para esse cômodo.

4- Será necessário criar um banco de dados ou parâmetro editável para isso dentro do sistema BIM.

Um banco de dados poderia ser uma tabela criada em outro software como o Excel, por exemplo, e esse arquivo ser anexado ao código fonte do sistema. Ou então adicionar elementos ao banco de dados já existente dentro do código fonte do revit. Já o parâmetro editável seria a criação de um elemento no sistema onde o usuário pode colocar o valor desejado para esse parâmetro. Um banco de dados é um conjunto de informações que está anexado ao sistema e não necessariamente precisa de alguma informação inserida pelo usuário. Já um parâmetro editável é aquele em que o usuário insere a informação no sistema e essas informações são incorporadas ao banco de dados do sistema.

5- Fim.

Se a área de aeração/iluminação é maior ou igual ao taxa previsto no Código de Obras e Edificações então não aparecerá nenhum tipo de advertência e o cálculo estará

finalizado. Se a área de aeração/iluminação for menor do que o previsto no Código de Obras e Edificações então aparecerá uma advertência confirmando este problema. O usuário deverá modificar o tamanho das aberturas dos vãos e voltar a etapa de número 2.

6.6 Algoritmos em forma de fluxograma

A partir das recomendações feitas em relação às normas apresentadas no item anterior, iniciamos a criação dos algoritmos para a verificação das mesmas utilizando a por meio de fluxogramas tais como, fluxograma mínimo, fluxograma com comandos sequenciais, fluxograma com comando de decisão e fluxograma com comando de repetição mencionados por Souza et al. (2014). O referido autor afirma que todo algoritmo deve ser entendido da mesma maneira por todas as pessoas que fizerem uso dele e que o fluxograma é um das ferramentas mais utilizadas para essa finalidade.

Um fluxograma bem representado e sequencialmente correto é praticamente impossível de ser interpretado de formas diferentes para quem está programando em um sistema. Como o nosso intuito é conseguir realizar verificações de normas dentro do Revit é indispensável que consigamos traduzir em um algoritmo na forma de fluxograma as ações e comandos passo a passo que precisamos executar para que as normas sejam obedecidas baseados nos procedimentos citados anteriormente neste trabalho para que consigamos programar essas verificações futuramente no sistema.

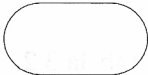
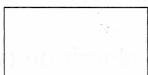

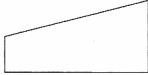
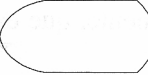
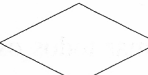
Para iniciarmos a criação desse fluxograma, devemos entender o que é um fluxograma. Segundo o dicionário Michaelis os conceitos de fluxograma são:

“Inform. (fluxo+grama), 1. Diagrama para representação de algoritmo. 2. Representação gráfica, por símbolos especiais, da definição, análise ou método de solução de um problema”. Como o próprio dicionário se refere a fluxograma como sendo um diagrama para representar um algoritmo, utilizaremos os fluxogramas como ferramentas mais adequadas para que um programador consiga aplica-los dentro de um sistema ou plug-in, pois também é a forma mais comum de se executar esta tarefa.

Para que consigamos realizar esse fluxograma de uma forma que qualquer programador possa entender foi necessário recorrer a uma norma ISO que indica como devemos construir o fluxograma em um tipo de linguagem única para todos. A norma ISO 5807/1985 define os símbolos que devemos utilizar para a criação dos fluxogramas. Essa

mesma norma estabelece que para se criar fluxogramas que representem algoritmos é preciso utilizar símbolos para cada um de seus passos. Os símbolos para entendimento e criação dos fluxogramas para algoritmos estão resumidos na Figura 57 a seguir.

Figura 57 - Resumo de símbolos para fluxogramas

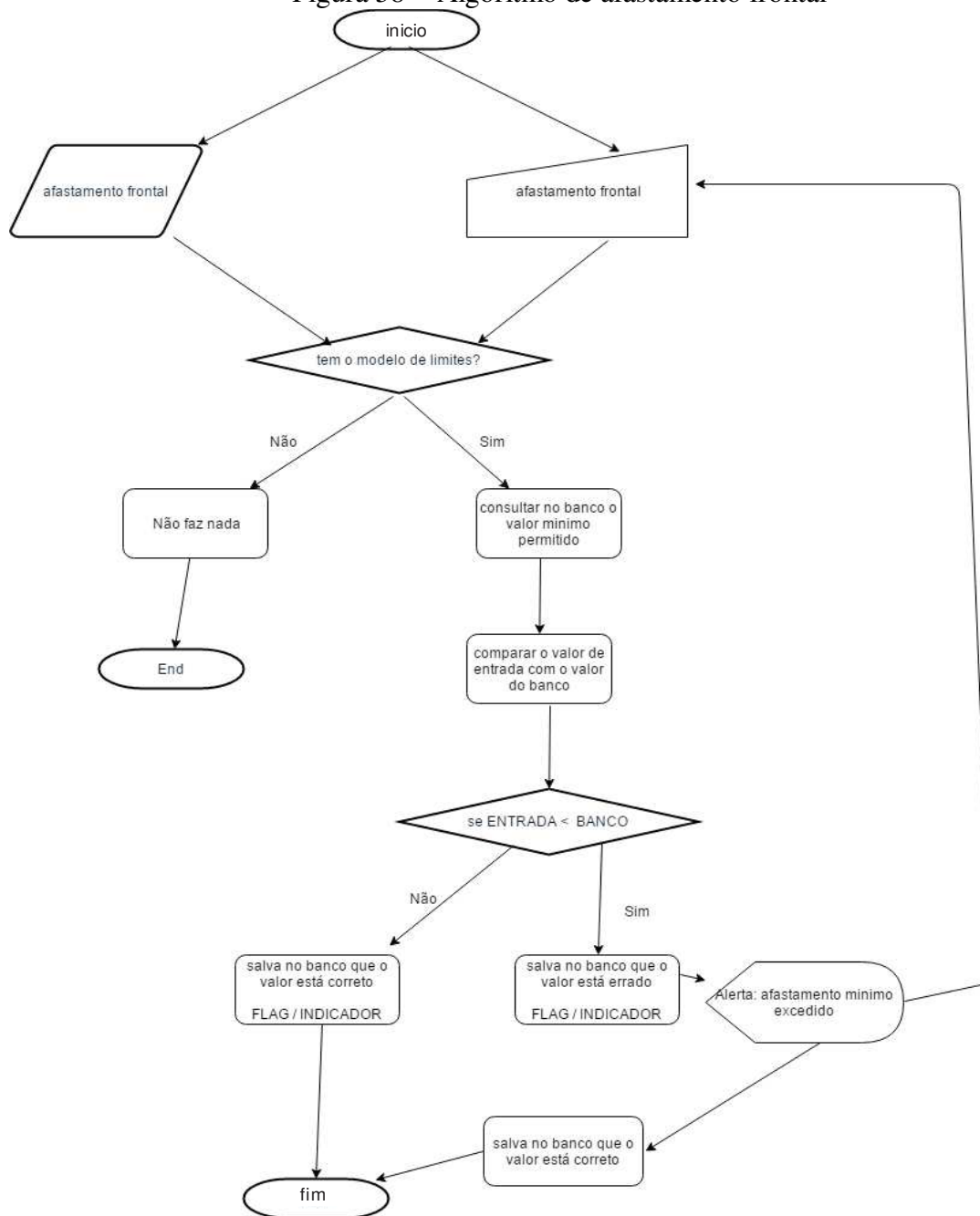
Símbolo	Nome	Utilidade
	<i>Terminador</i>	Representar a saída para ou entrada do ambiente externo, por exemplo, início ou final de programa, uso externo e origem ou destino de dados etc.
	<i>Processo</i>	Representar qualquer tipo de processo, processamento de função, por exemplo, executando uma operação definida ou grupo de operações, resultando na mudança de valor, forma ou localização de uma informação ou determinação de uma, entre as várias direções de fluxo a serem seguidas.
	<i>Linha básica</i>	Representar o fluxo dos dados ou controles. Podem ser utilizadas pontas de seta, sólidas ou abertas, na extremidade para indicar a direção do fluxo onde necessário ou para enfatizá-lo e facilitar a legibilidade.
	<i>Entrada manual</i>	Representar os dados, de qualquer tipo de mídia, que sejam fornecidos, manualmente, em tempo de processamento, por exemplo, teclado <i>on-line</i> , mouse, chaveamento, caneta óptica <i>light pen</i> , leitor de código de barras etc.
	<i>Exibição</i>	Representar os dados, cuja mídia seja de qualquer tipo, na qual a informação seja mostrada para uso humano, tais como monitores de vídeo, indicadores <i>on-line</i> , mostradores etc.
	<i>Decisão</i>	Representar uma decisão ou um desvio tendo uma entrada; porém pode ter uma série de saídas alternativas, uma única das quais deverá ser ativada como consequência da avaliação das condições internas ao símbolo. O resultado apropriado de cada saída deverá ser escrito adjacente à linha, representando o caminho respectivo.

Fonte: SOUZA et al., 2014, p. 88.

Utilizando os símbolos para criação dos fluxogramas e com a ajuda de um programador elaboramos os algoritmos a seguir, que servirão para programar uma modificação do sistema Revit por meio de um *plug-in* ou até por meio de modificações em um *template*.

Na Figura 58 a seguir temos o fluxograma criado para representar o algoritmo responsável por fazer a verificação do afastamento frontal mínimo de uma edificação. É um fluxograma simples e direto.

Figura 58 - Algoritmo de afastamento frontal

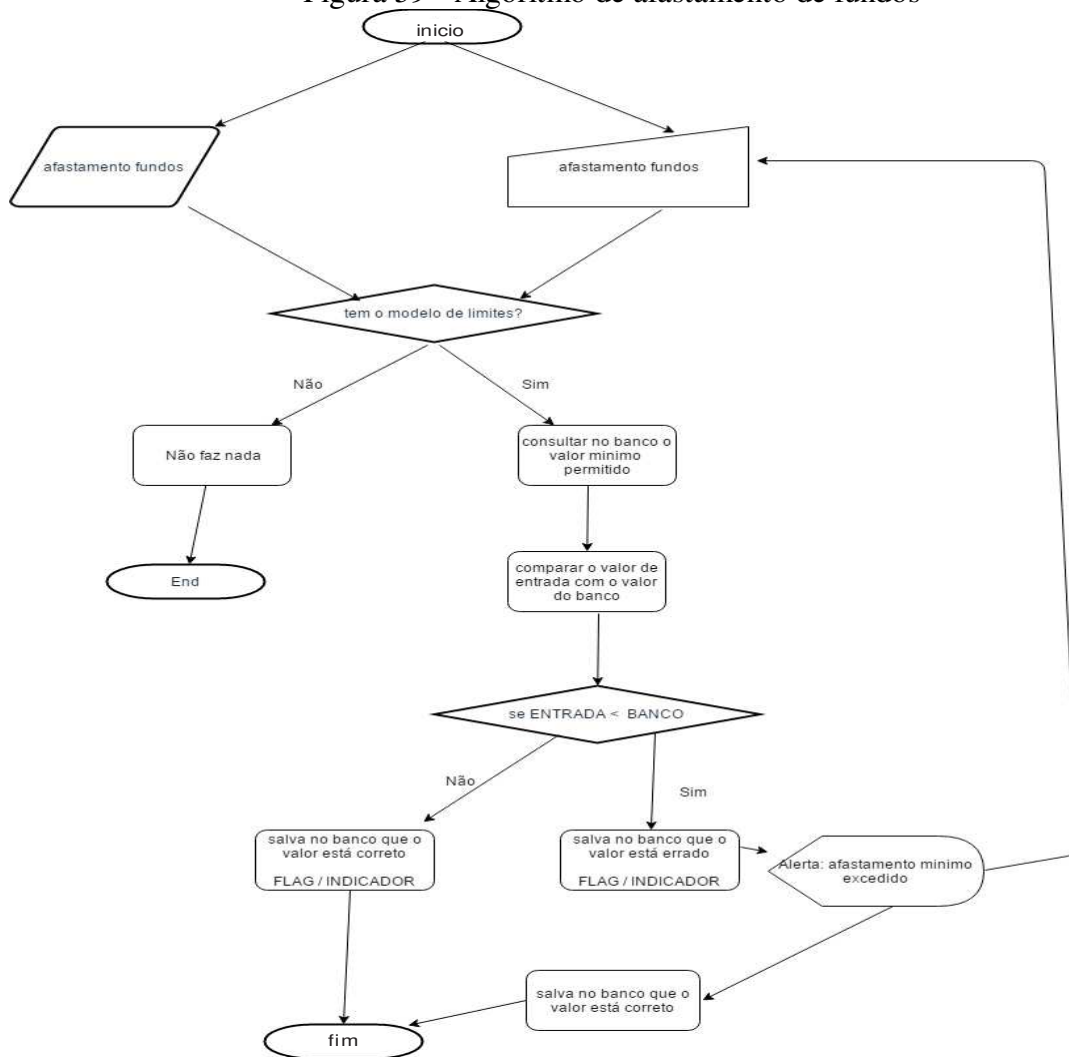


Fonte: Elaborado pelo autor.

Este fluxograma inicialmente remete ao tipo de input que deve ser colocado no sistema. Se o valor do afastamento for colocado de forma manual ou se existe um banco de dados com seus valores. Se o sistema não tiver o banco de dados com o valor mínimo o fluxo termina. Se tiver ele vai verificar se o valor proposto é permitido ou não. Se for permitido aparecerá um aviso e o fluxo termina. Se não for permitido também aparecerá um aviso, fazendo com que o usuário possa alterar seu valor e retomar o fluxo ou então parar por aqui.

O próximo fluxograma (Figura 59) trabalha de forma similar ao anterior, pois também trabalha com a verificação de afastamento só que nesse caso ele analisa a verificação de afastamento mínimo obrigatório de fundos.

Figura 59 - Algoritmo de afastamento de fundos

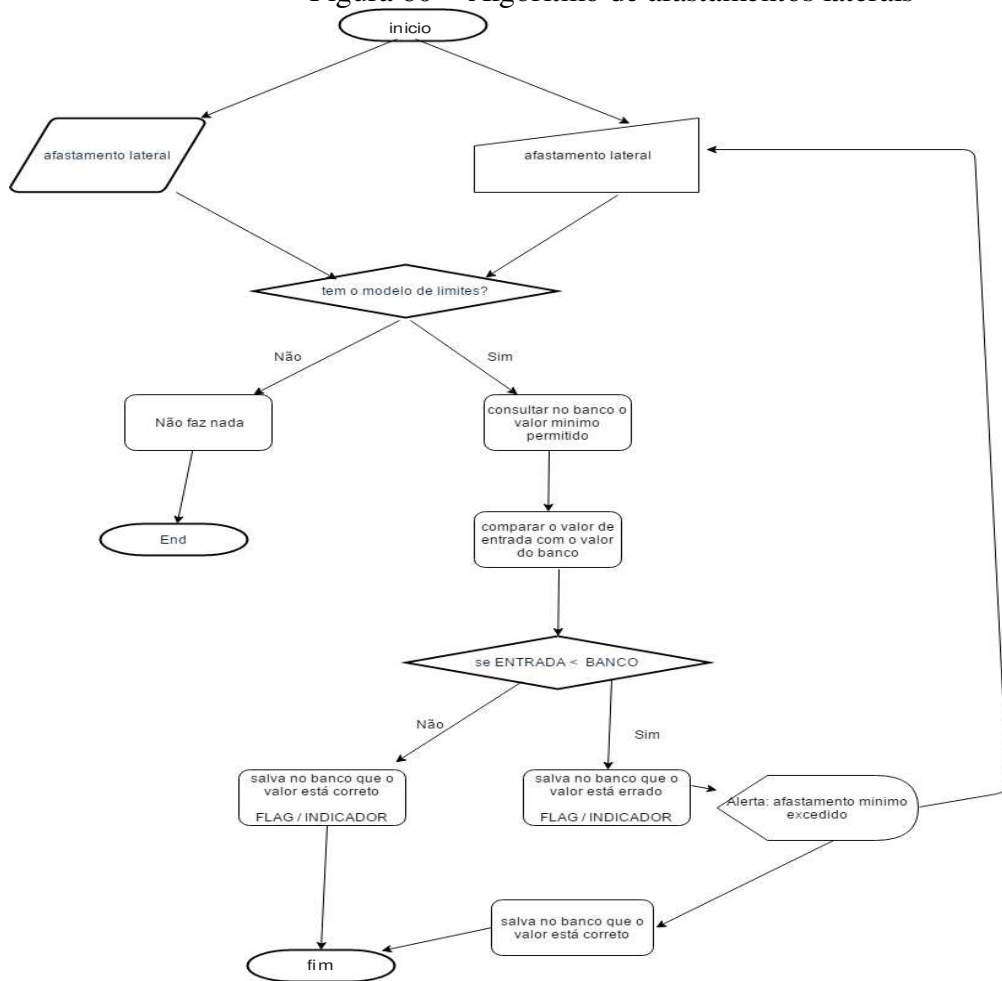


Fonte: Elaborado pelo autor.

Este fluxograma também tem como elemento inicial o tipo de input que deve ser colocado no sistema. Se o valor do afastamento for colocado de forma manual ou se existe um banco de dados com seus valores. Se o sistema não tiver o banco de dados com o valor mínimo o fluxo termina. Se tiver ele vai verificar se o valor proposto é permitido ou não. Se for permitido aparecerá um aviso e o fluxo termina. Se não for permitido também aparecerá um aviso, fazendo com que o usuário possa alterar seu valor e retomar o fluxo ou então parar por aqui.

Com o intuito de verificação de afastamentos mínimos obrigatórios laterais também foi produzido um algoritmo na forma de um fluxograma para melhor indicar as etapas do processo de verificação que podem ser visualizados na figura 60 a seguir.

Figura 60 - Algoritmo de afastamentos laterais

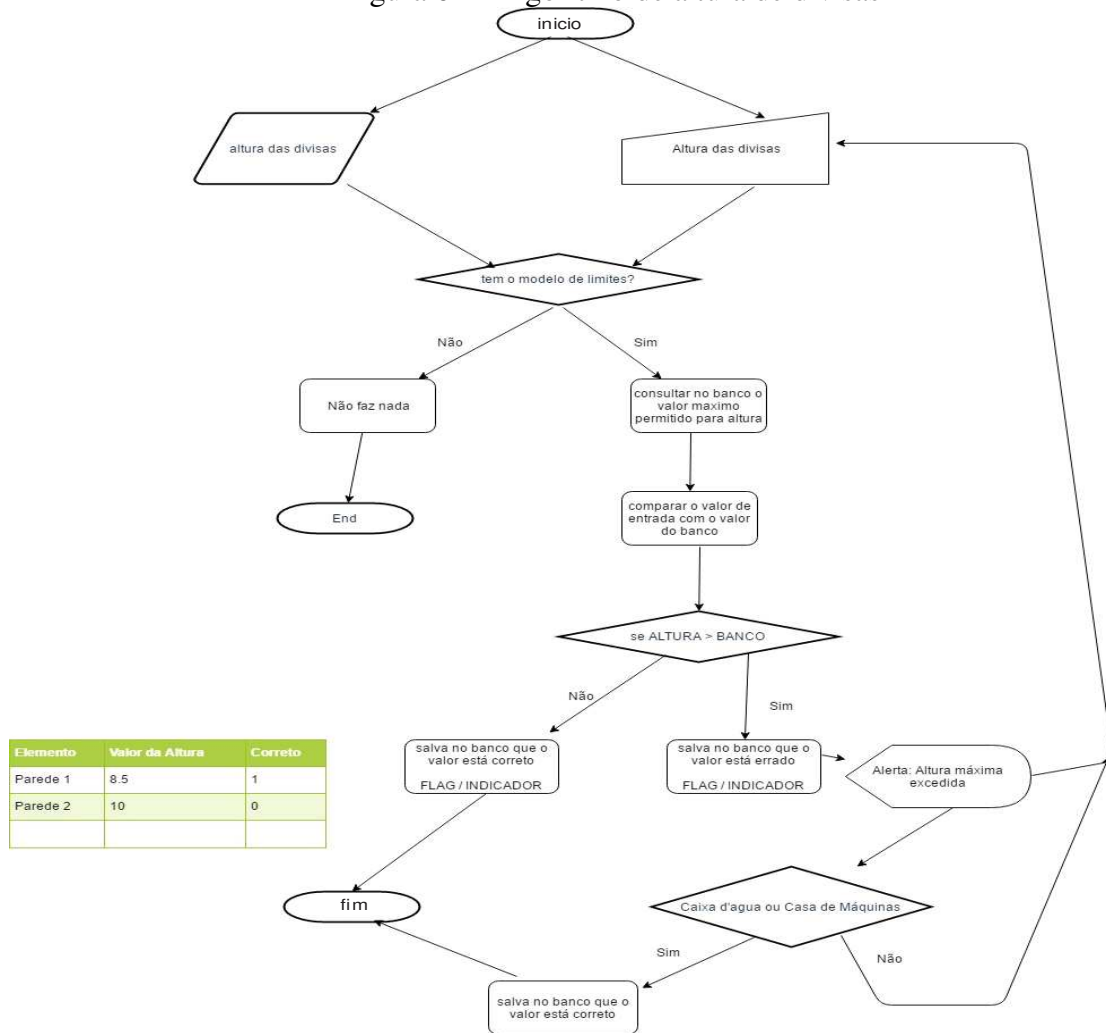


Fonte: Elaborado pelo autor.

Iniciamos a verificação com o input que deve ser colocado no sistema. Se o valor do afastamento for colocado de forma manual ou se existe um banco de dados com seus valores. Se o sistema não tiver o banco de dados com o valor mínimo o fluxo termina. Se tiver ele vai verificar se o valor proposto é permitido ou não. Se for permitido aparecerá um aviso e o fluxo termina. Se não for permitido também aparecerá um aviso, fazendo com que o usuário possa alterar seu valor e retomar o fluxo ou então parar neste ponto.

Cada elemento de verificação tem sua parcela de importância no processo de aprovação de um projeto de arquitetura. Um dos elementos mais cobrados no DF é a altura máxima das divisas de um lote. Para realizar essa verificação montamos o algoritmo representado na Figura 61 a seguir.

Figura 61 - Algoritmo de altura de divisas



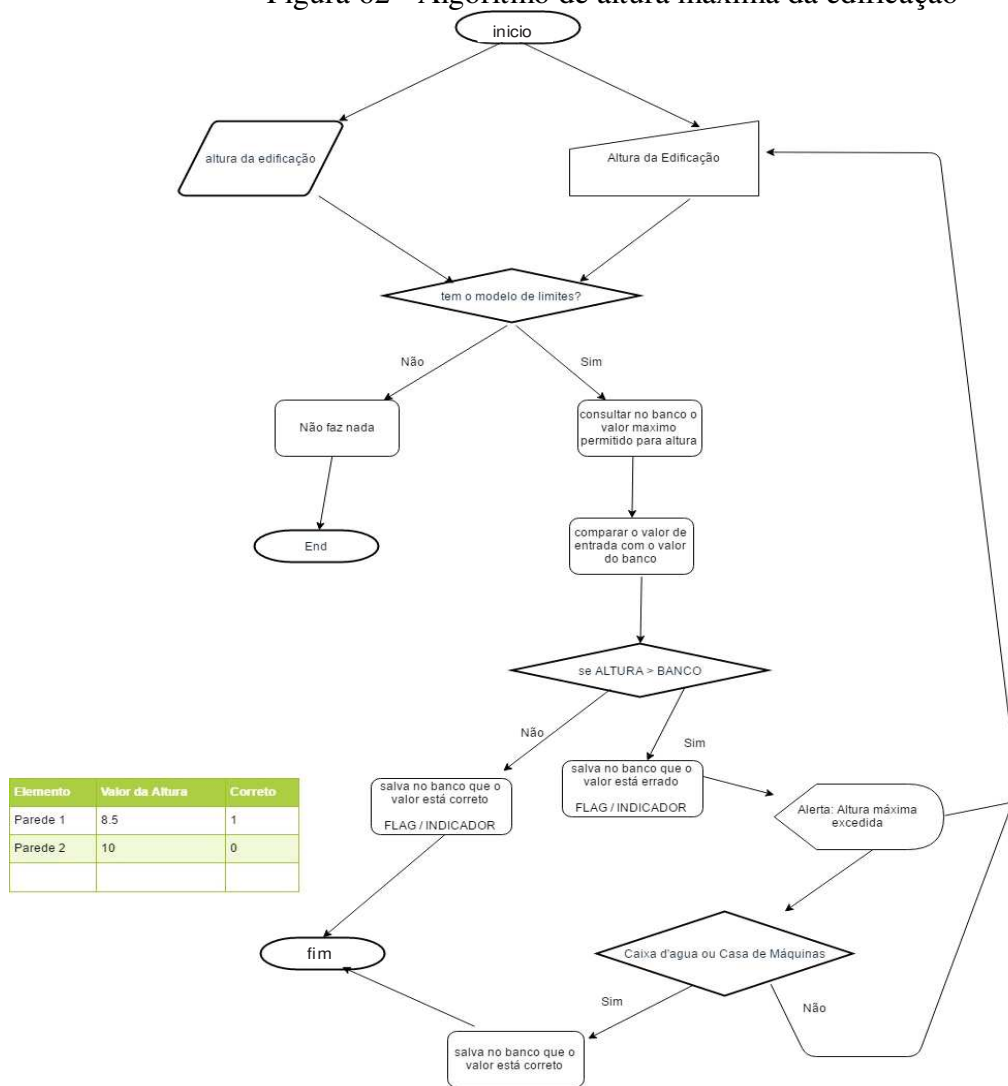
Elemento	Valor da Altura	Correto
Parede 1	8.5	1
Parede 2	10	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo sendo um tipo de elemento diferente de afastamento mínimo, as alturas máximas da divisa de um lote também tem o input que deve ser colocado no sistema como ponto de partida do fluxo. A diferença básica é que com os afastamentos não existem exceções. Já com a altura de divisas a vegetação pode ultrapassar essa altura.

A altura máxima das edificações também deveria ser analisada dentro do sistema. Para esse fim foi construído o fluxograma a seguir que determina os passos e alternativas para poder fazer essa verificação.

Figura 62 - Algoritmo de altura máxima da edificação

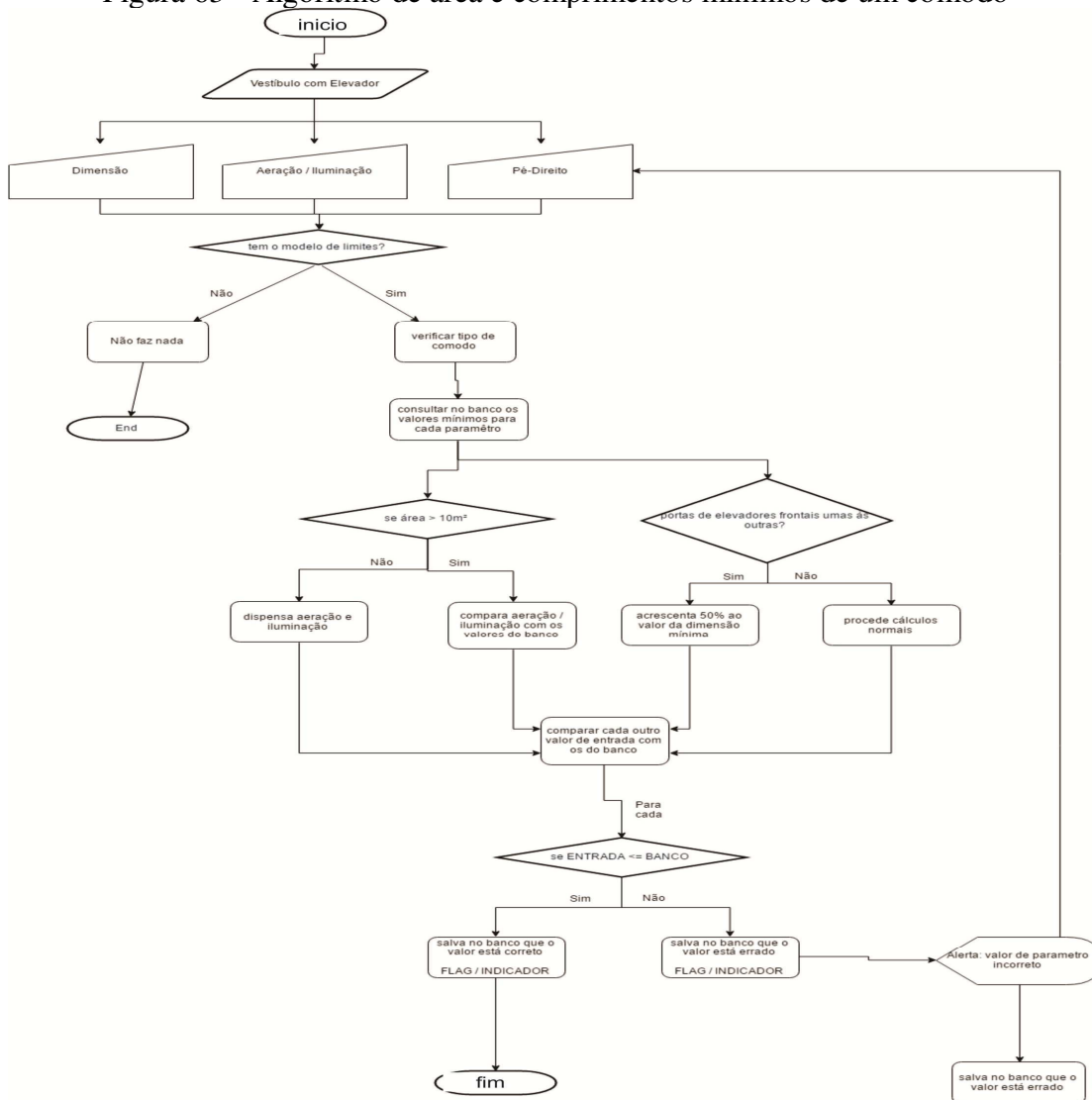


Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse tipo de verificação de altura máxima foi feito um fluxo que permite que se modifiquem possíveis identificar infrações das normas através dos avisos, sem impedir que essa altura seja ultrapassada, pois alguns elementos como caixa d'água e casa de maquinas podem passar dessa altura máxima.

O próximo fluxograma criado foi o que analisa áreas mínimas de cômodos, aeração e iluminação dos ambientes e altura mínima do pé direito do ambiente. Como todas as verificações estão relacionadas com o ambiente em si que vai ser utilizado o algoritmo a seguir representa todas essas verificações de uma só vez.

Figura 63 - Algoritmo de área e comprimentos mínimos de um cômodo

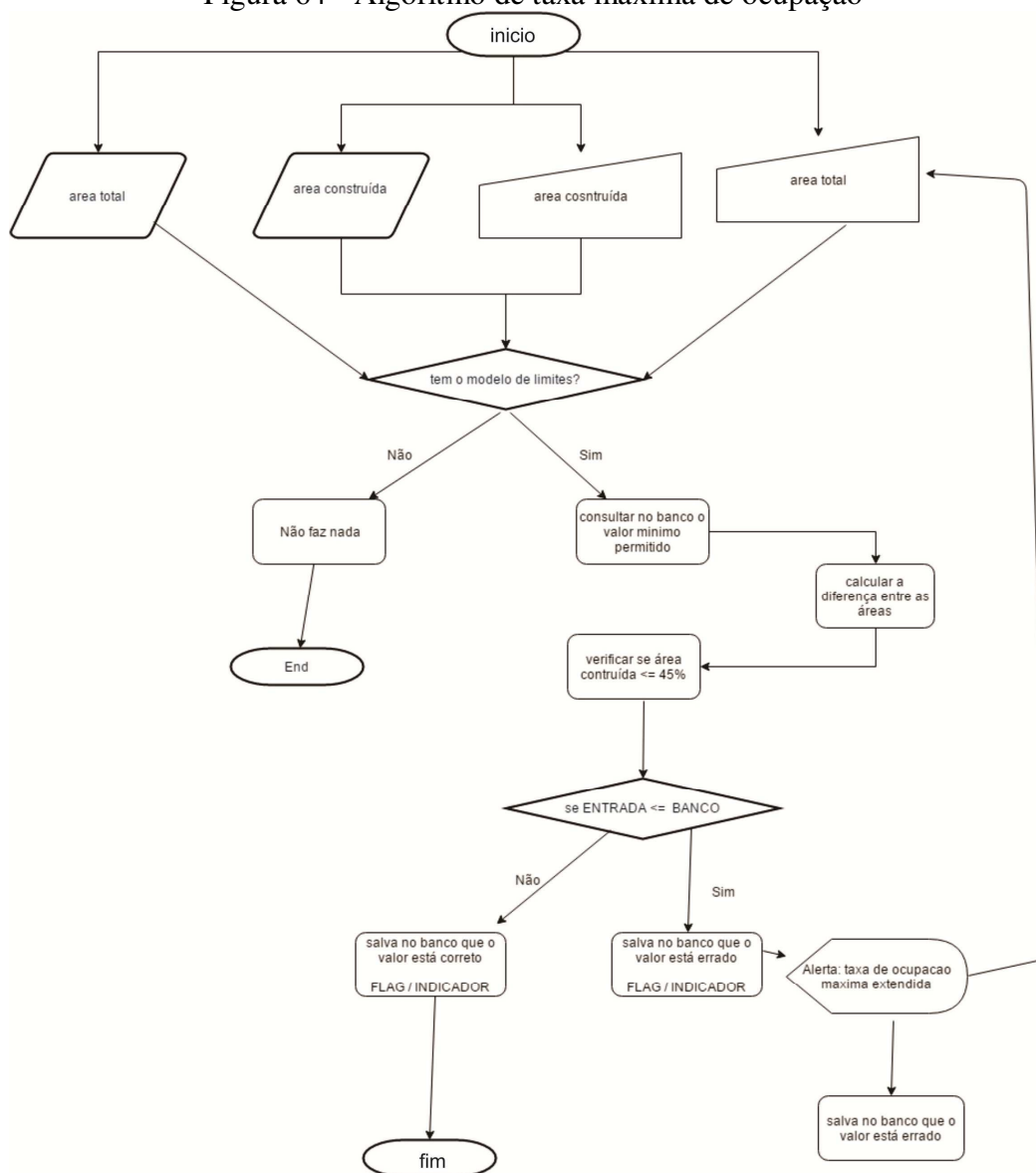


Fonte: Elaborado pelo autor.

O input analisado no Fluxograma de ambientes é utilizado fazendo uma verificação em linha em conjunto de todas essas normas. Em seguida é feita a verificação se existe um limite para esses elementos. Se existir esse limite o próximo passo seria consultar o banco de dados para verificar se seu arquivo ultrapassa o mínimo obrigatório. Se for menor que o mínimo exigido você pode voltar ao início do fluxo e reiniciar as verificações.

Por ultimo temos o fluxograma que representa o algoritmo sobre as análises de área edificada e de edificação existente como na Figura 64 a seguir.

Figura 64 - Algoritmo de taxa máxima de ocupação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse fluxograma deve fazer o calculo em linha da mesma forma. Todas suas verificações devem ser alterada com inputs e de volta com os avisos de necessidades de mudança ou não. Com todos esses elementos criados para a verificação de normas devemos passar para a configuração via template do experimento.

6.7 Experimento 1- Template com famílias modificadas

No sentido de implementar esses algoritmos dentro do sistema Revit, solicitamos o apoio técnico de Carlos de Salles Soares Neto, professor adjunto da Universidade Federal do Maranhão - UFMA do Departamento de Informática do CCET (Centro de Ciências e Tecnologia). Exploramos alternativas sobre como desenvolver procedimentos computacionais para verificar as normas diretamente a partir de um modelo digital da edificação proposta.

Em entendimento com o Professor Neto, depois de examinar todas as formas de entrada e saída de dados do software foram criadas quatro formas possíveis para automatizar a verificação do cumprimento das normas de edificação por meio do Revit. A primeira alternativa seria estudar o código fonte do sistema e a seguir alterar seu funcionamento

Essa alternativa seria muito difícil de ser utilizada. Primeiro pelo fato de alterar o código fonte de um sistema é contra a lei e segundo demoraria muito tempo para tentar decifrar o código fonte do Revit (cinco bons programadores levariam uma media de 30000 horas), e mesmo assim não se teria certeza se o código seria decifrado. Outro fator que atrapalharia é a dificuldade de programar no Revit relatado por desenvolvedores de plug-ins, sendo inclusive um dos fatores pelo fato do Revit nunca ter sido modificado para o sistema Mac, somente Windows.

A segunda alternativa seria criar um aplicativo através do gerenciador de *plug-ins* do Revit para viabilizar essa verificação. Essa alternativa para o professor também seria inviável, pois o gerenciador de *plug-ins* do Revit mesmo permitindo que se adicione conteúdo ao sistema do software, ele não permite acesso a dados já disponíveis no sistema. Em outras palavras, os plug-ins só tem acesso a um pequeno espaço dentro do código fonte do Revit, somente permitindo que se criem elementos novos ao sistema, sem alterar elementos do código original ou acesso aos bancos de dados do sistema.

A terceira alternativa seria extrair os dados do modelo contido no Revit armazenando-os em um arquivo com código aberto como a extensão . Industry Foundation

Class (IFC), extensão criada para ser uma estrutura de dados para ser utilizada entre diferentes softwares BIM para compatibilidade de projetos (JUSTI, Alexander, 2010). Código aberto é todo aquele arquivo ou software que permite acesso livre a seu código fonte, permitindo distribuição livre e modificações e trabalhos derivados (SABINO, Vanessa, 2011).

No tocante a discussão sobre o arquivo com código aberto, o argumento seria no sentido de verificar o cumprimento das normas de edificação por meio de um aplicativo externo ao Revit. Mesmo que utilizássemos o arquivo IFC para essa verificação poderíamos criar inconsistências pelo fato do arquivo do Revit quando exportado em IFC gerar perda significativa de informações do modelo de projeto. Outro argumento como sendo um fator para não utilizarmos essa extensão seria o fato de termos de sair do Revit para verificar as referidas normas. Como hipótese desta tese é no sentido de fazer a verificação das normas dentro do Revit, o fato de sair do sistema já inviabilizaria esta opção.

A quarta opção seria uma série de modificações diretas em um *template* do Revit permitindo que o mesmo possa ser utilizado para verificar o cumprimento das normas de edificação.

O conceito de *template* segundo o portal da educação (portaldaeucação.com.br) é um arquivo para servir como modelo a ser seguido, com uma estrutura predefinida que facilita o desenvolvimento e criação do conteúdo a partir de algo construído *a priori*. Outro conceito apresentado de *template* é aquele que o trata como um modelo de uma configuração das ferramentas do sistema com características previamente definidas e utilizadas para a criação de outros projetos pelo usuário do software. Por exemplo, um *template* do Revit que um usuário já utiliza tem níveis pré-configurados, nomes de vistas e tabelas montadas prontas para receber informações. Esse tipo de arquivo sem as configurações fariam com que o usuário tenha que perder tempo para fazer todas as suas configurações padrões de uso. (BALDAM; COSTA, 2008).

Esta quarta opção, no sentido de fazer uma série de modificações em um *template* do Revit, seria a mais adequada para esta tese conjuntamente com a criação dos algoritmos para fazer as verificações das normas por meio de um *template* modificado. Este *template* deve usar as possibilidades do sistema de como poderiam ser feitas modificações para a construção de um futuro Revit contendo tais recursos. Essas modificações permitiriam fazer as referidas verificações no modelo. Isto poderia ser feito considerando ainda a possibilidade

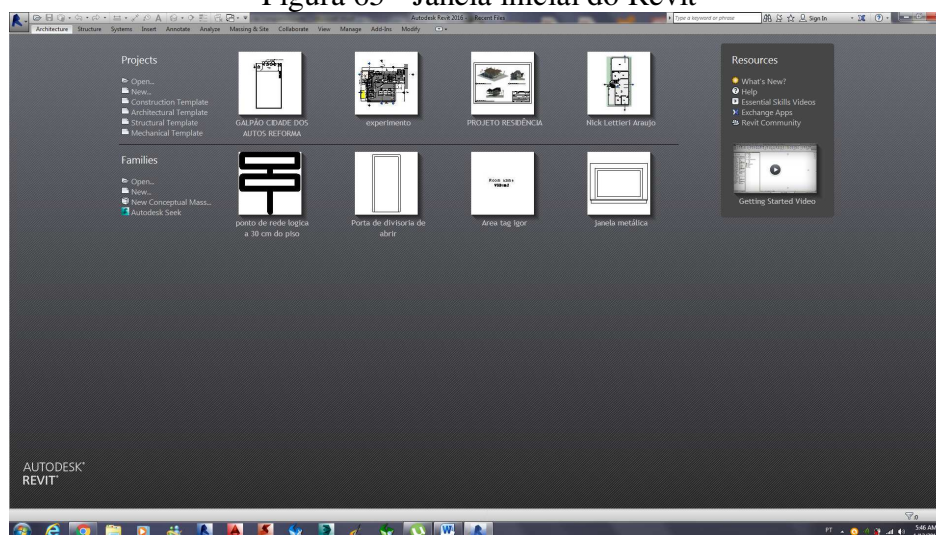
de que essas verificações no *template* não acontecessem de forma totalmente automatizadas. Por isso nosso experimento a seguir foi realizado utilizando esta última opção.

6.7.1 Criação do template do Experimento 1

Toda vez que inicializamos o Revit, este abre uma janela para que possamos escolher qual tipo de *template* de inicialização utilizaremos. Este é um ponto importante, pois dependendo de qual *template* inicial venhamos utilizar, várias configurações de elementos do sistema podem estar muito diferentes umas das outras. O sistema fornece uma lista de *templates* iniciais.

Na janela inicial temos duas opções de arquivo. Uma seria iniciar um novo projeto (*Projects*) e a outra seria iniciar o projeto de uma nova família (*families*). Iniciar um novo projeto seria começar um novo projeto de arquitetura. Já um projeto de família seria a criação de componentes da arquitetura como esquadrias, mobiliários, bancadas, etc. Desta forma, para iniciarmos um projeto basta que selecionemos a opção para criar um novo projeto (*new*) em baixo da palavra *Projects* (Figura 65).

Figura 65 - Janela inicial do Revit

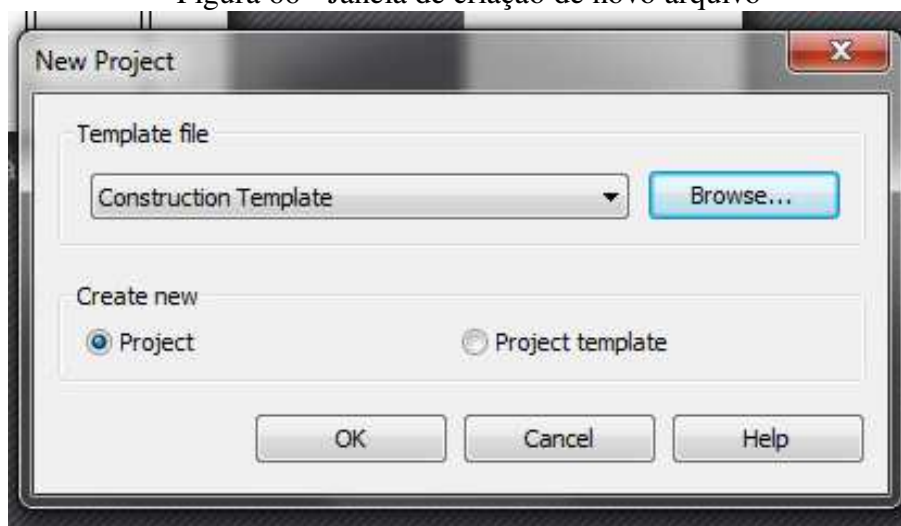


Fonte: Elaborado pelo autor.

Logo em seguida, se abrirá a janela do projeto novo (*new project*), onde podemos selecionar se quisermos criar um novo template de projeto (*project template*) ou um projeto novo (project). O(a) usuário(a) tem a opção de escolher qual template inicial quer utilizar para

começar o software na opção arquivo de *template* (*Template file*). Dentre os templates a serem passíveis de seleção temos o *template* de construção (*Construction Template*), o *template* de arquitetura (*Architectural Template*), o *template* de estruturas (*Structural template*) e o *template* de mecânica (*Mechanical Template*). É importante ressaltar que o software foi criado visando o mercado norte americano, por isso a maioria dos *templates* foram criados para atendê-lo. Sendo assim, devemos procurar um *template* básico para facilitar as mudanças em sua formatação. Neste sentido, devemos selecionar a opção pesquisar (*browse*) (Figura 66).

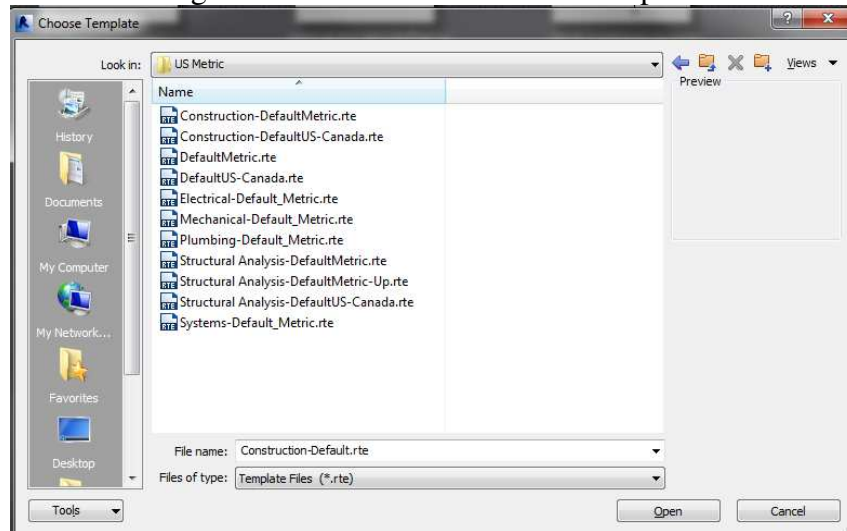
Figura 66 - Janela de criação de novo arquivo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim que selecionarmos a opção *browse* vai se abrir outra janela com uma quantidade grande de *templates*, que varia um pouco dependendo da versão do software instalado e do tipo de biblioteca do usuário. Com a abertura dessa janela devemos ter cuidado com a pasta das famílias, pois podem existir as pastas *US Imperial* (com unidades de trabalho em pés e polegadas) e *US Metric* (com unidades seguindo o sistema internacional métrico). Devemos selecionar a opção *DefaultMetric.rte* ou similar (algumas instalações trazem esse *template* com o nome de *Default.rte*) e escolher a opção *open* (Figura 67).

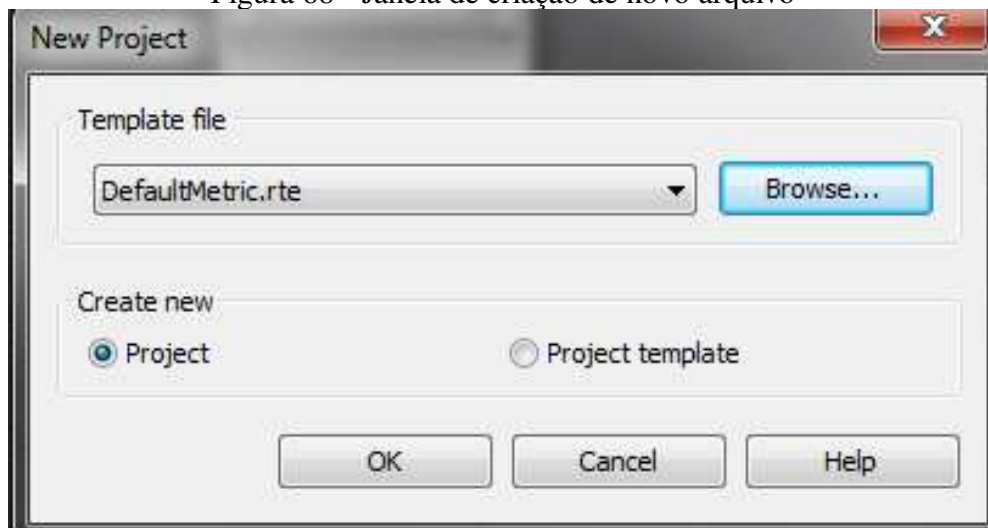
Figura 67 - Janela de escolha do template



Fonte: Elaborado pelo autor.

A janela será fechada e retornaremos a janela anterior (Figura 68) com o nosso *template* escolhido (DefaultMetric.rte) dentro da opção *template file* e selecionamos a opção OK.

Figura 68 - Janela de criação de novo arquivo

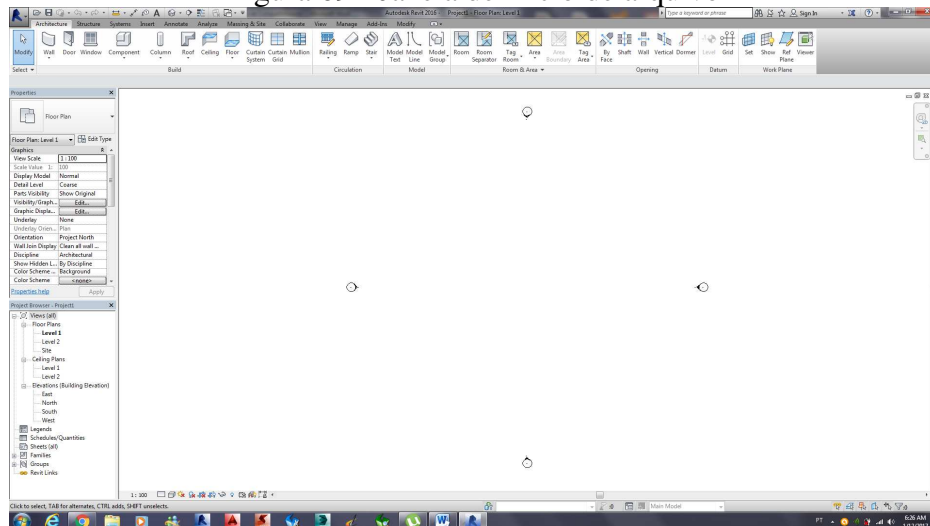


Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta janela de início de arquivo (Figura 69) podemos perceber que inicializamos o projeto com uma vista de planta baixa (*floor plan*) que é o nome visível na janela de

propriedades (*properties*). E a vista é a que está em negrito no *Project browser*. Nesse caso é a vista Level 1.

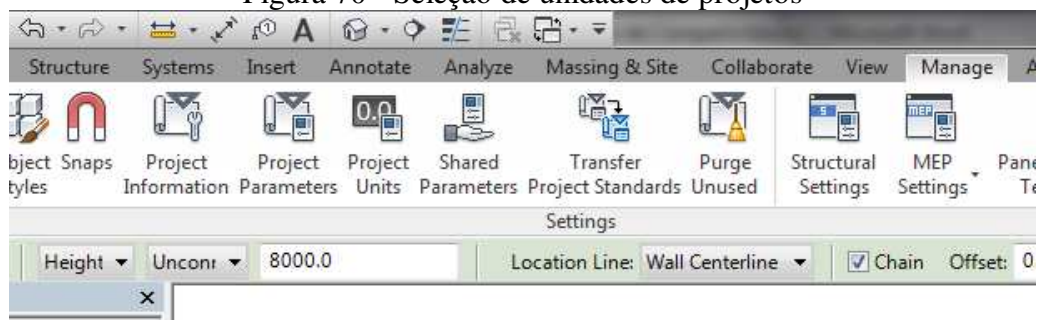
Figura 69 - Janela de início de arquivo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim que iniciamos qualquer tipo de software para arquitetura devemos configurar as unidades de medida que iremos utilizar. Para isso iremos à aba *Manage* (gerenciar) e selecionaremos o ícone *project units* (unidades de projeto) como podemos observar na Figura 70.

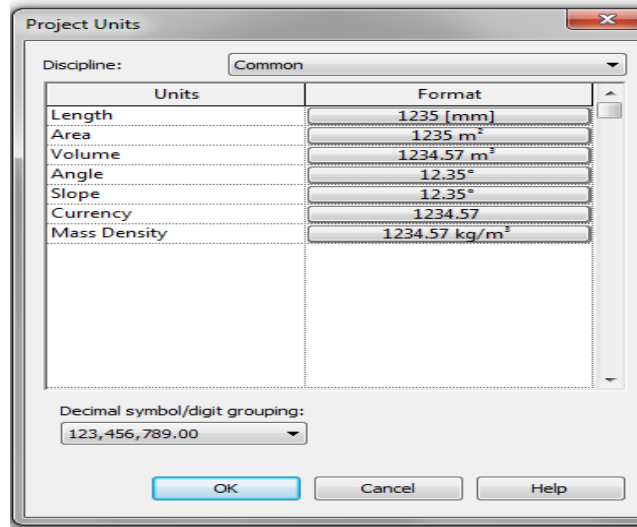
Figura 70 - Seleção de unidades de projetos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a janela *project units* aberta devemos nos direcionar a linha que corresponde a comprimento (length) e clicar no botão correspondente a essa linha na coluna *format* (formato). Como podemos verificar na Figura 71 a seguir.

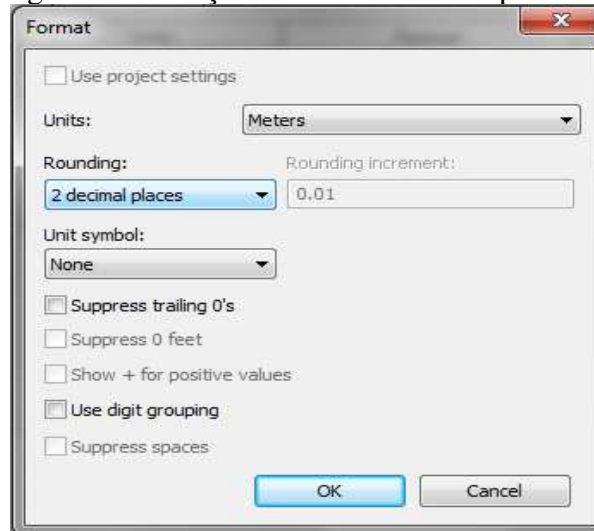
Figura 71 - Seleção de unidade de comprimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

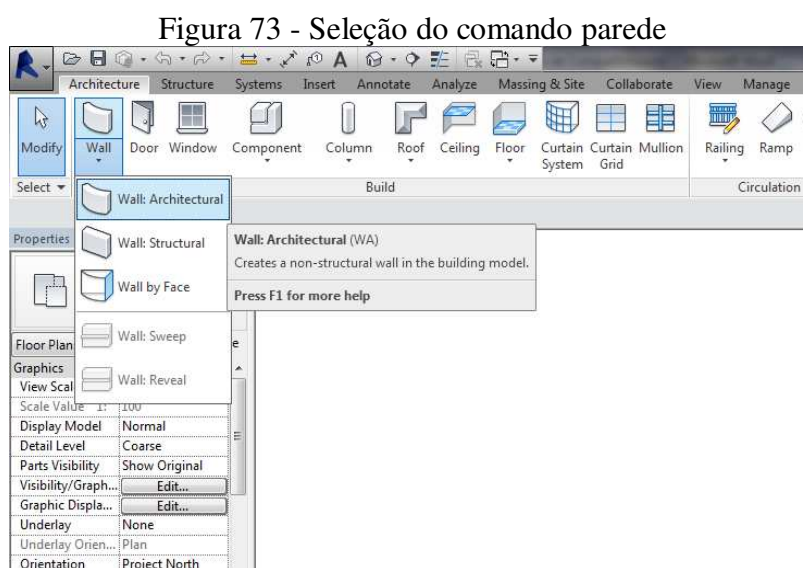
Depois de selecionado a unidade de comprimento, devemos modificá-la para o uso de unidades no Brasil. No campo unidades devemos trocar *Milimeters* (milímetros) por *Meters* (metros). Em seguida, no campo *rounding*, que corresponde a casas decimais, devemos colocar duas casas decimais (2 *decimal places*) como observamos na Figura 72 a seguir.

Figura 72 - Seleção de formato de comprimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida criaremos os elementos necessários para a verificação dos afastamentos frontais, de fundo e laterais. Entendemos que para executar essa atividade a melhor alternativa seria a criação de paredes modificadas que pudessem demonstrar os afastamentos mínimos obrigatórios. Neste sentido precisamos selecionar a aba superior arquitetura (*Architecture*) o comando *wall* (parede), segunda opção da esquerda para a direita. É preciso sempre selecionar diretamente o ícone *wall* ou na seta abaixo dele a opção de *Wall: Architectural* (parede arquitetônica) (Figura 73).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste momento devemos selecionar uma parede básica (*basic wall*), podendo ser a de 200mm, por exemplo, na janela de propriedades e em seguida devemos selecionar a opção de editar tipo (*edit type*) (Figura 74).

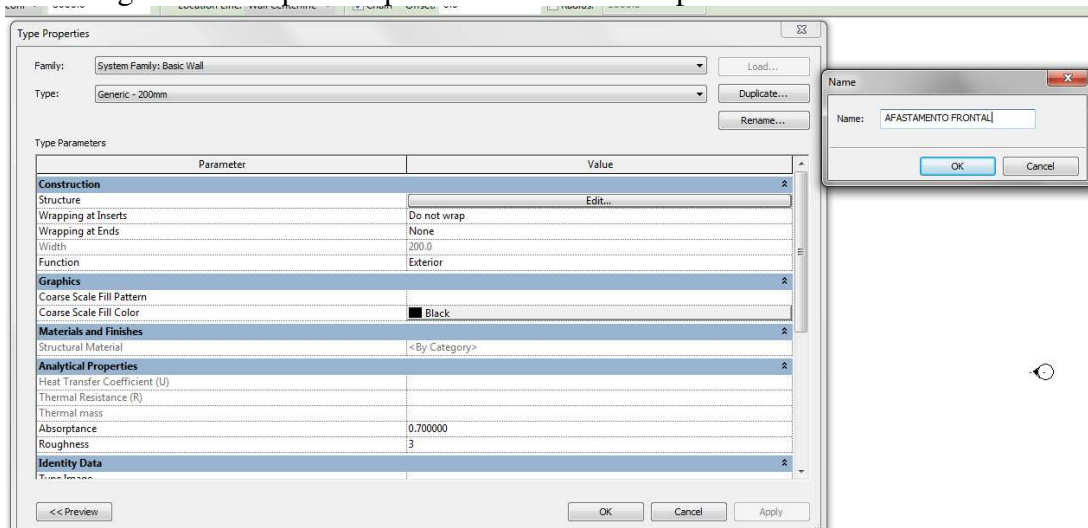
Figura 74 - Seleção de parede básica genérica 200 mm e selecionar Edição de tipo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa etapa passamos a modificar a janela de edição de tipo de janelas, onde vamos alterar seus parâmetros para atender as nossas necessidades. Inicialmente iremos duplicar essa parede básica para que as modificações que fizermos não alterem essa parede original. Portanto, iremos selecionar o botão *duplicate* (duplicar) e iremos nomear essa nova parede e por último selecionar o botão de edição (*edit*) na linha estrutura (*structure*) (Figura 75).

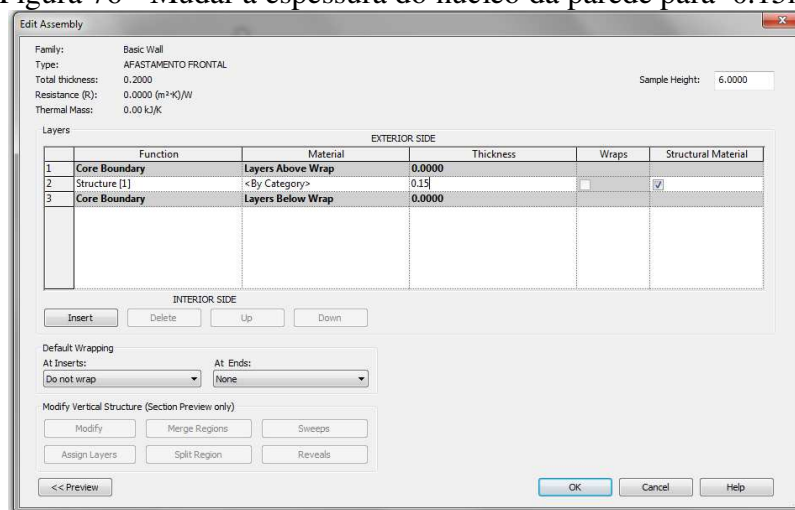
Figura 75 - Duplicar a parede básica e criar a parede afastamento frontal



Fonte: Elaborado pelo autor.

A janela de edição de estruturas da parede é o local onde podemos criar camadas de componentes de paredes como tijolo, reboco, chapisco e emboço. Para este comando vamos criar uma parede com a largura de uma parede comum no Brasil que é de 15 cm de estrutura no núcleo, que é a linha de numero 2. Na coluna thickness (espessura) na linha dois iremos digitar o valor de 0.15, pois nossa unidade de medida já programada é o metro e 0.15 metros é igual a 15cm. Como podemos verificar na Figura 76.

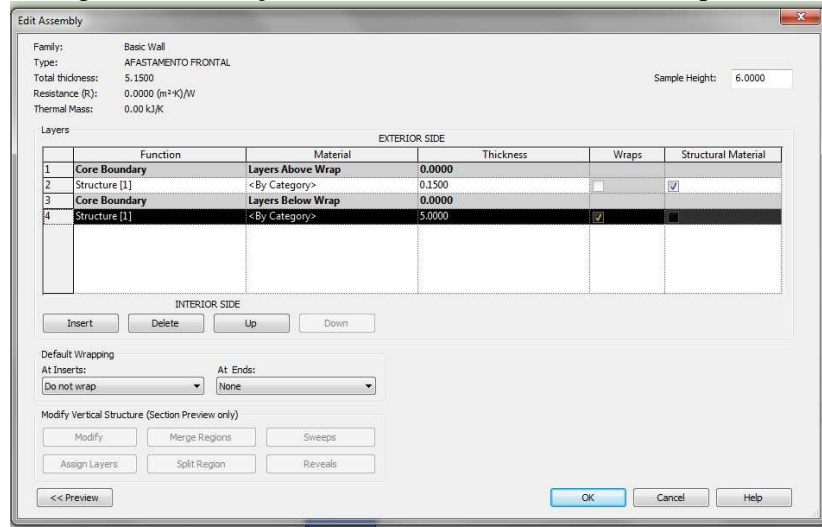
Figura 76 - Mudar a espessura do núcleo da parede para 0.15m



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida devemos criar a camada que será utilizada para servir como elemento de afastamento. Para isso, iremos criar mais um elemento de camada na parede. Essa nova camada será criada clicando no botão insert (inserir) na mesma janela. Assim que essa nova camada for criada ela estará com sua linha toda em preto e precisamos ainda coloca-la fora do núcleo da parede do lado interior (interior side). Basta deixar a linha selecionada (preto) e clicar no botão down (abaixo) até a camada ficar fora do núcleo, ultrapassando a linha cinza (core boundary) que serve de fronteira para o núcleo da parede. Para completar devemos colocar a espessura dessa parede como sendo a distância mínima de afastamento, que no caso do afastamento frontal do Parkway é de 5m (Figura 77).

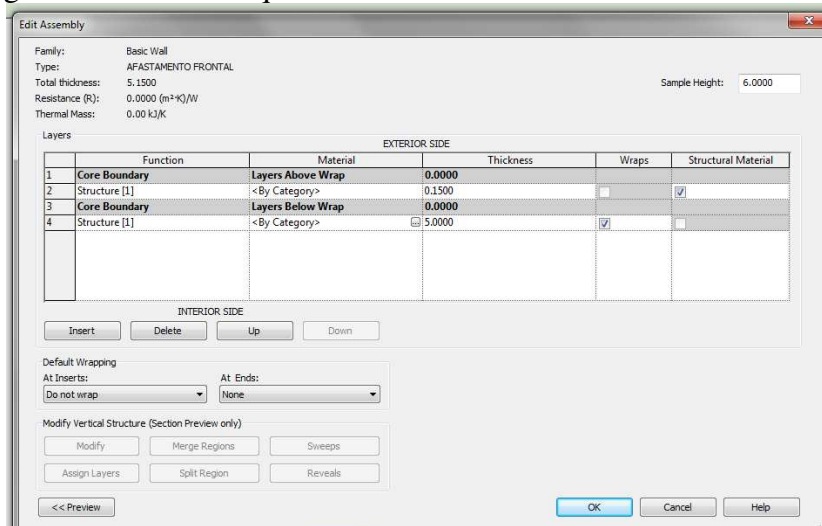
Figura 77 - Criação de nova camada com 5m de espessura



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para finalizar a representação dessa camada devemos adicionar um material na coluna material. Basta clicar em cima do nome “By category” e depois no quadrado que vai aparecer no canto direito dessa célula de coluna que a janela de edição de materiais vai se abrir (Figura 78).

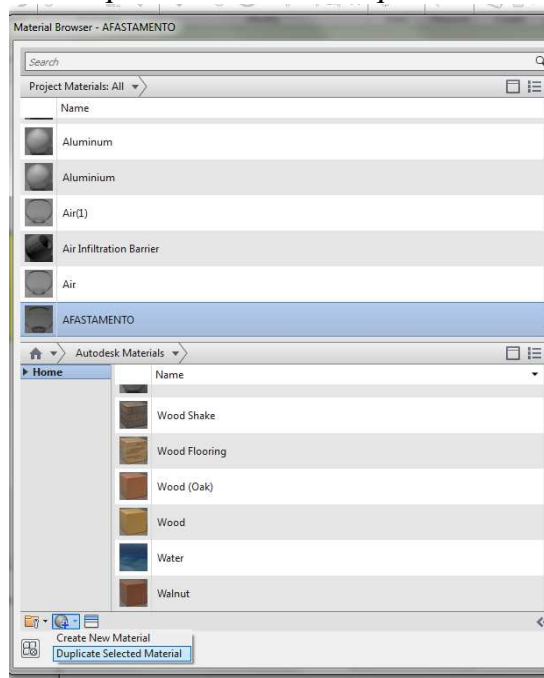
Figura 78 - Clicar no quadrado do canto direito da célula de materiais



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a janela de materiais aberta (material browser) vamos criar um material que não venha a interferir com as propriedades e elementos do projeto por isso esse material será ar (air). Basta duplicar o material chamado de ar clicando nele e em seguida no canto inferior esquerdo da janela na setinha do lado do ícone que é uma esfera com um sinal +, então aparecerá a opção duplicar material (duplicate material). O próximo passo é clicar com o botão direito do mouse no novo material e renomear o material (rename material) para afastamento como demonstrado na Figura 79.

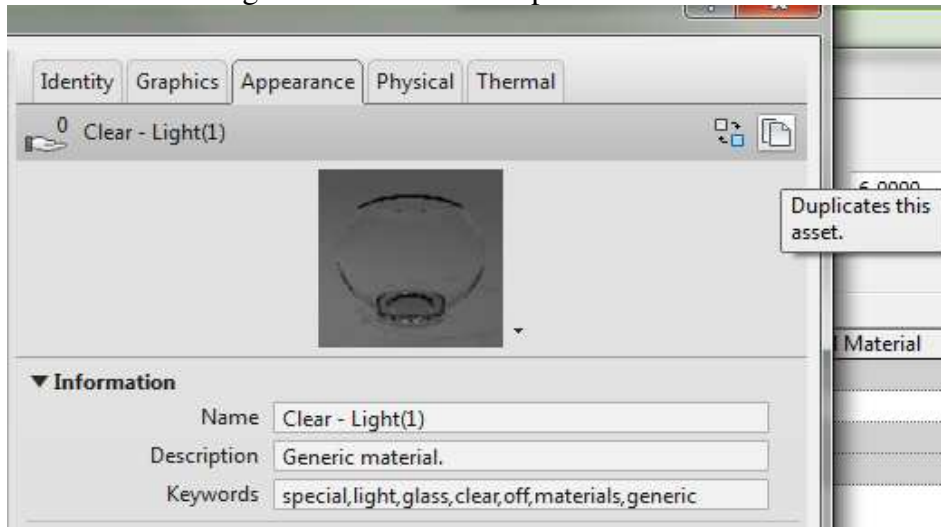
Figura 79 - Clicar no quadrado do canto esquerdo da célula de materiais



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o nosso material criado agora devemos desvincular o material afastamento do material ar original. Vamos para a aba aparência ainda na janela de edição de materiais e vamos clicar na última opção da primeira linha duplicar recurso (duplicate this asset) com isso a mãozinha da esquerda fica sem numeração em cima dela (Figura 80).

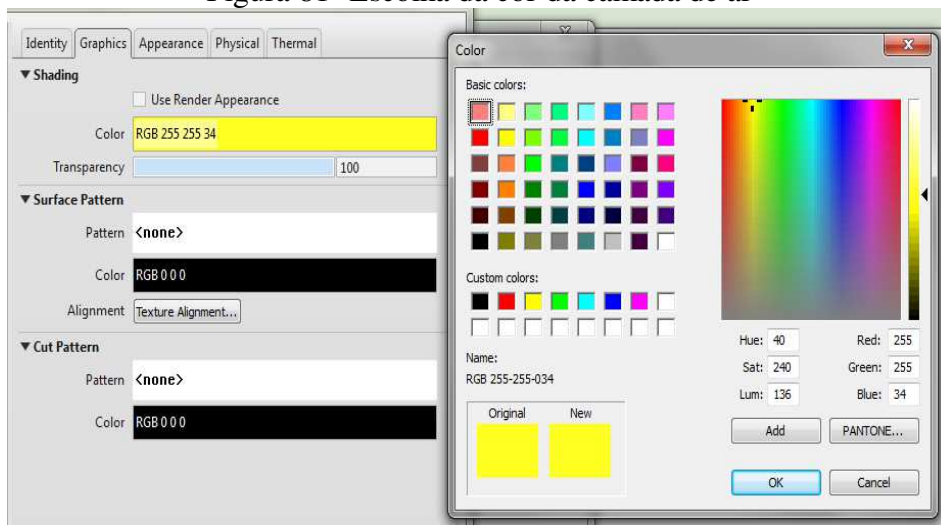
Figura 80 - Clicar em duplicate this asset



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para finalizar devemos colocar uma mudança de visualização desse material para que ele fique em grande evidencia quando representado na área de trabalho. Para tal, devemos clicar na aba de gráficos ainda na janela de materiais (Graphics). Já na aba de gráficos devemos alterar a cor de representação para alguma cor mais forte. Basta clicar na janela color (cor) e escolher a cor desejada. No exemplo da Figura abaixo utilizamos uma cor amarelo com uma tonalidade berrante. Assim que a cor for escolhida devemos clicar em ok em todas as janelas.

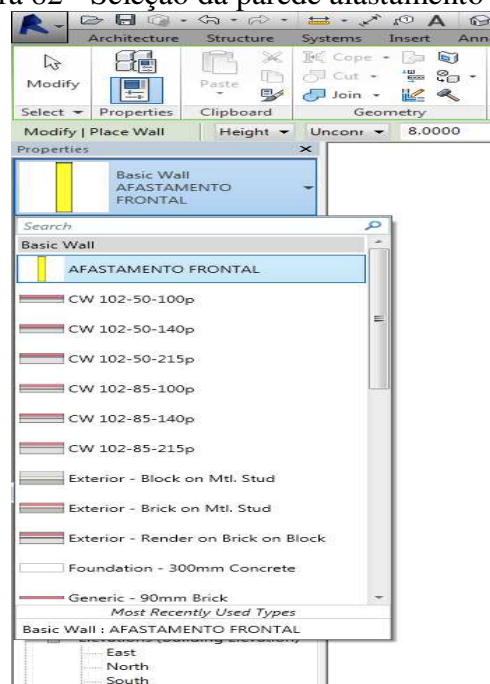
Figura 81- Escolha da cor da camada de ar



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora que criamos a parede básica de afastamento frontal fica mais fácil criar os outros afastamentos, já que parte das etapas que foram criadas no afastamento frontal serão utilizadas da mesma forma nos demais afastamentos. Passaremos agora para a criação dos afastamentos de fundo. Iremos partir da nossa parede afastamento frontal como base. Para isso devemos clicar no comando parede (wall), verificar se a nossa parede de afastamento frontal aparece como a selecionada na janela de propriedades (properties). Caso ela não esteja selecionada devemos clicar na seta do lado da parede que aparece na janela de propriedades, onde vai se desdobrar uma lista de paredes na qual escolheremos nosso afastamento frontal como podemos observar na Figura 82 abaixo e em seguida clicaremos em editar tipo (edit Type).

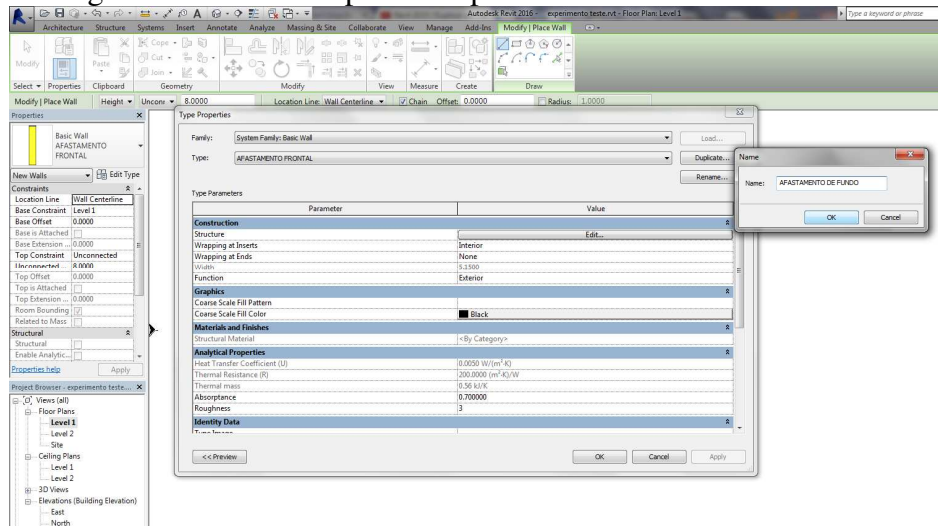
Figura 82 - Seleção da parede afastamento frontal



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como o afastamento de fundos é igual ao afastamento de frente que é de 5m devemos simplesmente duplicar a parede e nomeá-la como afastamento de fundos. Não será necessário criar outras modificações, pois serão as mesmas feitas no afastamento frontal e é por isso que o utilizamos como base (Figura 83). Só precisa apertar em ok depois disso nas duas opções.

Figura 83 - Nomear a parede duplicada de afastamento de fundos

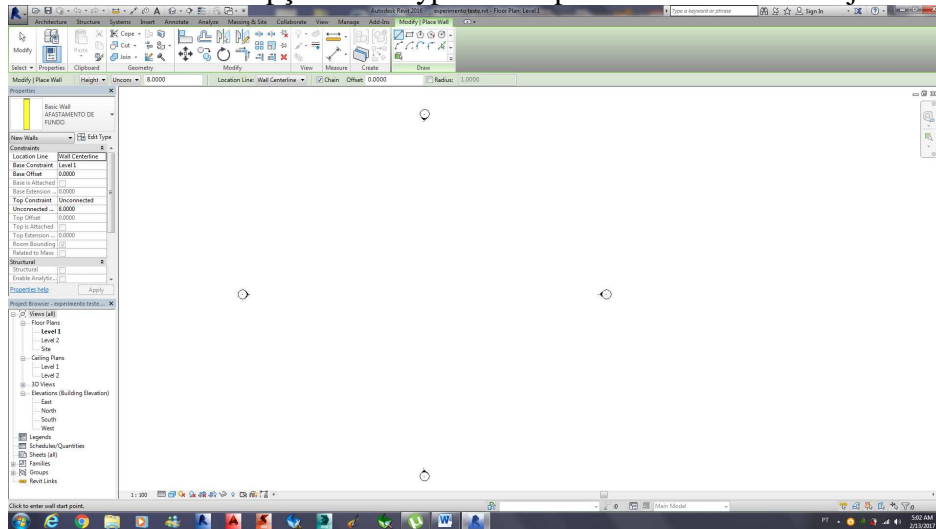


Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação à criação dos afastamentos mínimos obrigatórios laterais devemos levar em conta que no Setor ParkWay o afastamento mínimo lateral é de 5 metros ou por regimento do condomínio, caso o lote original tenha sido subdividido, que aceita 3 metros. Para isso devemos criar mais duas paredes utilizando como base as paredes de afastamento já criadas, para ter uma quantidade menor de trabalho a ser executado, e nomeá-las de afastamento lateral 5m e afastamento lateral 3m.

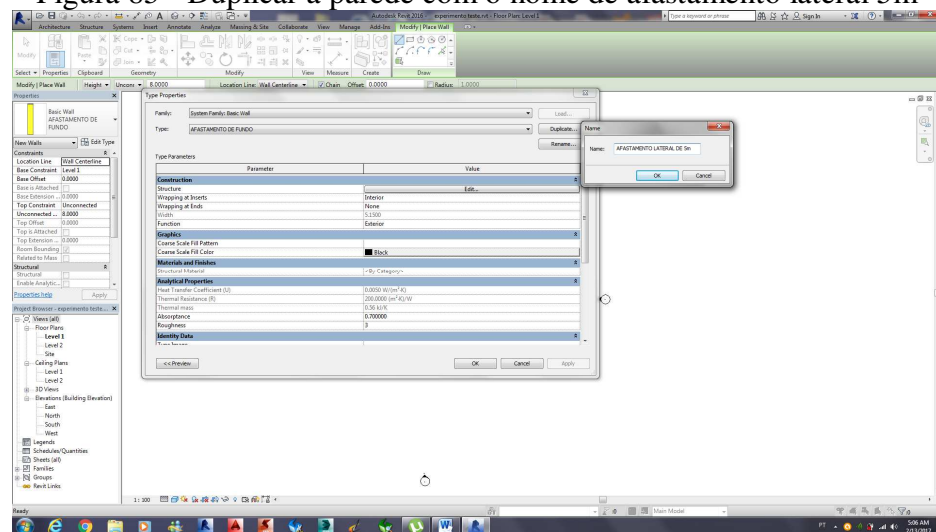
Para iniciar podemos usar a parede chamada de afastamento de fundo no comando paredes e depois selecionar a opção de edit type (editar tipo) como podemos observar na Figura 84. Depois disso devemos duplicar o parâmetro type (tipo) selecionando o botão duplicate e renomeamos essa nova parede de afastamento lateral de 5m (Figura 85).

Figura 84 - Selecionar a opção Edit Type com a parede de afastamento já selecionada



Fonte: Elaborado pelo autor.

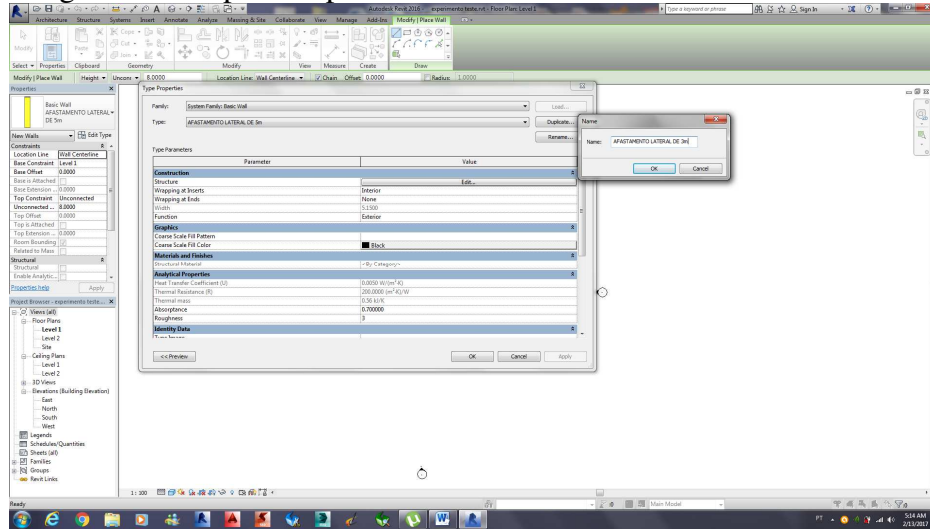
Figura 85 - Duplicar a parede com o nome de afastamento lateral 5m



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como o muro anterior tinha afastamento mínimo de 5m não devemos alterar a estrutura dessa parede, pois o parâmetro continua o mesmo da parede criada anteriormente. Como existe a possibilidade de se ter afastamentos laterais com 3m devemos recriar os passos das Figuras 95 e 96 só que agora a parede criada vai se chamar de afastamento lateral 3m. (Figura 86).

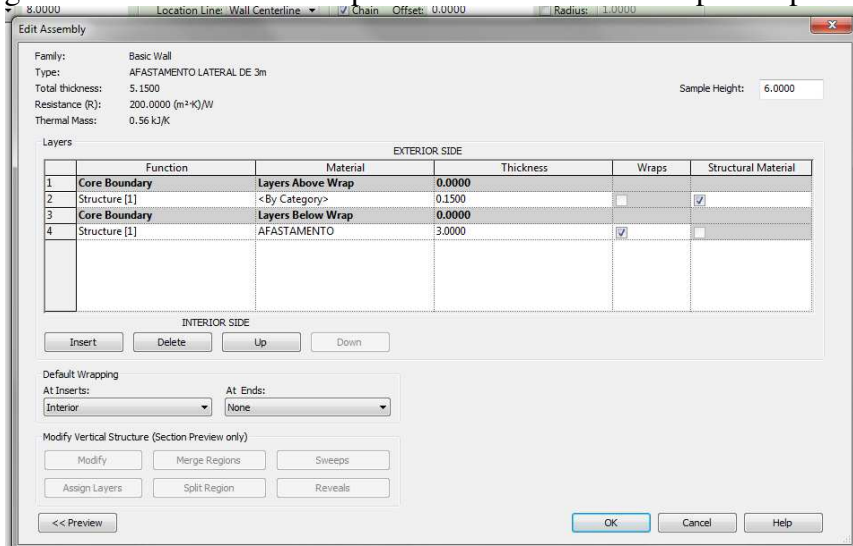
Figura 86 - Duplicar a parede com o nome de afastamento lateral 3m



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora com a parede de afastamento de 3m criada devemos agora selecionar o botão Edit (editar) vamos alterar o tamanho do parâmetro afastamento na coluna thickness (espessura) para 3m. (Figura 87) E para finalizar devemos selecionar os botões OK até retornar a janela de trabalho do Revit.

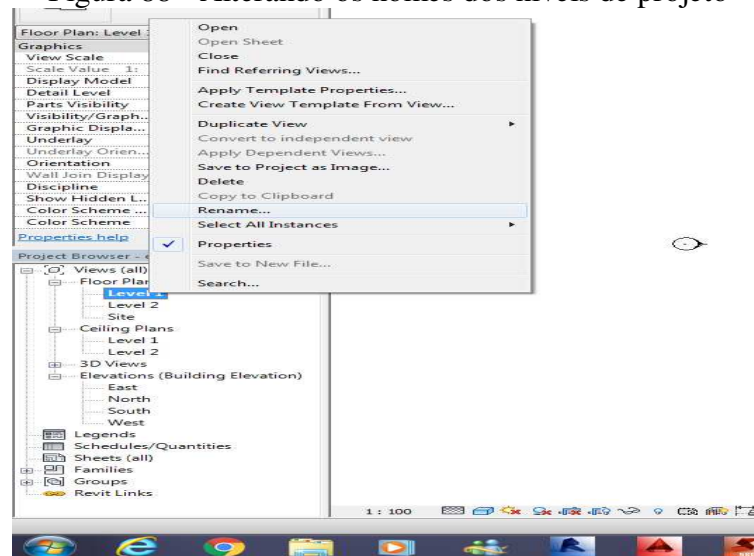
Figura 87 - Modificando a espessura do afastamento da parede para 3m



Fonte: Elaborado pelo autor.

A próxima norma a ser abordada será a altura máxima da edificação. Para essa finalidade inicialmente devemos renomear o nível denominado Level 1 de soleira e o Level 2 devemos renomear de altura máxima. Para conseguir alterar esses níveis devemos selecionar qualquer um deles na janela Project browser (navegador de projeto) com o botão direito e selecionar a opção rename (renomear), onde devemos escrever os nomes adequados (Figura 88).

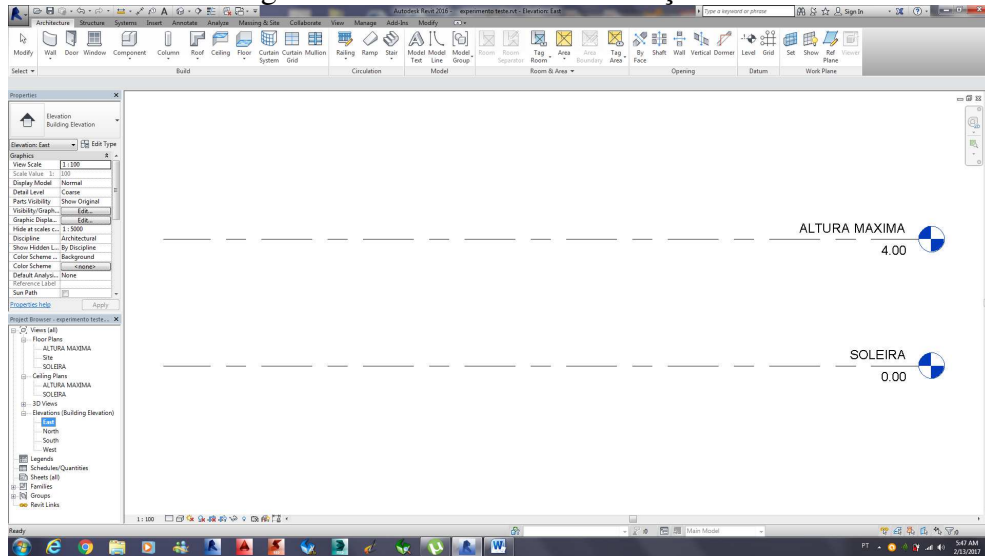
Figura 88 - Alterando os nomes dos níveis de projeto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Adiante devemos organizar e alterar as o parâmetro de altura designado para cada nível. Para tanto, devemos mudar a visualização do projeto para que possamos alterar com clareza essas alturas. Essa verificação só pode ser feita em algum tipo de vista lateral como cortes (sections) ou elevações (elevations). Como não foi passado nenhum corte é mais fácil selecionarmos alguma elevação no Project browser (north, South, east, West) clicando duas vezes com o botão esquerdo do mouse na elevação escolhida(Figura 89).

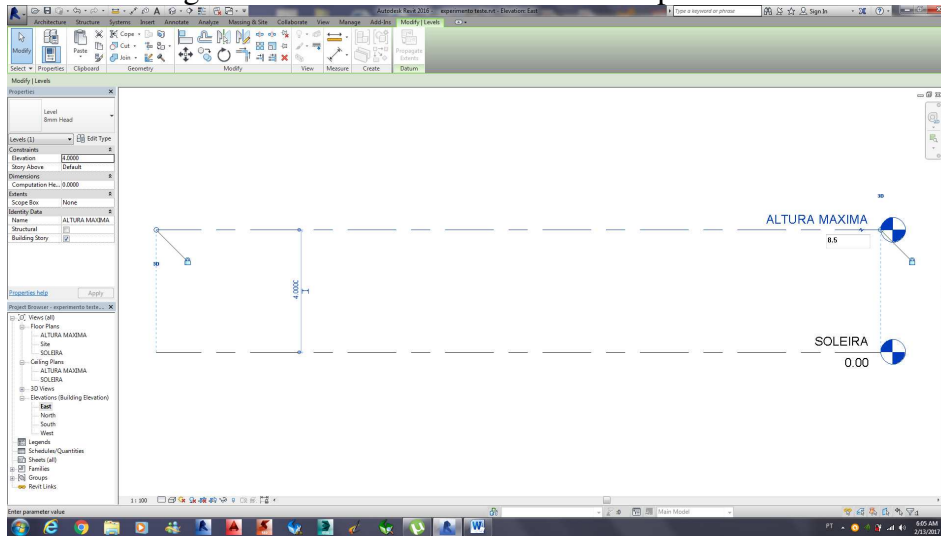
Figura 89 - Selecionando a elevação east



Fonte: Elaborado pelo autor.

O nível chamado de soleira servira para identificar e locar o térreo dos projetos a serem verificados. Já o nível chamado de altura máxima devemos alterar sua altura para a máxima permitida na Ngb do ParkWay que é de 8,50m. Para essa alteração precisamos selecionar o nível na janela de trabalho clicando com o botão esquerdo, onde o mesmo ficará azul. Para modificar o valor da altura temos duas opções. A primeira seria alterar o valor elevation direto na janela properties (propriedades), ou então selecionar o numero abaixo do nome do nível com um clique do botão esquerdo do mouse e alterando seu valor na pequena janela que irá aparecer e em seguida apertar o botão enter do teclado (Figura 90).

Figura 90 - Alterando a altura máxima para 8.50m

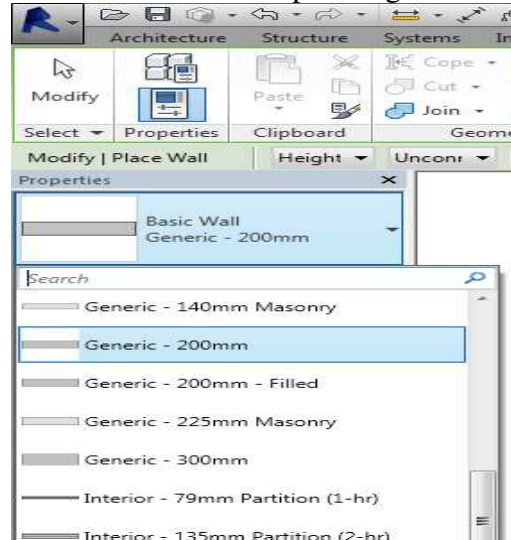


Fonte: Elaborado pelo autor.

Para completarmos os elementos necessários para a verificação de altura máxima devemos criar outra parede feita somente com o elemento air(ar) e que tenha um tamanho grande o suficiente para pegara a extensão de um terreno do ParkWay. Para que não precisemos alterar muitos parâmetros para conseguir essa parede devemos utilizar novamente uma parede genérica como base para nossa parede.

Contudo, devemos voltar inicialmente para uma vista de planta baixa. Para esse propósito, devemos selecionar ou o nível altura máxima ou soleira na opção floor plans (vistas de piso) no Project browser com dois cliques com o botão esquerdo do mouse. Logo em seguida devemos selecionar o comando Wall (parede) na aleta architecture (arquitetura) mais uma vez. E agora devemos modificar tendo como base a parede chamada de Generic-200mm selecionando está parede na janela properties(propriedades) na primeira imagem (Figura 91).

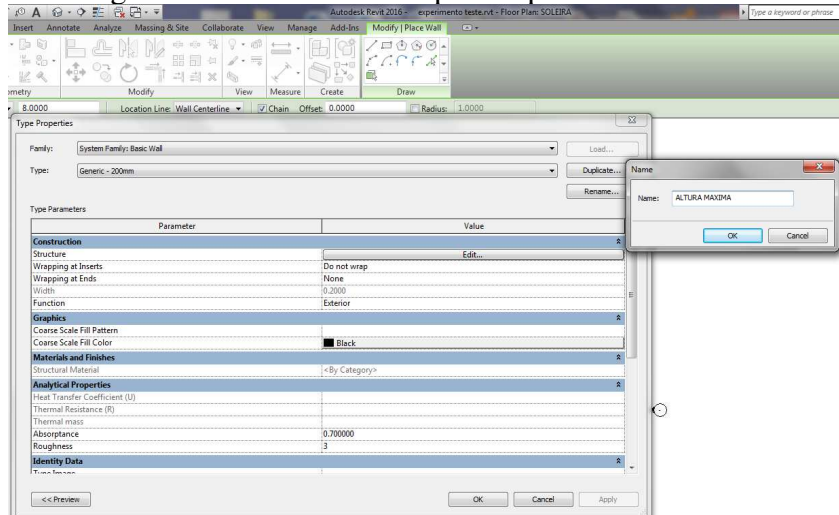
Figura 91 - Selecionando a parede generic-200mm



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para alterarmos essa parede devemos selecionar o botão edit type(editar tipo) como fizemos anteriormente com as paredes para afastamento. Com a janela que vai abrir depois de clicar em edit type, devemos renomealá no botão rename com o nome de altura máxima.(Figura 92).

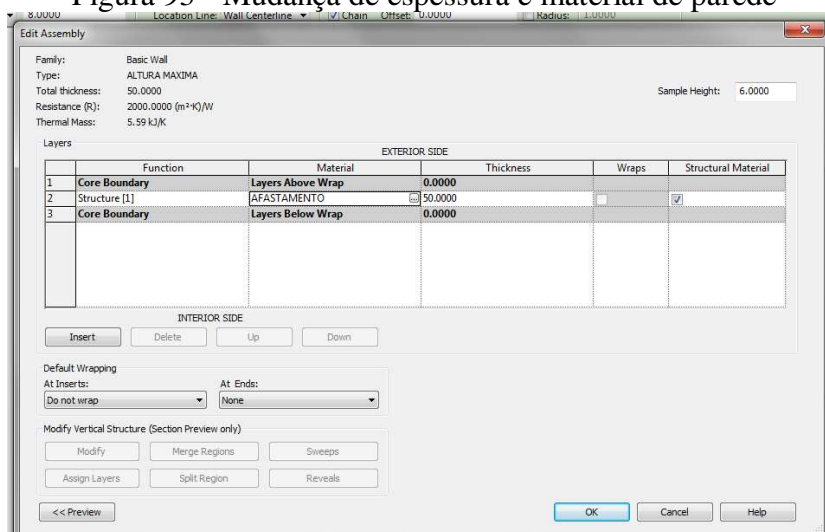
Figura 92 - Renomeando a parede para altura máxima



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o próximo passo devemos clicar no botão edit (editar) em structure Com a nova janela que irá se abrir devemos alterar a espessura da parede para um tamanho grande que seria suficiente para ultrapassar a largura de um lote de tamanho mediano no Parkway. Por enquanto iremos colocar 50 no parâmetro thickness(espessura) e no parâmetro material iremos selecionar o material que criamos e denominamos anteriormente de afastamento como podemos verificar na Figura 93 a seguir. Para finalizar essa etapa devemos clicar em ok nos botões das janelas.

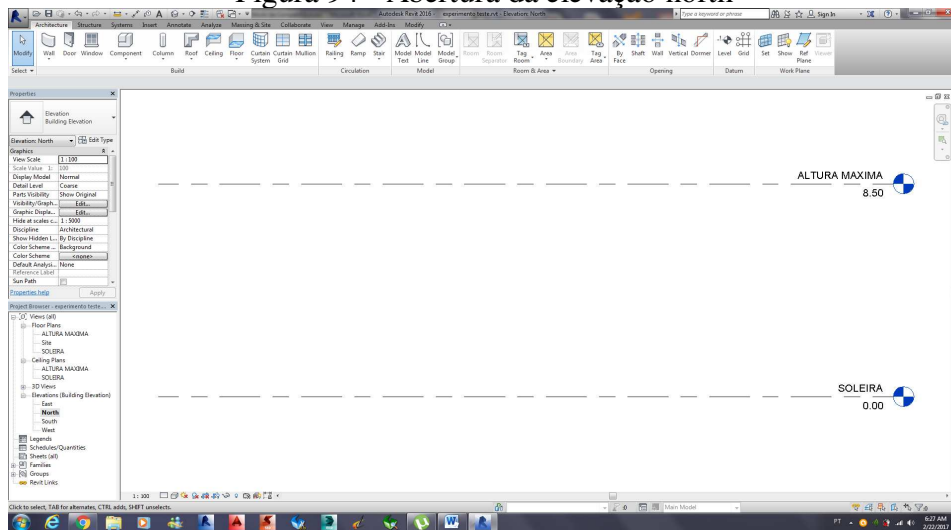
Figura 93 - Mudança de espessura e material de parede



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir deste ponto iniciaremos as configurações de elementos para conseguir realizar a verificação de taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento. Devemos ainda criar outro nível onde utilizaremos os esquemas de área para não se misturar com os elementos construtivos da edificação. Para cumprir esse requisito devemos entrar em uma vista de elevação (elevation) ou de corte para que seja possível criar outro nível. Selecionamos direto no Project Browser qualquer uma das elevações (north , South, East e West) clicando duas vezes em cima de seu nome com o botão esquerdo do mouse.

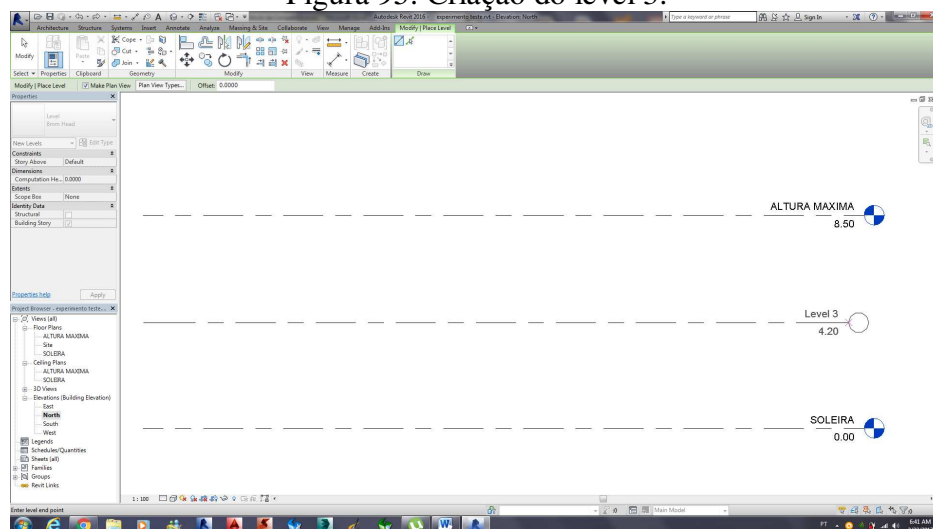
Figura 94 - Abertura da elevação north



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora com a elevação já devidamente aberta podemos criar um novo nível selecionando na categoria architecture a disciplina Datum onde temos o primeiro ícone chamado de Level (nível). Basta selecionarmos esse comando e direcionarmos o mouse para dentro da janela da elevação clicando em um ponto, depois afastando o mouse para abrir o novo nível e dando um segundo clique com o botão esquerdo. Assim surgirá o level 3 como podemos observar na Figura 95 a seguir.

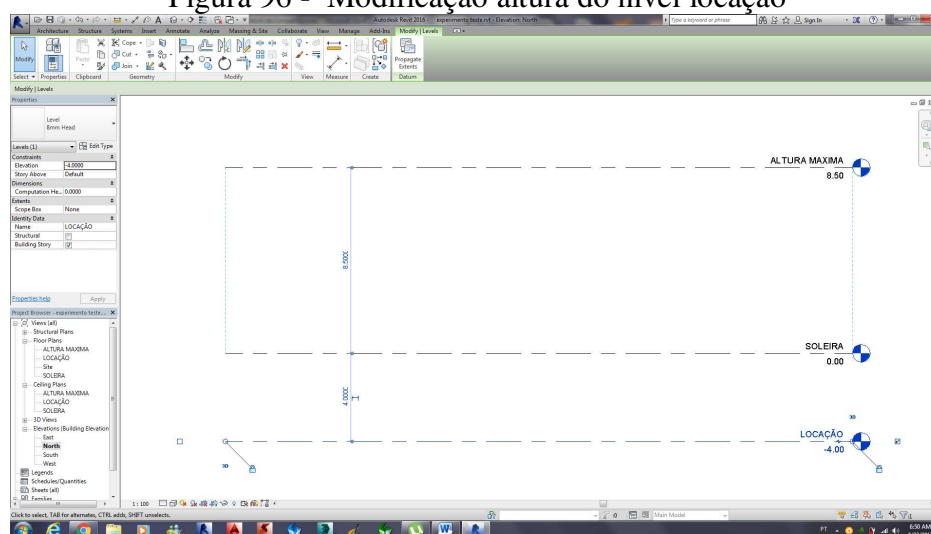
Figura 95: Criação do level 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Devemos renomear o recém criado level 3 para um nome mais adequado que pode ser chamado de locação e também é necessário modificar a altura desse nível para que não venha a interferir nos elementos do projeto e seja utilizado para definir a área do terreno. Para isso podemos modificar a altura desse nível para um valor abaixo do nível de soleira, de preferência abaixo de 3m para que seja possível existir um pavimento no subsolo. Vamos então alterar a altura do nível gabarito para -4m. Ficando com a vista lateral igual ao da Figura 96.

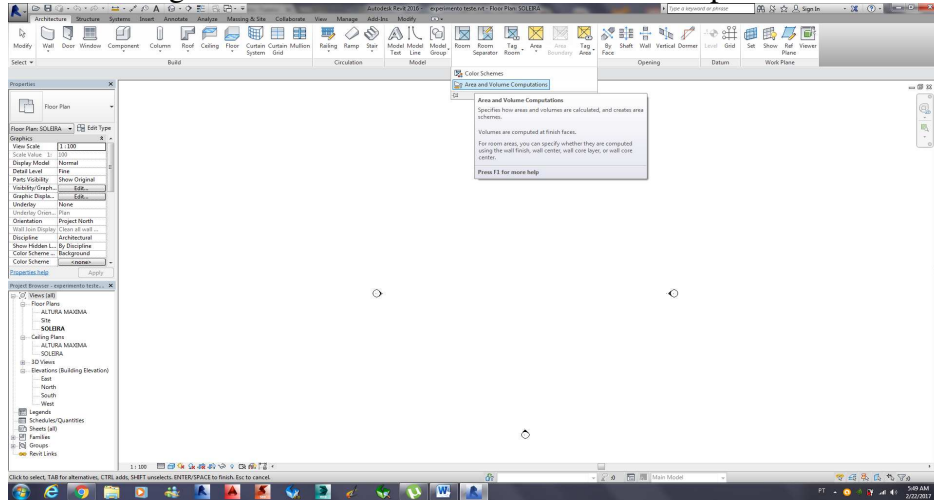
Figura 96 - Modificação altura do nível locação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora devemos selecionar a opção *area and volume computation* (computar área e volume) que fica na disciplina architecture (arquitetura). Para que essa opção fique visível devemos clicar na categoria *room & area* (ambiente e área) exatamente onde fica localizada uma seta ao lado do nome indicando para baixo. A opção de área and volume computation irá ficar visível logo depois que a seta for selecionada como pode ser observado na Figura a seguir.

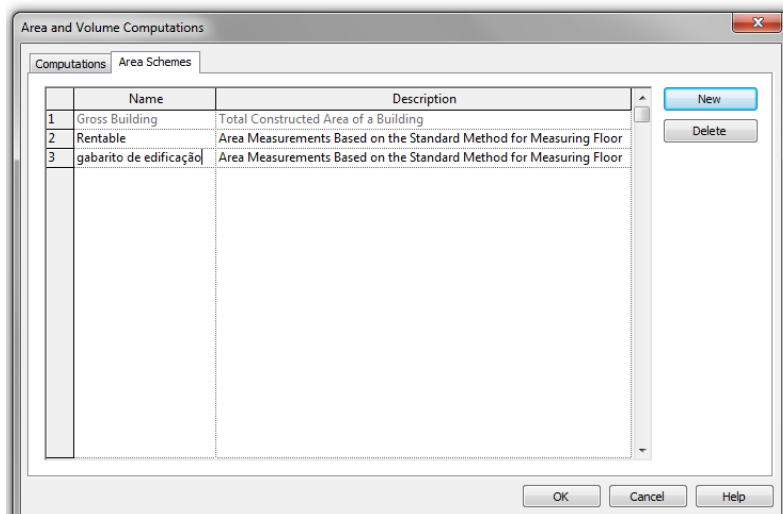
Figura 97 - Selecionar área and volume computation



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a janela que se abrirá em seguida devemos selecionar a opção *Area schemes* (esquemas de área). Com essa opção já selecionada teremos duas opções de esquemas de área que seriam *rentable* (área útil) e *gross building* (área construída). Precisamos criar mais um esquema clicando no botão *new* (novo) no canto superior direito. Devemos ainda renomear esse novo esquema por de área. Para esta finalidade devemos clicar em cima do nome da nova opção de esquema de área criado e trocar o nome “*area scheme 1*” pelo nome gabarito de edificação como podemos visualizar na Figura 98.

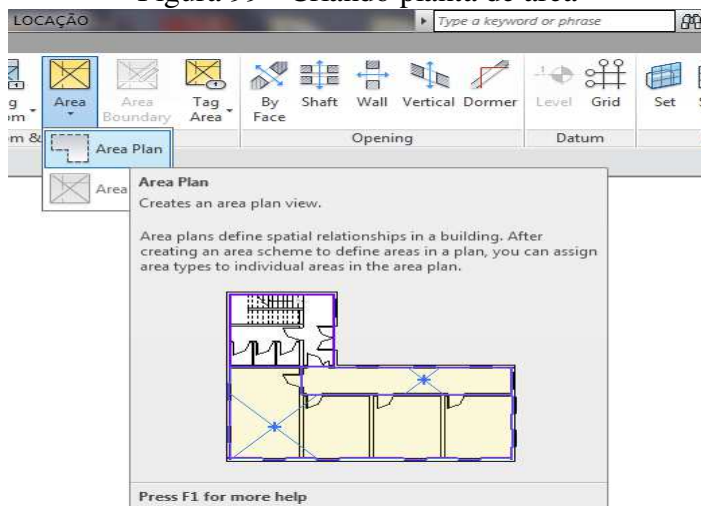
Figura 98- Criar esquema de área denominado gabarito de edificação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a criação dos esquemas de área criaremos agora plantas de área que servirão como base para calcularmos a taxa de ocupação e o coeficiente de aproveitamento. Para isso devemos clicar na seta embaixo do comando área na disciplina architecture (arquitetura) e selecionarmos a opção area plan (planta de área) similar ao que mostra a Figura 99.

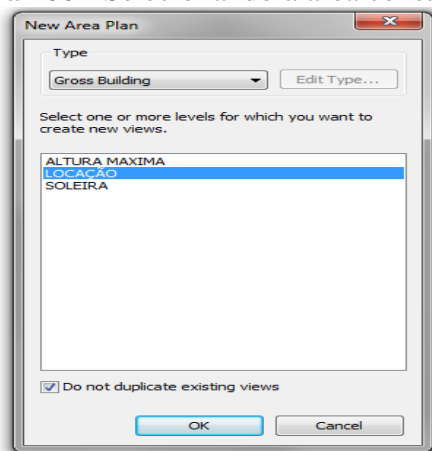
Figura 99 - Criando planta de área



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na janela que aparece após selecionarmos area plan devemos utilizar na opção type gross building (área construída) e devemos colocar no nível mais baixo que seria a locação similar a Figura 100. Nesse nível que criaremos a área do lote.

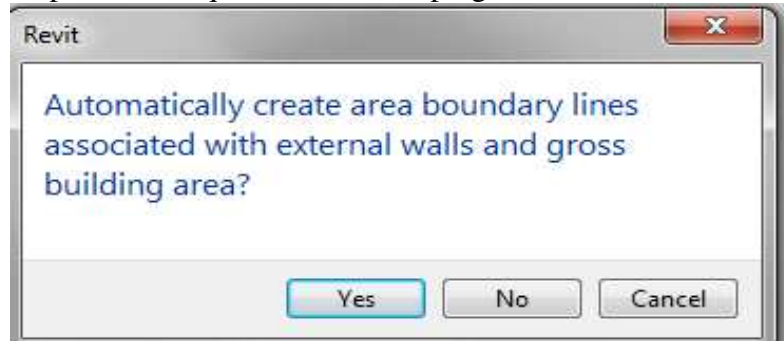
Figura 100 - Selecionando a área construída



Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma janela com uma pergunta irá se abrir nesse ponto. O software quer saber se ele deve gerar automaticamente linhas de limites com paredes externas e área construída. Devemos responder com a opção não (não).

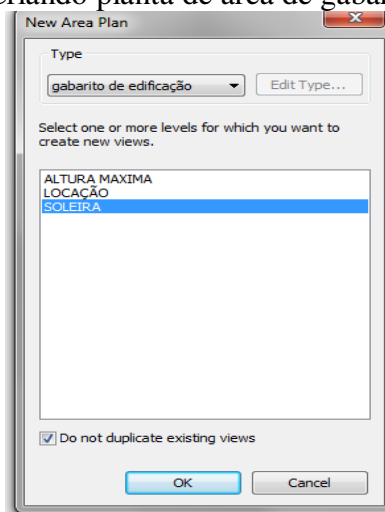
Figura 101- Responder não quando o sistema perguntar sobre linhas de limites de áreas



Fonte: Elaborado pelo autor.

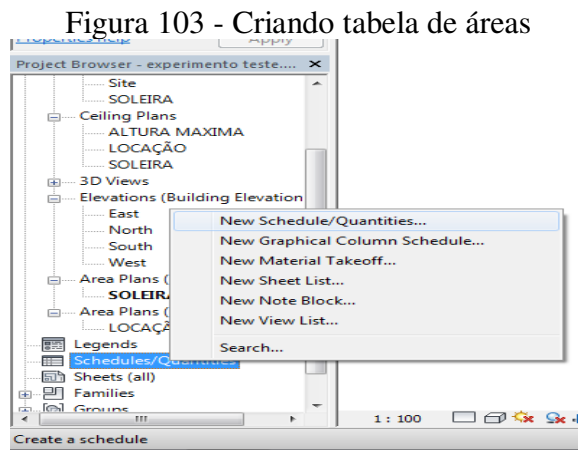
Devemos criar também outra planta de área só que para essa nova planta nós utilizaremos na opção type o gabarito de edificação ao invés do gross building (área construída) de forma semelhante a Figura a seguir. Nessa opção é que iremos adicionar as áreas construídas de cada pavimento quando analisarmos um projeto. Vai ser preciso que criemos dentro de cada projeto planta de área de gabaritos para todos os níveis que existam no projeto a ser verificado.

Figura 102 - Criando planta de área de gabarito da edificação



Fonte: Elaborado pelo autor.

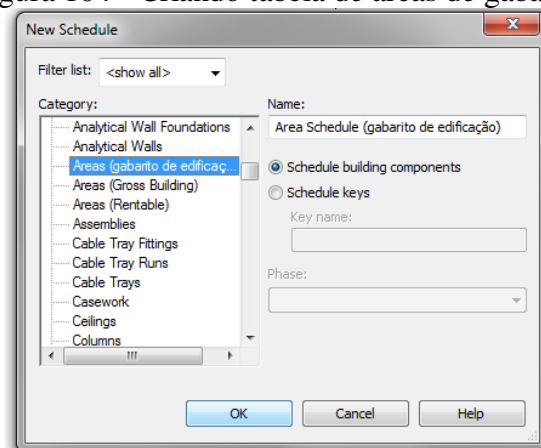
Criaremos agora tabelas de quantitativos de áreas para que depois possamos agrupar cálculos para taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento. Com esse intuito devemos ir ao Project browser (navegador de projeto) e clicar com o botão direito na opção schedules/quantities (tabelas/quantitativos) e clicar na opção new schedule/quantities como exemplificamos na Figura 103.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Vamos criar as duas tabelas de áreas. A primeira será a de área de gabaritos da edificação e a segunda será a de área gross building (área construída). Como na Figura 104, Iniciaremos selecionando a área de gabarito de edificação e apertamos OK.

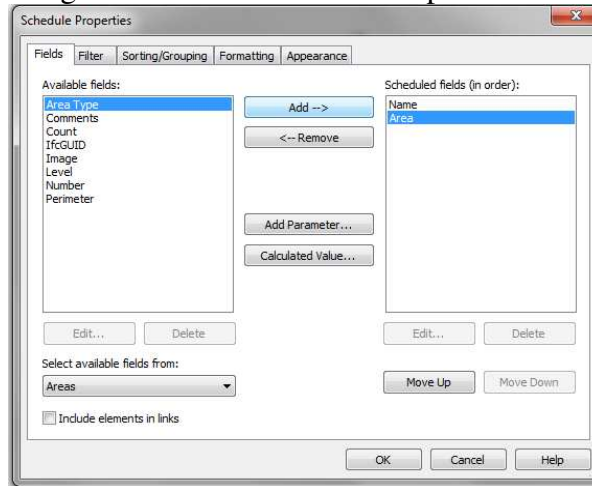
Figura 104 - Criando tabela de áreas de gabarito



Fonte: Elaborado pelo autor.

Selecionaremos os campos de informação que esta tabela irá gerar. Precisamos que essa tabela tenha exatamente os campos name (nome) e área, sempre selecionando os campos na lista da esquerda e clicando no botão add para que entrem na lista da direita da mesma forma como na Figura 105.

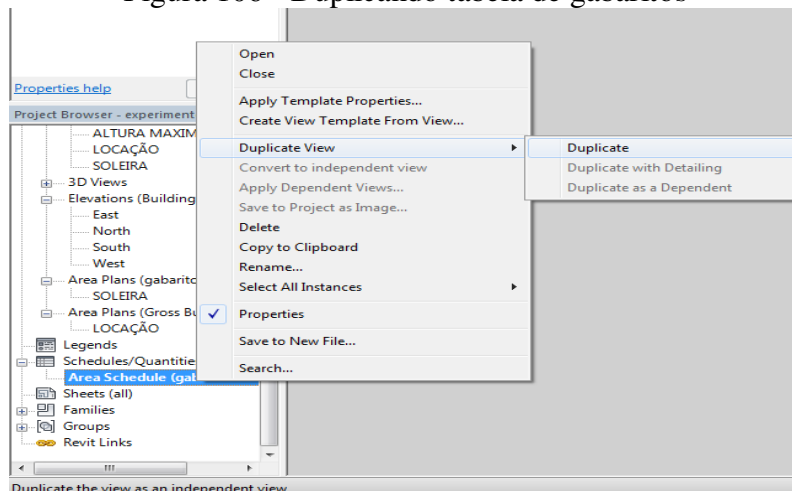
Figura 105 - Adicionando campos a tabela



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a tabela criada dentro do Project browser (navegador de projeto) devemos clicar com o botão direito do mouse em cima da tabela e vamos duplicar está tabela clicando na opção duplicate, dentro da opção duplicate view (duplicar vista) visualizado na Figura 106.

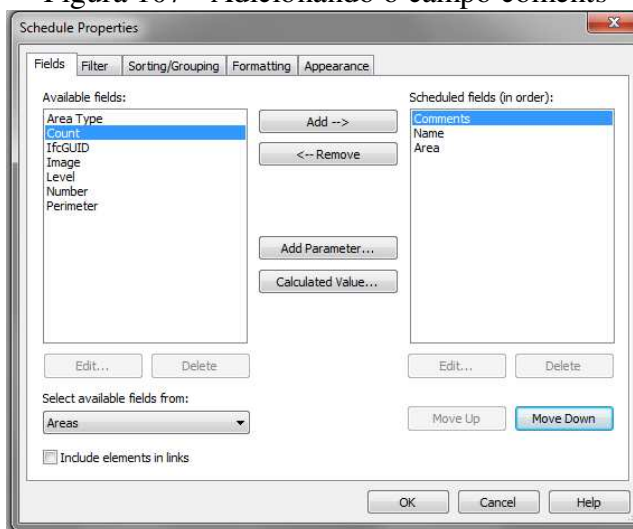
Figura 106 - Duplicando tabela de gabaritos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Devemos neste ponto renomear a copia da tabela como coeficiente de aproveitamento. Selecionamos a tabela dentro do Project browser e clicando com o botão direito do mouse e digitamos o nome desejado (coeficiente de aproveitamento). Agora, vamos adicionar mais um campo para essa tabela, na opção fields (campos) na janela de propriedades (properties), vamos selecionar o campo coments (comentários) e vamos colocar esse campo o selecionando e apertando no botão add. Depois devemos colocar o campo “coments” como primeiro da lista da direita clicando no botão move up (subir) até que ele seja o primeiro como na Figura 107. Por fim, iremos modificar o nome da tabela de gabarito de edificação para área níveis.

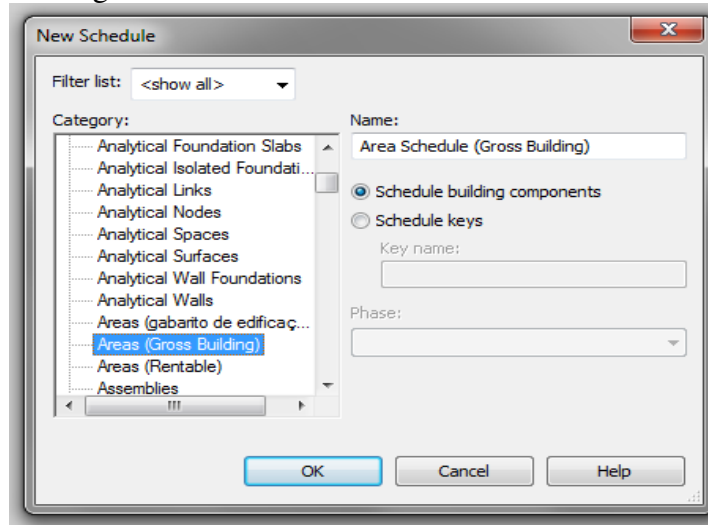
Figura 107 - Adicionando o campo coments



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora vamos criar as tabelas que ajudarão a fornecer a taxa de ocupação. Iremos seguir uma linha de raciocínio similar a que utilizamos para criar os elementos para cálculo da taxa de ocupação. Criaremos a tabela agora utilizando a área gross building (área construída) como selecionado na Figura 108 e depois clicamos em OK.

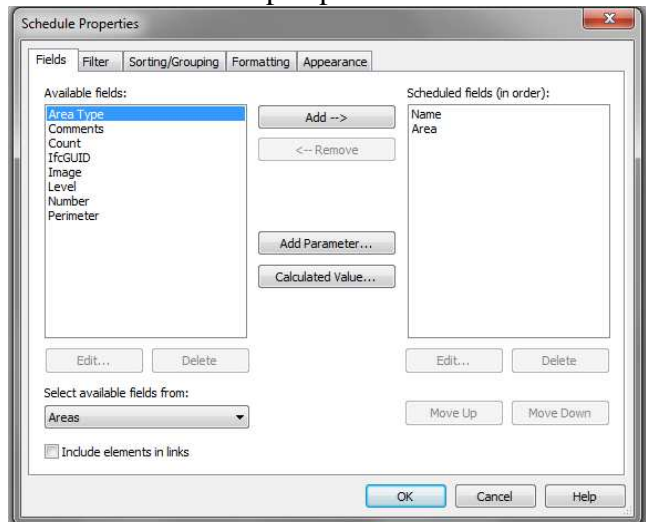
Figura 108 - Criando tabela de área construída



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os campos da tabela que acabamos de criar vão ser inicialmente o nome (name) e área (Figura 109). Posteriormente com um projeto em uso com o template que vai ser gerado iremos criar mais um campo da tabela.

Figura 109 - Criando campos para a tabela de área construída

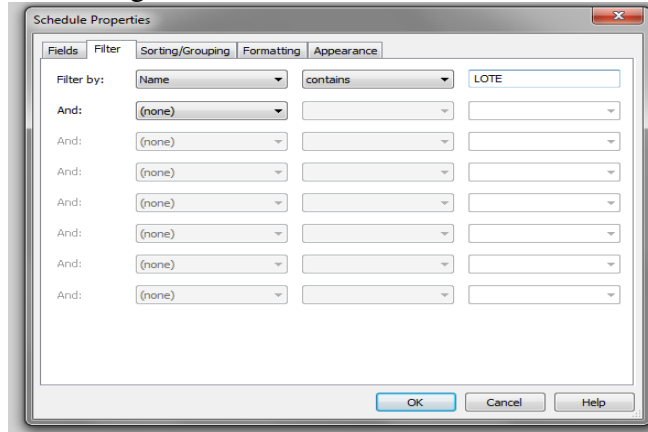


Fonte: Elaborado pelo autor.

Criaremos um filtro para essa tabela para que ela mostre elementos que contem o nome Lote. Para realizarmos este filtro selecionaremos a opção filter (filtro) e criaremos um

filtro por nome (name) que contem (contains) e no espaço em branco a direita escreveremos lote como na Figura 110 a seguir.

Figura 110 - Criando filtro de nome

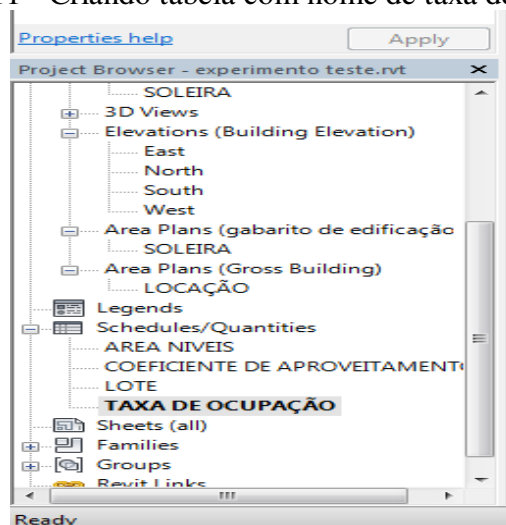


Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida iremos renomear essa tabela no Project browser (navegador de projeto) clicando com o botão direito do mouse e depois em rename (renomear) iremos mudar o nome dessa tabela para LOTE.

Agora necessitamos copiar a tabela lote. Para isso acontecer devemos selecionar a tabela no Project browser (navegador de projeto) com o botão direito do mouse. E vamos renomear a tabela recém criada de taxa de ocupação de forma similar a Figura 111.

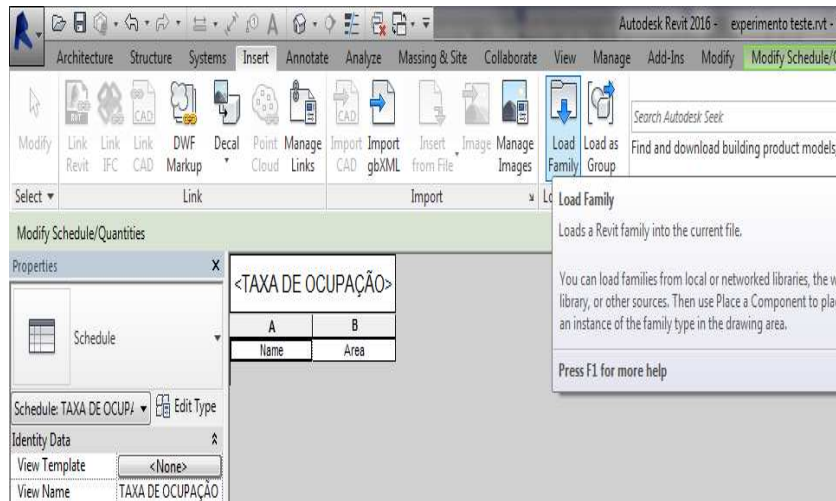
Figura 111 - Criando tabela com nome de taxa de ocupação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Precisamos ainda, inserir uma prancha de desenho dentro do arquivo de projeto para que possamos anexar às informações de todas as tabelas em um só local. Para isso devemos clicar na disciplina insert (inserir) e selecionar a opção load Family (carregar família) para podermos inserir uma prancha de desenho (Figura 112).

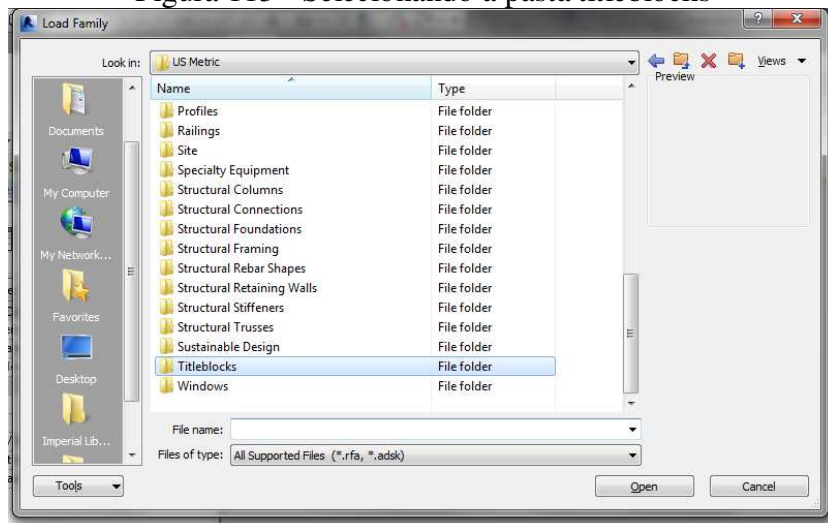
Figura 112 - Carregando família de prancha



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora precisamos selecionar a pasta titleblocks, onde devemos escolher uma prancha qualquer da família A (A4, A3, A2, A1 e A0) similar a Figura 113 a seguir.

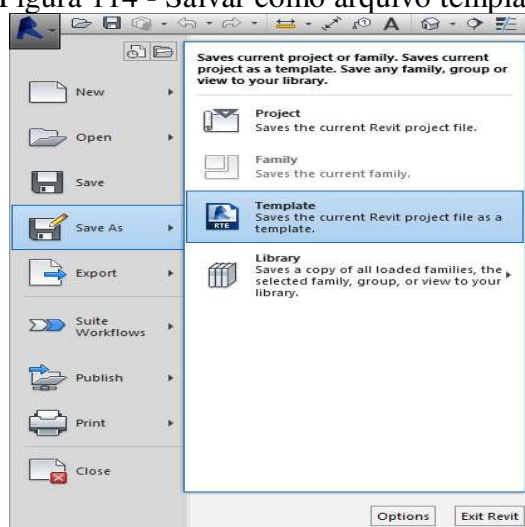
Figura 113 - Selecionando a pasta titleblocks



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para finalizarmos a etapa de criação de um arquivo para teste de normas de edificação dentro do Revit devemos salvar o arquivo como um template que possa ser utilizado em múltiplos projetos sem que necessitemos realizar toda a criação de componentes e famílias alteradas para cada projeto. Para isso devemos selecionar o “R” no canto superior esquerdo como o botão esquerdo do mouse e em seguida selecionar a opção save as (salvar como) e por ultimo selecionar template como podemos ver na Figura 114 a seguir.

Figura 114 - Salvar como arquivo template



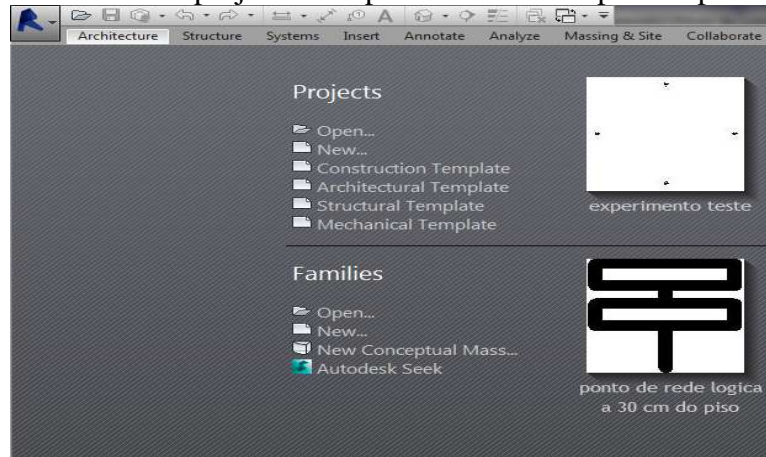
Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida devemos nomear o arquivo template que acabamos de criar e que será utilizado em todos os arquivos que iremos testar para verificar as normas de edificação em projetos no ParkWay. Salvaremos este template com o nome de “experimento teste”.

6.7.2 Utilizando o template para realizar as verificações.

Para iniciarmos a verificação das nos dentro do Revit devemos inicializar o template experimento teste criado anteriormente. Devemos inicializar o software e na janela de inicialização devemos selecionar a opção new (novo) na parte projects (projetos). Esta é a segunda opção de cima para baixo na opções para projects como podemos verificar na Figura 115 a seguir.

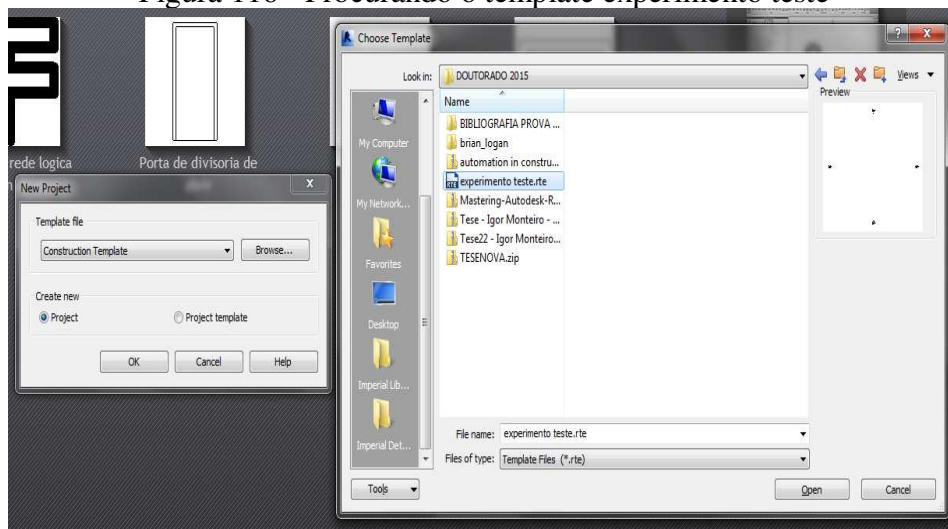
Figura 115 - Inicializar projeto novo para utilizar o template experimento teste



Fonte: Elaborado pelo autor.

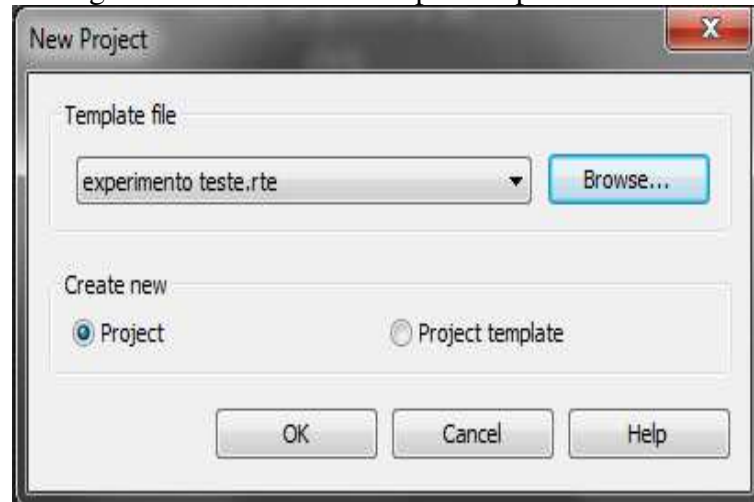
Com a janela que irá se abrir depois que selecionarmos a opção new, devemos procurar o template criado e salvo dentro do nosso computador com o nome de experimento teste. Esse comando deve ser executado selecionando o botão browse. Outra janela se abrirá para que possamos selecionar dentro do nosso computador o template experimento teste (Figura 116). Assim que encontrarmos e selecionarmos o template em questão devemos selecionar o botão open e com isso a janela se fechará e em seguida clicar na opção “ok” na janela restante de forma semelhante a Figura 117.

Figura 116 - Procurando o template experimento teste



Fonte: Elaborado pelo autor.

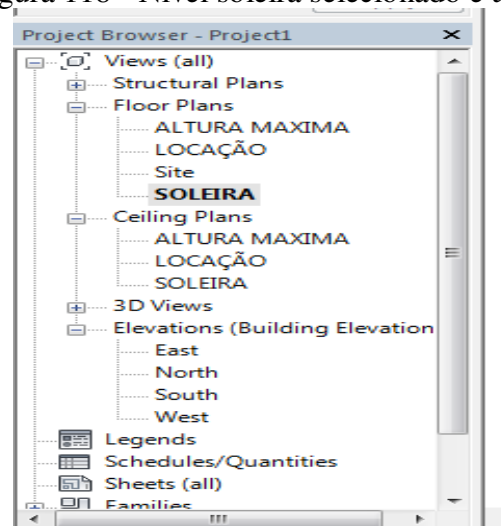
Figura 117 - Abrindo o template experimento teste



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para inserir o projeto a ser testado no template devemos deixar inicialmente o template no nível que queremos inserir o projeto a ser testado. Para isso vamos deixar nosso arquivo em vista de planta baixa (floor plan) no nível que denominamos de soleira. Para isso acontecer, devemos selecionar este mesmo nível no Project browser e dar dois cliques com o botão esquerdo do mouse, deixando o nome do nível em negrito como podemos visualizar na Figura 118.

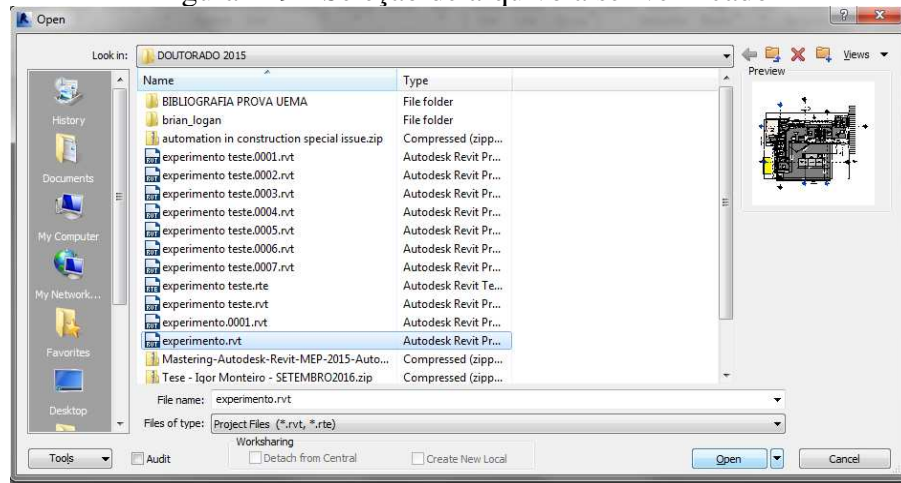
Figura 118 - Nível soleira selecionado e ativo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora devemos abrir o projeto que iremos verificar. Para isso devemos selecionar o “R” no canto superior esquerdo e selecionar a opção open (abrir) e devemos selecionar o arquivo de projeto a ser testado que está salvo em seu computador. No nosso caso selecionamos o arquivo experimento.rvt como podemos identificar na Figura 119.

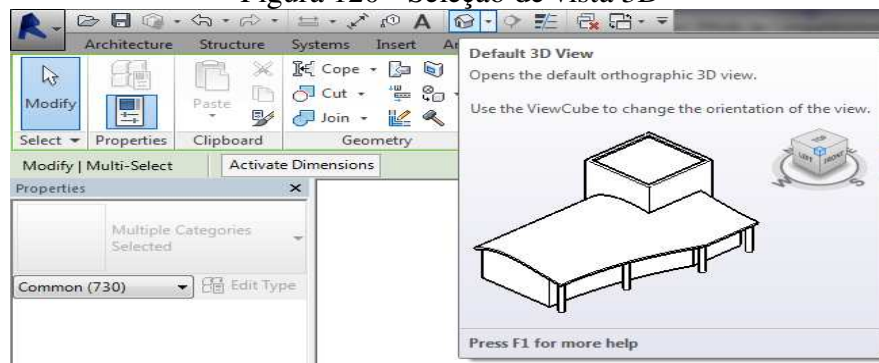
Figura 119 - Seleção de arquivo a ser verificado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o arquivo a ser verificado já aberto devemos modificar a nossa vista para que possamos ver a totalidade da edificação a ser verificada. Só conseguimos estes tipos de propriedades em uma vista em que toda modelagem tridimensional da edificação fique aparente. Isso só é possível através de uma vista 3D. Para conseguirmos habilitar esta vista devemos selecionar o ícone em forma de casa na barra de atalhos na parte superior do menu de comandos do Revit (Figura 120).

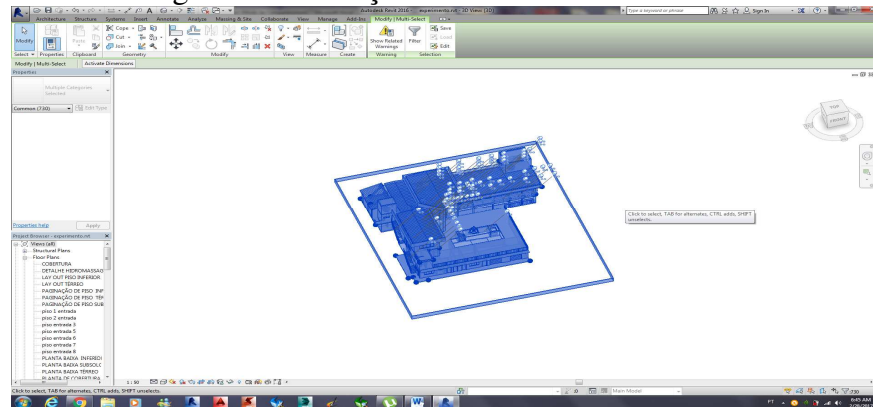
Figura 120 - Seleção de vista 3D



Fonte: Elaborado pelo autor.

Devemos então selecionar todos os elementos tridimensionais necessários para que a verificação seja possível, pois iremos copiar esta edificação para o nosso arquivo com o template de verificação criado anteriormente. Com o comando modify (modificar) selecionado, devemos selecionar todos os elementos com uma janela de seleção de maneira similar como fazemos em sites de internet ou no word. Basta clicar e segurar com o botão esquerdo do mouse e arrastar a janela de seleção até encobrir todos os elementos que desejamos selecionar. A edificação deve ficar totalmente em azul depois de selecionada como podemos ver na Figura 121.

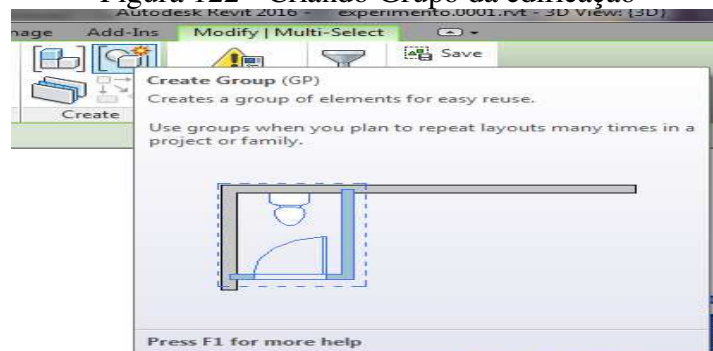
Figura 121 - Seleção de modelo tridimensional



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim que todos os elementos da edificação estiverem modelados devemos transforma-los em um grupo clicando na aba superior na parte chamada de create no ícone create group (criar grupo) de modo similar ao da Figura 122. Devemos nomear esse grupo podendo ser qualquer nome. Neste caso o denominamos de projeto1.

Figura 122 - Criando Grupo da edificação

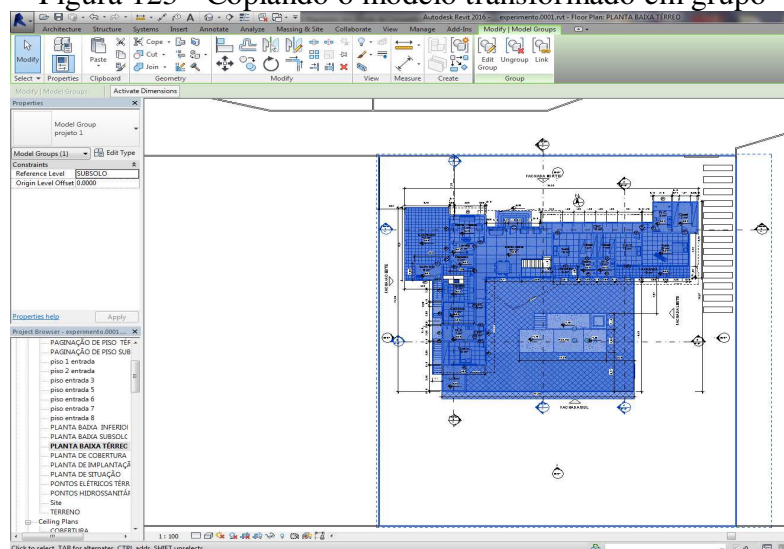


Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora podemos copiar o nosso modelo para o nosso template de verificação de normas. Se simplesmente copiássemos o arquivo agora simplesmente clicando tecla “Ctrl” em conjunto com a tecla “C” nós criaríamos um problema, pois assim que tentássemos copiar o modelo com a tecla “Ctrl” em conjunto com a tecla “V” o arquivo seria copiado levando em consideração o nível mais baixo criado no template, que nesse caso é o nível locação, gerando um problema com relação ao nível de maior importância para utilizarmos na verificação que seria o nível zero que chamamos de soleira.

Para conseguirmos copiar o modelo com seu nível zero de forma correta no nível soleira no template criado anteriormente devemos aplicar o comando Ctrl+C com o nível de referencia aberto como vista de trabalho, que deve ser planta de piso com nível zero. No projeto utilizado o nível zero corresponde ao denominado de planta baixa térreo. Com a planta de piso aberta nesse nível devemos usar o comando Ctrl+C depois de selecionarmos a edificação já transformada em grupo (Figura 123).

Figura 123 - Copiando o modelo transformado em grupo

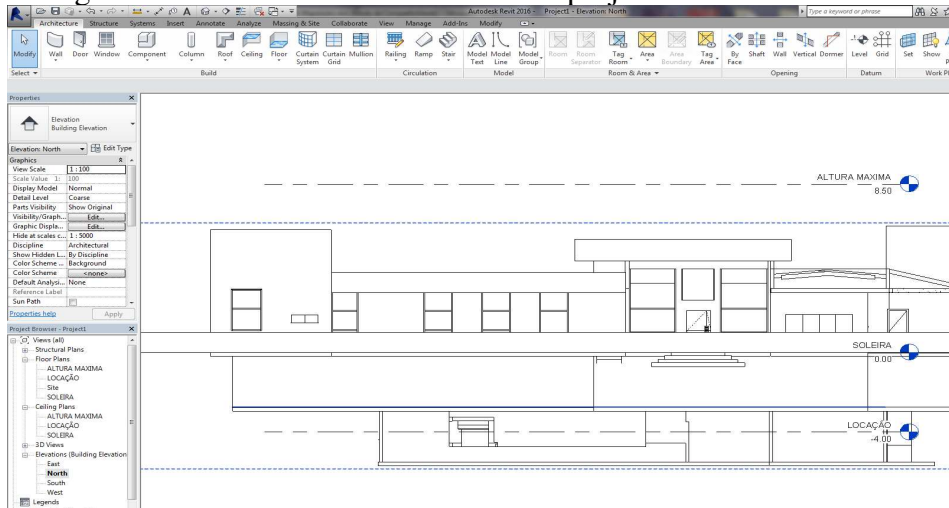


Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora basta abrir o arquivo com o template de verificação de normas na vista de planta de piso (floor plan) no nível soleira e teclar Ctrl+V, Para termos certeza que a copia do arquivo foi feita no nível correto basta abrir qualquer uma das vistas de elevação (elevations). Como podemos conferir na Figura 124 a seguir, onde abrimos a elevação denominada de

north. Assim verificamos que o nível soleira corresponde ao nível zero do projeto a ser verificado.

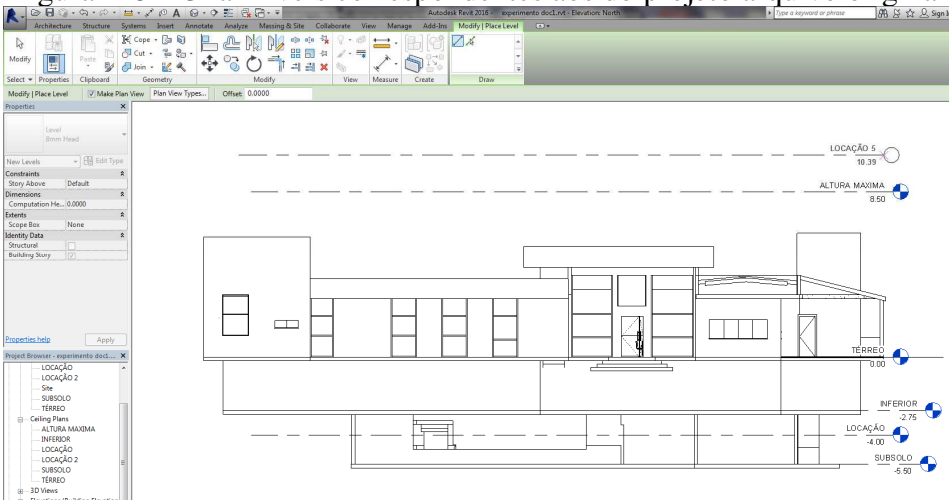
Figura 124 -Verificando o nível zero do projeto com o nível soleira



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora para facilitar nosso trabalho iremos renomear o nível soleira como o nível do projeto original, que no caso é térreo, e criaremos todos os níveis que existiam no arquivo original com suas respectivas alturas. Para criar os níveis basta selecionar a disciplina architecture (arquitetura), clicar no comando level (nível), entrar na janela de trabalho clicar e com o mouse abrir as linhas dos níveis (Figura 125).

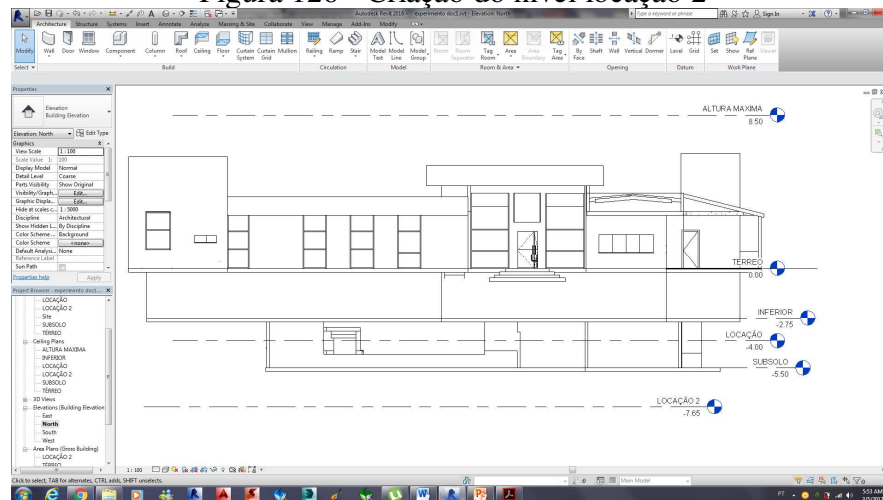
Figura 125 - Criar níveis correspondentes aos do projeto arquivo original



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro cuidado que devemos ter, é que os elementos modelados e copiados automaticamente acabam se anexando de alguma forma aos níveis existentes fazendo com que nos precisemos nos atentar ao nível mais baixo que deveria estar abaixo de toda a edificação. Se por um acaso o nível locação não for o mais baixo devemos criar mais um nível para que sirva para esse propósito. Nesse caso criaremos o nível chamado de locação 2. Para isso basta ir na aba superior na disciplina Architecture (Arquitetura) e selecionar o comando level. Lembramos que esse comando só fica utilizável se estivermos com uma elevação ou um corte como vista de trabalho ativa. Como já estávamos com uma elevação aberta apenas devemos criar o nível desejado (Figura 126).

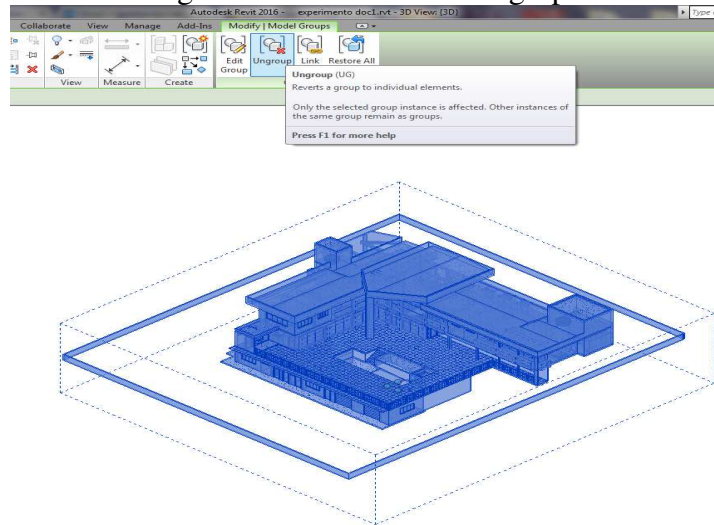
Figura 126 - Criação do nível locação 2



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora devemos desfazer o grupo criado para o modelo. Para isso devemos selecionar o modelo e clicar na opção ungroup (desagrupar) que irá aparecer na aba superior assim que você selecionar o grupo como podemos visualizar na Figura 127 a seguir.

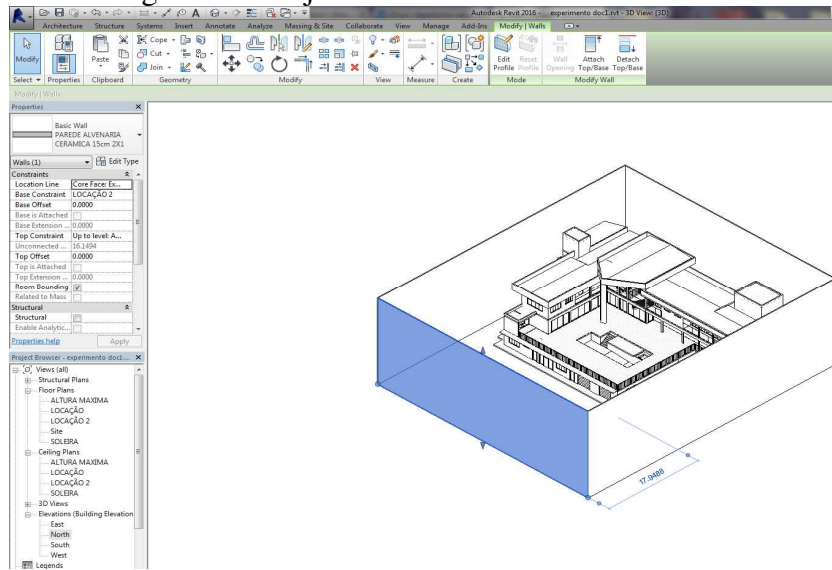
Figura 127 - Desfazendo o grupo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para iniciarmos a verificação de afastamentos devemos considerar colocar as divisas do lote com altura suficiente para que possam esbarrar em elementos em quaisquer níveis do projeto. Para isso devemos selecionar as paredes utilizadas como divisa do lote e devemos nos assegurar que sua base esteja atrelada ao nível mais baixo e seu topo atrelado ao mais alto. Só conseguiremos esse fato depois de selecionar os elementos com o mouse e modificar sua base constrain (restrições de base) e top constrains (restrições de topo) na janela de properties (propriedades) como observado na Figura 128. Devemos colocar a restrição de base atrelada ao nível mais baixo de nosso arquivo que no caso é o nível locação 2 e o nível mais alto chamado de altura máxima deve estar atrelado a restrição de topo. Ambas as restrições alteradas na janela de propriedades.

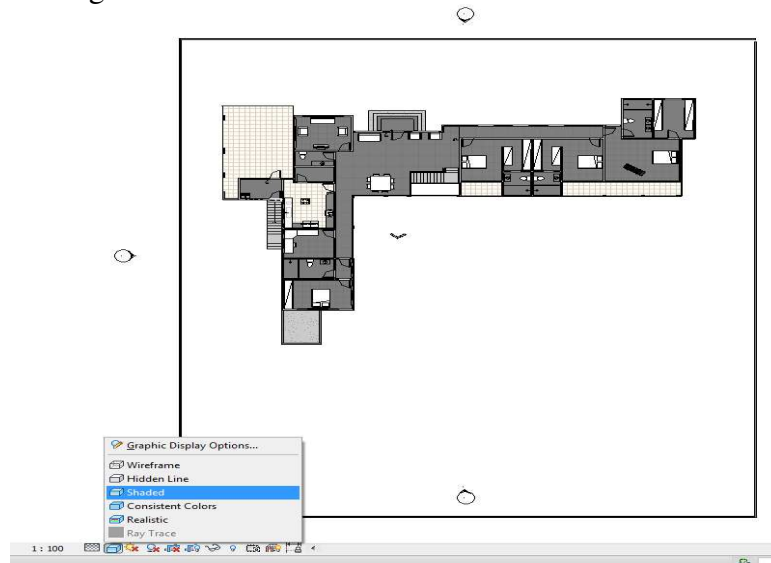
Figura 128 - Ajustando alturas de divisas do lote



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora devemos selecionar uma vista em planta baixa de um nível como o soleira para verificar os afastamentos. Devemos também deixar o estilo visual (visual style) na opção consistente colors (cores consistentes) ou shaded (sombreado). Essas opções estão disponíveis na barra de atalhos na parte inferior da janela da área de trabalho similar a Figura 129.

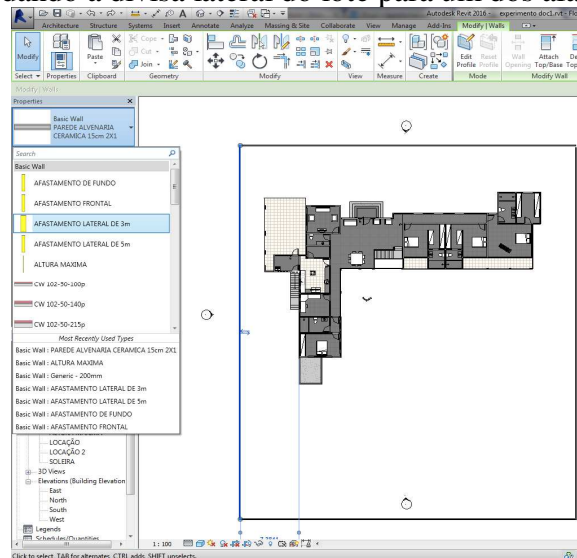
Figura 129 - Mudando o estilo visual da vista aberta



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora sim já podemos fazer as verificações. Basta selecionar a divisa do lote como, por exemplo, uma divisa lateral e depois trocar a divisa pelo afastamento lateral correspondente ao mínimo daquele lote em questão (3 ou 5m). Essa troca é feita na barra de propriedades selecionando a imagem da divisa e procurando entre as paredes salvas as com nome de afastamento lateral previamente criadas como podemos ilustrar com a Figura 130.

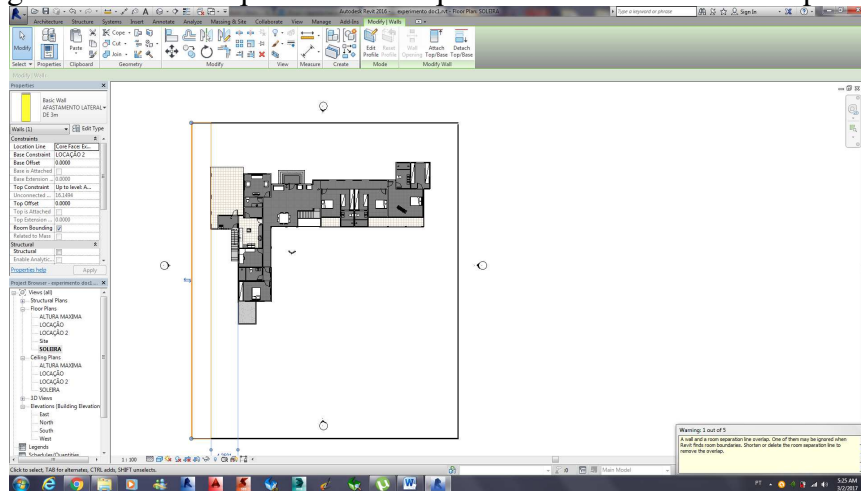
Figura 130 - Mudando a divisa lateral do lote para um dos afastamentos criados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Se o afastamento mínimo for respeitado não aparecerá nenhuma mensagem, já se o afastamento mínimo for ultrapassado aparecerá no canto inferior direito da tela uma mensagem de aviso como na Figura 131. Se não aparecer aviso devemos continuar a verificação. Já se o aviso aparecer será necessário verificar o afastamento ou modificar o posicionamento da edificação.

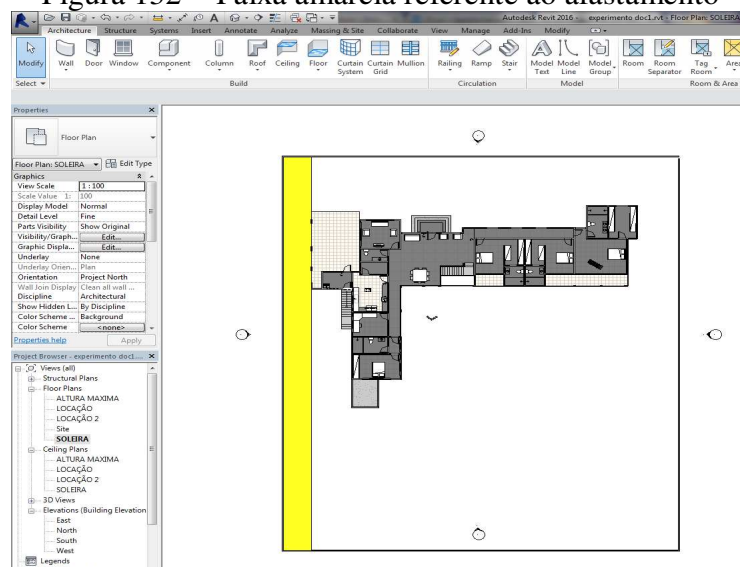
Figura 131 - Aviso que demonstra que o afastamento não foi respeitado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Devemos observar que a área correspondente a área não permitida para construções respeitando o afastamento mínimo fica evidenciado através da faixa amarela paralela a divisa do lote (Figura 132).

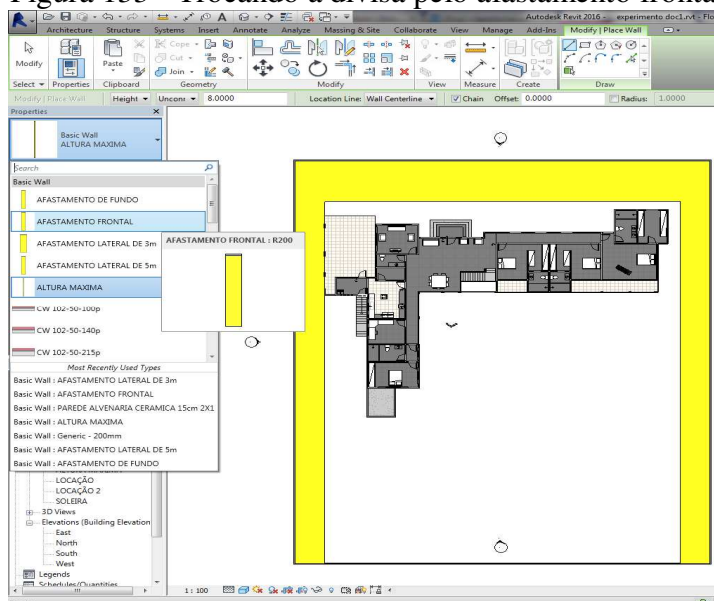
Figura 132 - Faixa amarela referente ao afastamento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Devemos prosseguir a verificação selecionando a divisa frontal da edificação e modificando a divisa pelo afastamento frontal criado na formulação do template semelhante ao que aconteceu nos afastamentos laterais (Figura 133).

Figura 133 - Trocando a divisa pelo afastamento frontal

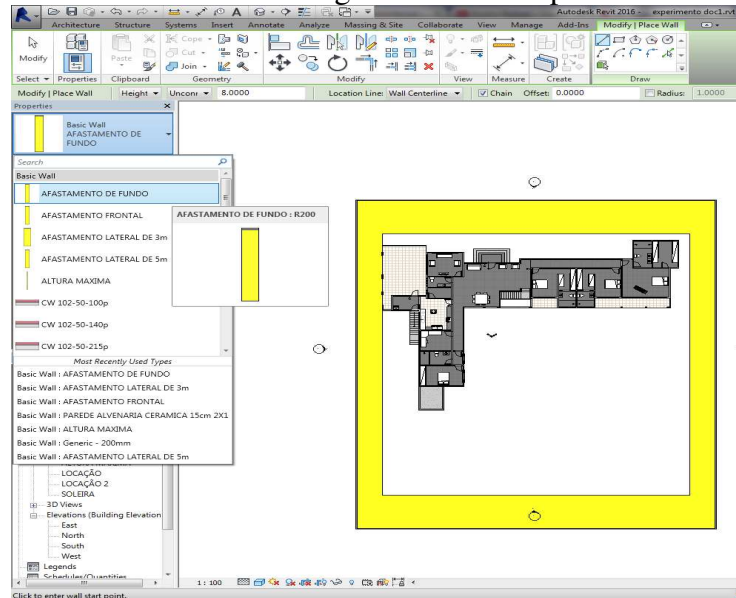


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os avisos funcionam da mesma forma que nos afastamentos laterais. Se o aviso no canto inferior direito aparecer o afastamento deve ser verificado ou a edificação deve ser relocada para não invadir a área de afastamento mínimo.

Devemos da mesma forma com que abordamos até o presente momento os afastamentos laterais e frontal, abordar o afastamento de fundo do lote. Para realizarmos este procedimento precisamos selecionar a divisa de fundo do lote e como aconteceu nos afastamentos anteriores devemos trocar na janela de propriedades a divisa do lote pelo afastamento de fundo de 5m. Devemos visualizar ainda, que assim como os afastamentos anteriormente explicados a área onde não poderíamos construir pela obrigatoriedade de afastamento mínimo obrigatório fica representado por uma faixa contínua amarela (Figura 134).

Figura 134: Selecionando a divisa original e trocando pelo afastamento de fundo.

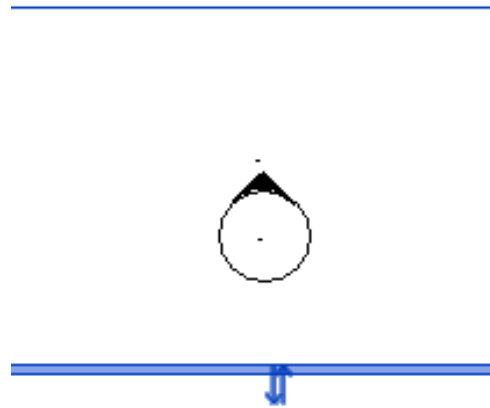


Fonte: Elaborado pelo autor.

Devemos nos atentar ao fato que se a edificação estiver invadindo a área de afastamento o aviso no canto inferior direito vai aparecer. Nesse caso seria necessário que alterássemos a localização da edificação e/ou verificar se o afastamento mínimo para o fundo está correto.

Conseguimos deixar bem claro depois que alteramos os quatro afastamentos a área correta onde poderíamos colocar as a(s) edificações do projeto, representado pela área em branco no centro das faixas amarelas. Um cuidado que devemos tomar quando tivermos modificando as divisas originais pelas divisas para verificar os afastamentos é ver para que lado a parede está virada. Se para o lado exterior ou interior do lote. Se a faixa de afastamento aparecer para fora do lote, basta virarmos a parede clicando nas duas setas azuis que aparecem sempre que selecionamos uma parede como podemos visualizar na Figura 135.

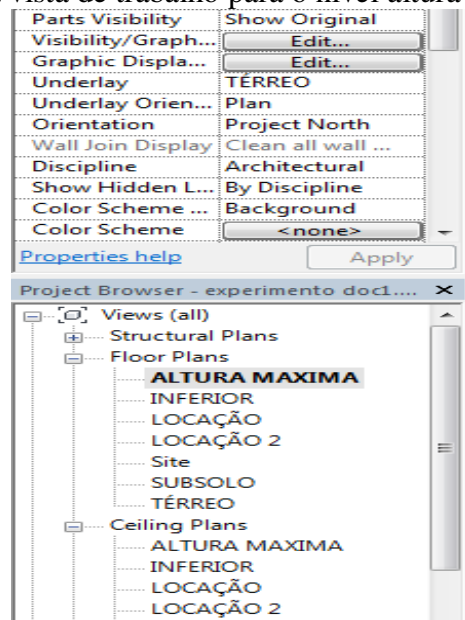
Figura 135 - Símbolo de duas setas usado para mudar o lado das paredes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Partiremos agora para a verificação da altura máxima da edificação. Para iniciarmos esta análise devemos inicialmente mudar a nossa vista de trabalho para a planta de piso (floor plan) no nível que denominamos de altura máxima (Figura 136).

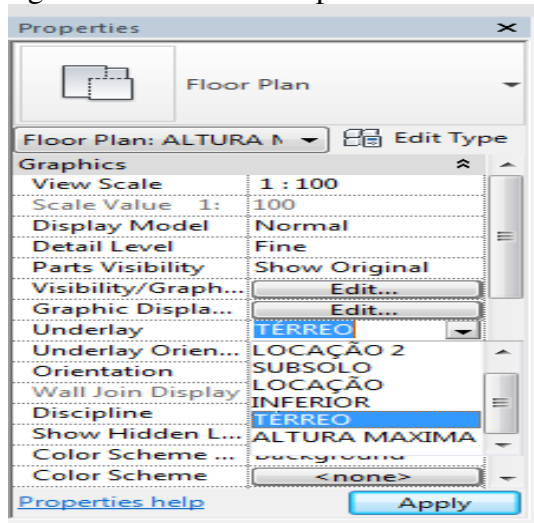
Figura 136 - Mudar a vista de trabalho para o nível altura máxima na planta de piso



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a vista de trabalho já aberta no nível altura máxima devemos selecionar inicialmente verificar se temos a vista da edificação em tons de cinza claro. Se essa vista não aparecer precisamos clicar na área de trabalho para que verifiquemos se existe algum outro nível na janela de propriedade no parâmetro underlay (subjacente). Esse parâmetro funciona de forma similar ao que acontece quando estamos desenhando pranchas manualmente. Por exemplo, quando queremos desenhar a planta de cobertura colocamos a planta baixa na prancheta e cobrimos com outra folha de papel para utilizarmos a prancha existente como guia e orientação para realizar a planta de cobertura. No caso do underlay, escolhemos uma vista existente para servir como guia para podermos criar algo no novo nível. O parâmetro underlay está exemplificado na Figura 137.

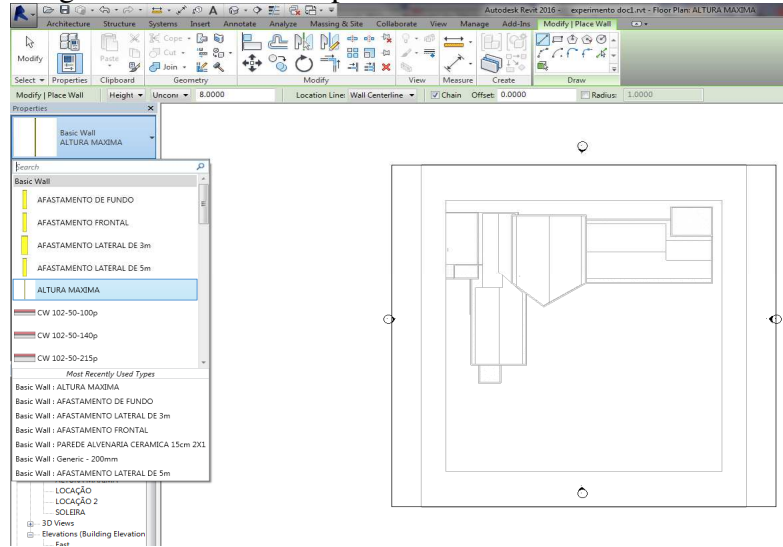
Figura 137 - Verificar o parâmetro underlay



Fonte: Elaborado pelo autor.

Iremos utilizar o underlay para que saibamos onde está a edificação dentro da área de trabalho nesse nível mais alto chamado de altura máxima. Assim que colocarmos um nível como underlay devemos selecionar o comando wall (parede) na disciplina architecture (arquitetura) e selecionamos a parede que criamos anteriormente com o nome de altura máxima. Devemos então, criar essa parede para que ela passe acima de todas as edificações do projeto como exemplificado na Figura 138 a seguir.

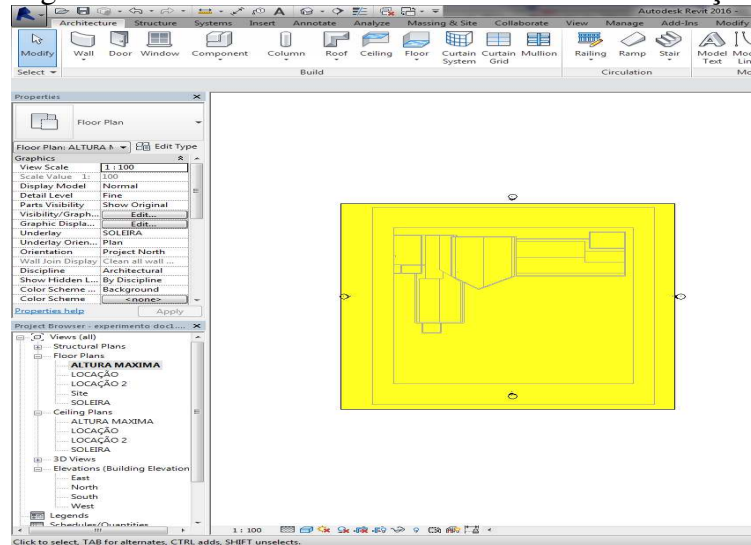
Figura 138 - Colocar a parede chamada de altura máxima



Fonte: Elaborado pelo autor.

Depois que criarmos a parede se aparecer um aviso no canto inferior direito da janela de trabalhos é por que o projeto ultrapassou a altura máxima da edificação e deve ser modificado a sua altura. As únicas coisas que podem ultrapassar a altura máxima são caixas d'água e casa de máquinas. Se for esse o caso devemos ignorar o aviso. Se não aparecer aviso significa que a edificação está dentro do parâmetro legal de altura máxima para o Parkway (Figura 139).

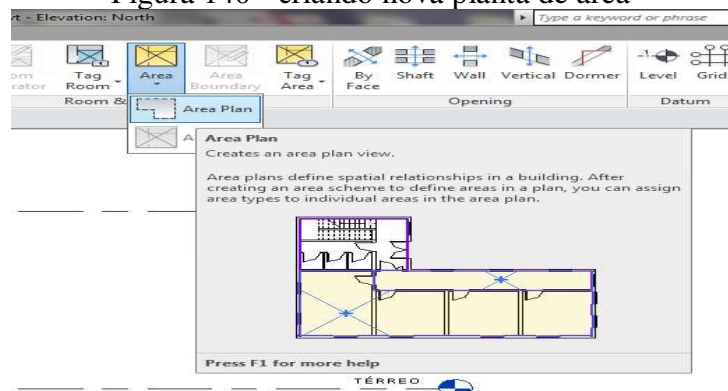
Figura 139 - Parede altura máxima em cima da edificação



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir deste ponto começaremos a verificar a taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento. Para isso iremos criar uma planta de área no nível mais baixo, que neste caso é o locação 2, onde iremos delimitar o lote do projeto. Para atender a essa necessidade, precisamos selecionar o comando area plan (planta de área) na disciplina architecture (arquitetura) como representado na Figura 140 a seguir.

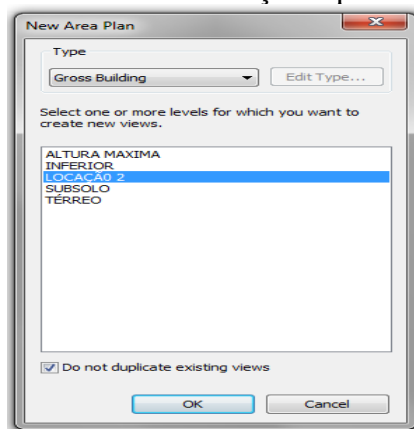
Figura 140 - criando nova planta de área



Fonte: Elaborado pelo autor.

Devemos selecionar o tipo de plano de gross building (área construída) e marcar o nível locação 2 e em seguida devemos clicar no botão ok (Figura 141). Poderíamos marcar aqui de uma só vez todos os níveis que necessitamos utilizar para fazer a taxa de ocupação. Contudo, para um melhor entendimento de como seguir etapa por etapa achamos melhor fazer a criação das plantas de área de forma individual.

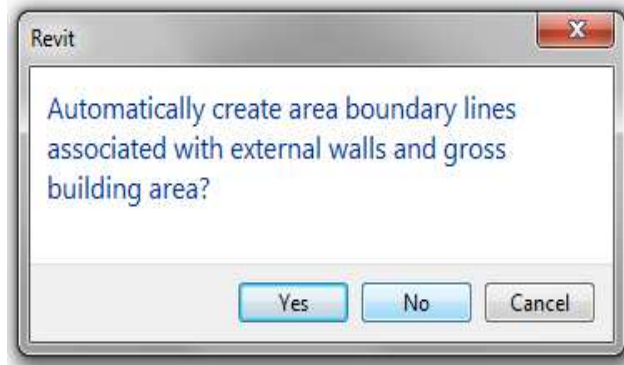
Figura 141- Selecionando o nível locação 2 para criar a planta de área



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando o aviso igual ao da Figura 142 aparecer devemos sempre responder no (não), pois iremos criar manualmente as áreas do lote que o Revit não consegue exibir de uma forma direta.

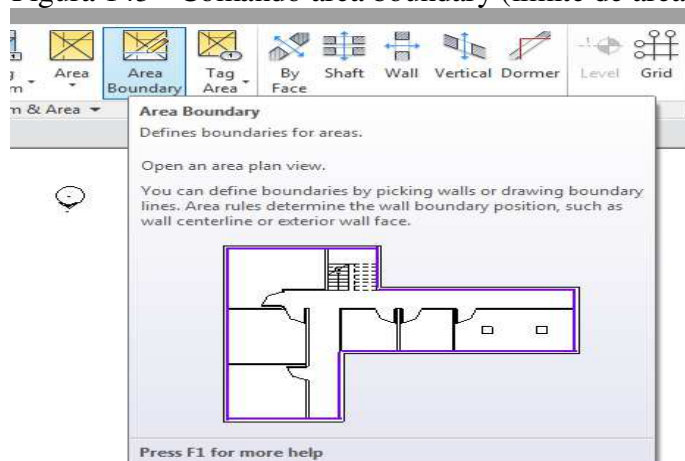
Figura 142 - Responder não a criação de linhas de limite de forma automáticas



Fonte: Elaborado pelo autor.

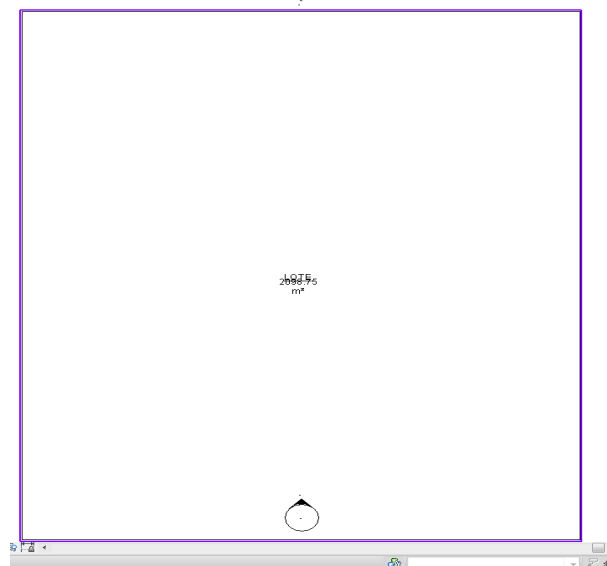
Agora é hora de criarmos o limite de área para delimitar o lote do projeto. Com a vista aberta no nível locação 2 em plantas de área devemos criar um limite de área utilizando o comando area boundary como na Figura 143. Criaremos esta área do lote desenhando uma figura geométrica fechada que ocupe todo o lote do projeto. Depois basta clicar no comando area e movimentar o mouse para dentro do limite de área criado e dar um clique. Devemos apenas dar um nome para essa area clicando no nome e o substituindo por lote (Figura 144).

Figura 143 - Comando area boundary (limite de área)



Fonte: Elaborado pelo autor.

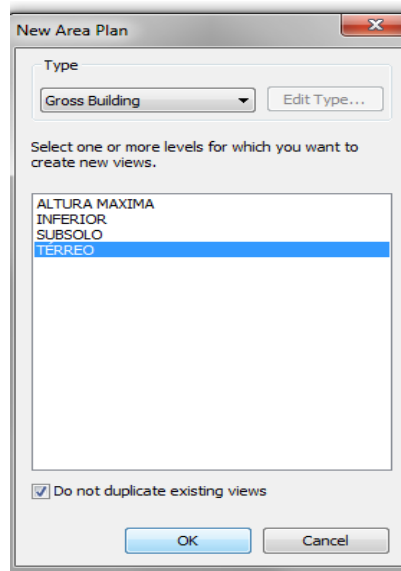
Figura 144 - Criando a área chamada lote



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora precisamos criar mais um limite de área utilizando o comando area boundary, onde demarcaremos a projeção total da edificação. Podemos usar qualquer lote que facilite nossa visualização. Neste caso específico escolhemos o nível térreo como demonstramos com a Figura 145.

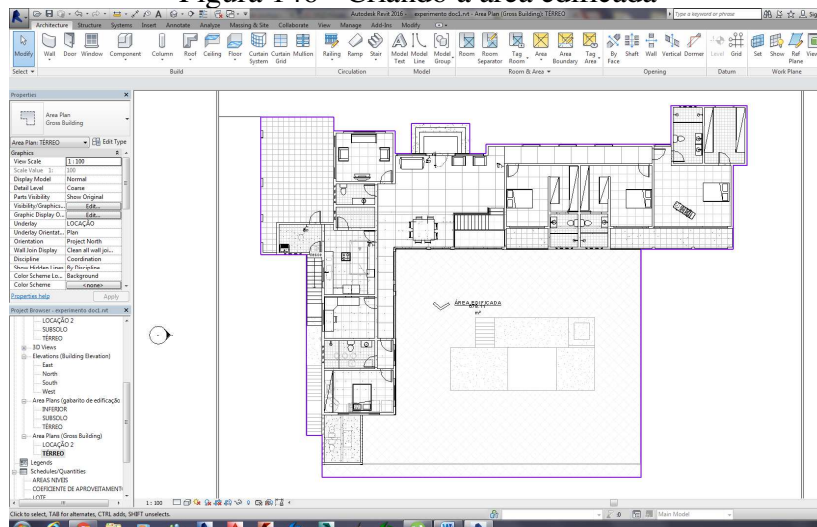
Figura 145 - Criando limite de área no térreo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste ponto, devemos criar um limite de área com o comando área boundary que corresponda a projeção total da edificação no lote, utilizando se for preciso o underlay com algum outro nível ativo para facilitar a visualização. Sempre desenhando uma figura geométrica fechada. Em seguida, é necessário utilizar o comando área ao lado do comando área boundary e clicar dentro da figura que desenhamos. A partir daí, só é necessário alterar o nome dessa área para área edificada como fizemos na Figura 146.

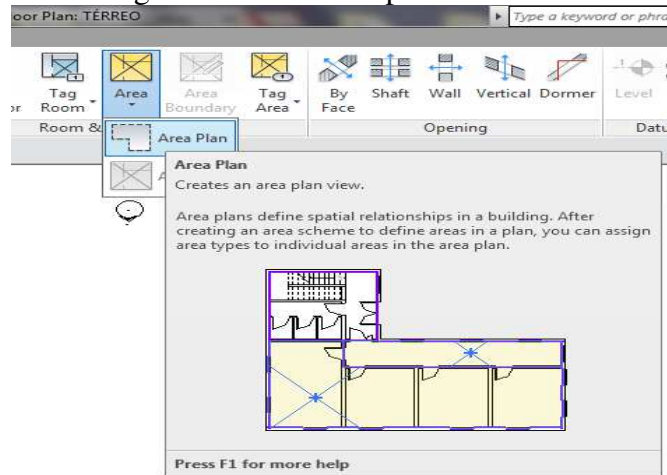
Figura 146 - Criando a área edificada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para as áreas de gabaritos devemos criar limites de área para cada um dos níveis de projeto onde existam andares utilizáveis para serem computados como área construída. Como já tínhamos criado no template o plano de áreas de gabarito para o nível térreo, devemos criar a planta de áreas para os demais níveis. No caso do projeto utilizado como exemplo são os níveis inferior e subsolo. Primeiro selecionamos o comando area plan depois de clicarmos na setinha abaixo do comando área (Figura 147)

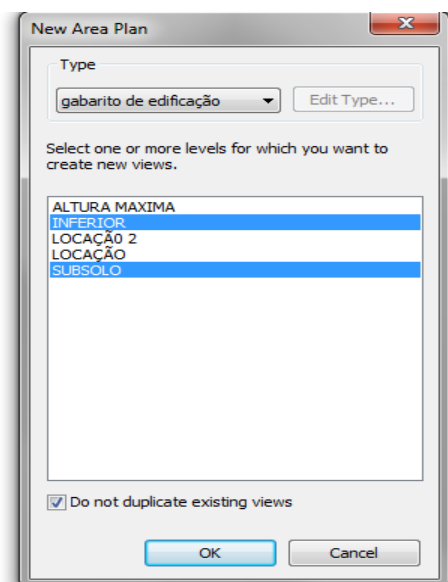
Figura 147 - Criando plantas de área



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora devemos criar no tipo de planta de área com a opção gabarito de edificação ao invés de gross building e devemos criar os níveis do projeto que faltam em relação ao projeto original (subsolo e inferior) como na Figura 148. Depois, podemos clicar ok que todos os níveis irão ser criados dentro do Project browser (navegador de projeto).

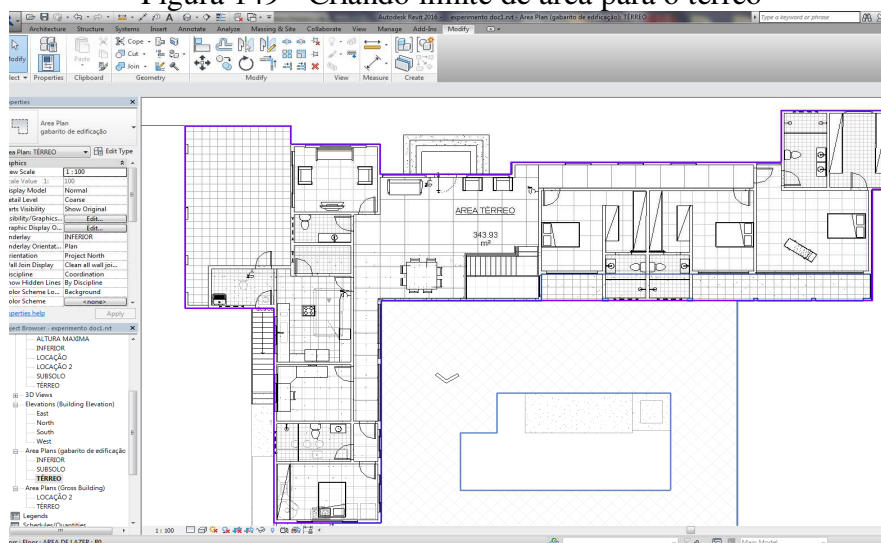
Figura 148 - Criando plantas de área dos níveis inferior e subsolo



Fonte: Elaborado pelo autor.

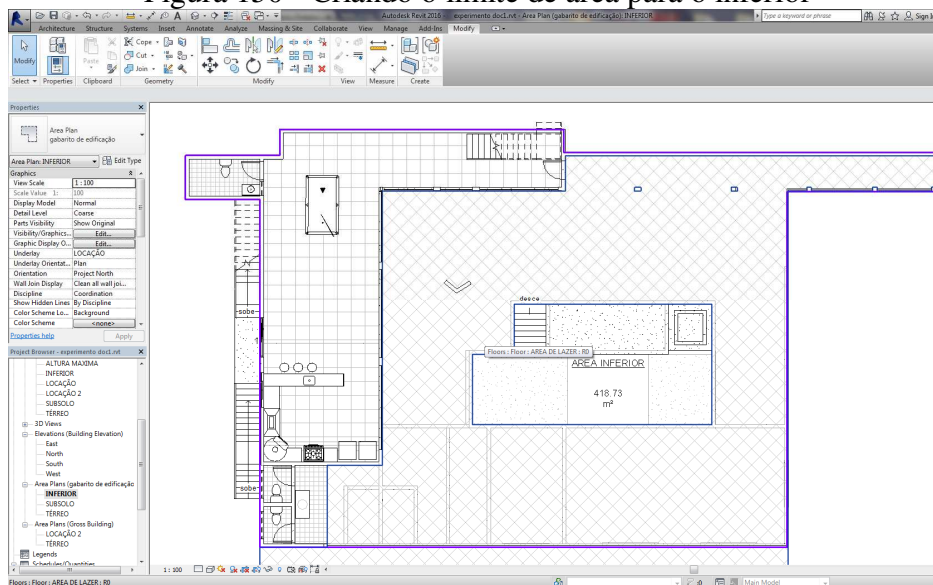
Para cada um dos níveis criados no area plans (gabarito de edificações) no Project browser devemos criar um limite de área (área boundary) para calcular as áreas de cada nível. Faremos isso no térreo, inferior e subsolo. Sempre devemos nos atentar para toda vez que criarmos um limite de área se faz necessário em seguida usar o comando área para ser gerado o calculo da figura geométrica desenhada e devemos renomear essa área como nas Figuras 149, 150 e 151 a seguir.

Figura 149 - Criando limite de área para o térreo



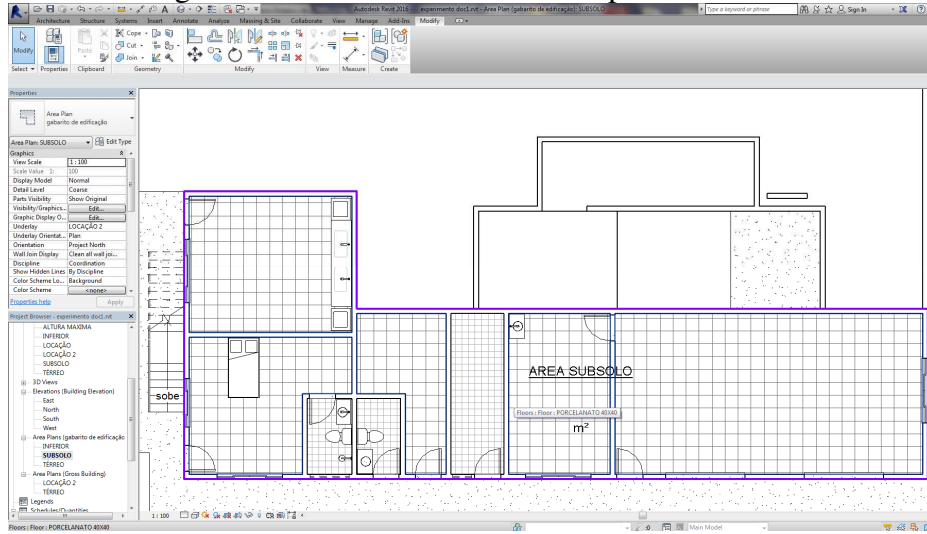
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 150 - Criando o limite de área para o inferior



Fonte: Elaborado pelo autor.

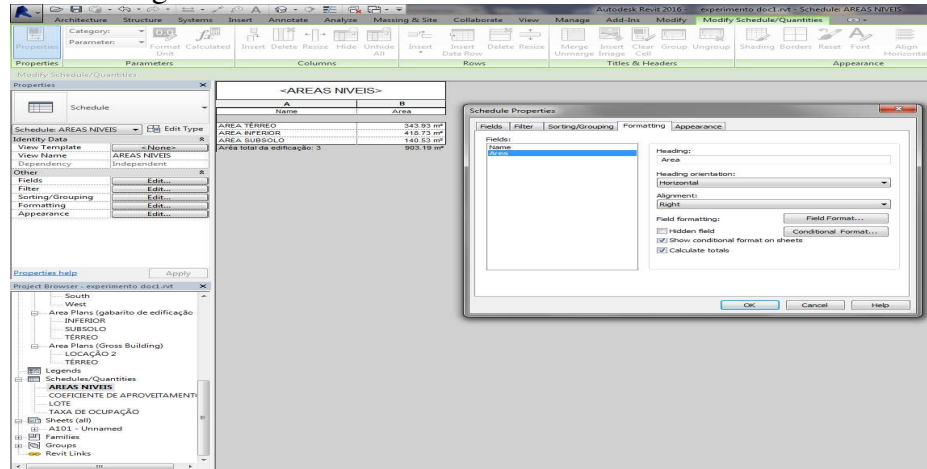
Figura 151- Criando limite de área para o subsolo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora vamos nos focar nas tabelas de quantitativos para poder visualizar a taxa de ocupação e o coeficiente de aproveitamento sendo calculados. Devemos clicar no Project browser (navegador de projetos) na parte schedules/quantities (tabelas/quantitativos) na tabela denominada de áreas níveis. Assim que selecionarmos a tabela, devemos alterar modificar a tabela para que possamos ter o somatório do cálculo das áreas de todos os pavimentos. Para isso, clicamos no botão formatting (formatação) na janela de propriedades, selecionamos o campo área e marcamos a opção calculate totals (calcular totais) de forma similar a Figura 152.

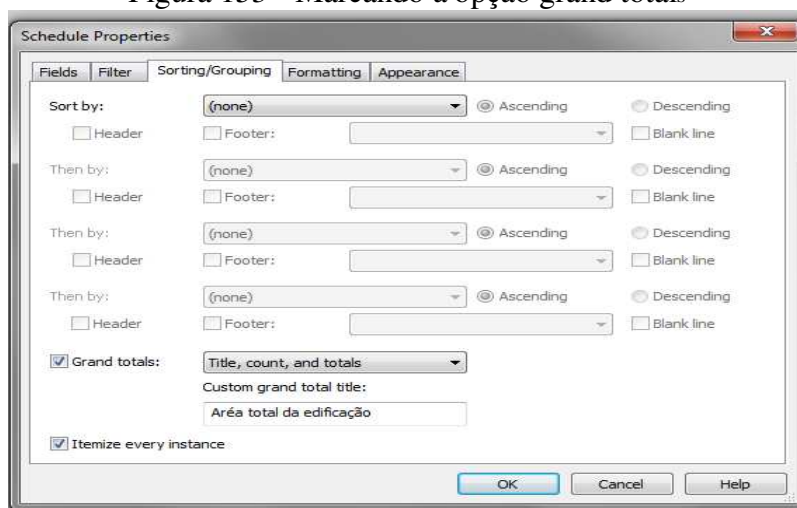
Figura 152 - Selecionando o cálculo de totais de áreas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda na mesma janela, devemos clicar na aba sorting/grouping (classificar/agrupar), onde devemos marcar a opção grand totals e vamos escrever no espaço abaixo o texto área total construída como representado na figura 153. Depois disto basta clicar no botão OK.

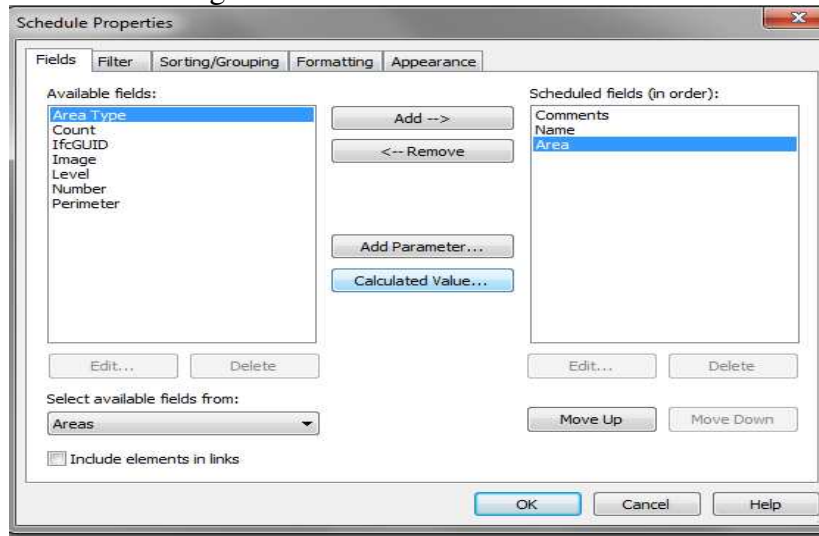
Figura 153 - Marcando a opção grand totals



Fonte: Elaborado pelo autor.

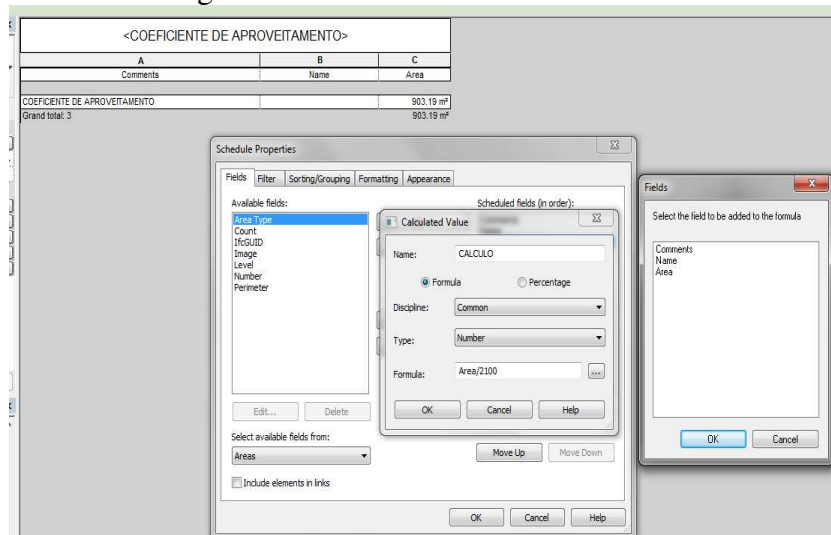
Neste ponto iremos selecionar a tabela denominada coeficiente de aproveitamento e escrever na coluna coments (comentários) coeficiente de aproveitamento. Em seguida, devemos criar um valor calculado para esta tabela que vai servir para fazer o calculo do coeficiente. Basta clicáramos na opção fields (campos) na janela de propriedades. Agora devemos selecionar o campo area e em seguida clicar no botão caculated value (valor calculado) exatamente como podemos visualizar na Figura 154 a seguir. Na janela que se abre em seguida, devemos colocar o nome desse campo de calculo e clicar no botão representado com 3 pontos, onde será necessário escolher o campos área. Agora que no local formula já apareceu o nome area, devemos acrescentar “/2100” onde “/”representa divisão e o valor 2100 corresponde a metragem do lote do projeto como exemplificado na Figura 155. Em seguida devemos clicar OK.

Figura 154 - Criando valor calculado



Fonte: Elaborado pelo autor.

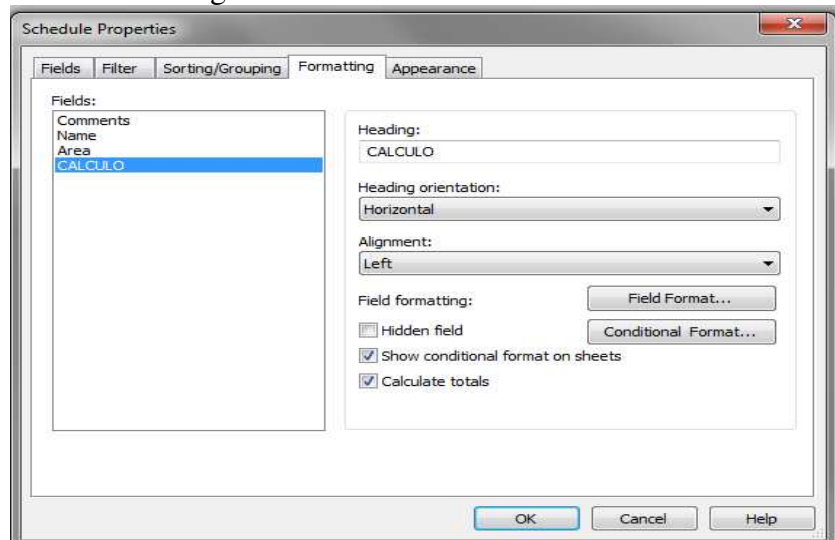
Figura 155 - Atribuindo valor calculado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora na opção formatting (formatação), devemos selecionar a opção cálculo e marcar a calculate totals (calcular totais). Por fim, devemos apertar OK similar a representação da Figura 156.

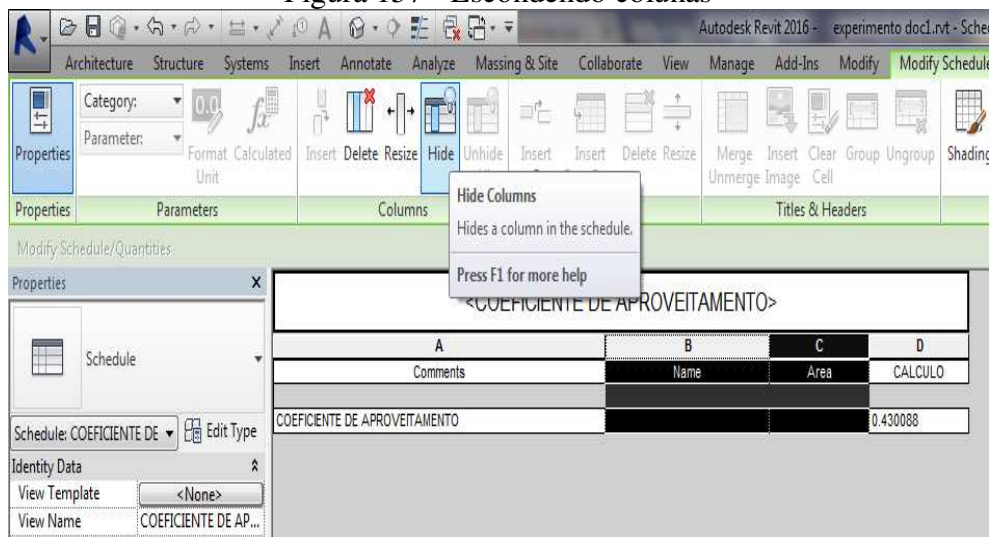
Figura 156 - Marcando calcular totais



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda é necessário esconder as colunas da tabela que não utilizaremos. Basta selecionar de forma semelhante a Figura 157 as letras b e a da tabela e clicar na opção hide(esconder) dentre as opções de columns (colunas).

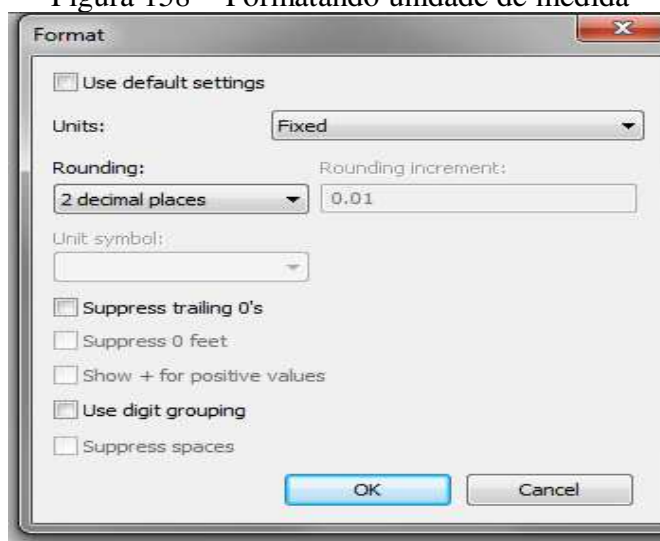
Figura 157 - Escondendo colunas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora iremos formatar a unidade utilizada na coluna calculo selecionando o valor que aparece nessa coluna e em seguida devemos selecionar a opção format unit (formatar unidade). Em seguida, devemos desmarcar a opção “use default settings”(usar definições padrão), em unidades devemos deixar fixed (fixa) e em rounding devemos selecionar 2 decimal places (2 casas decimais) exatamente como na Figura 158.

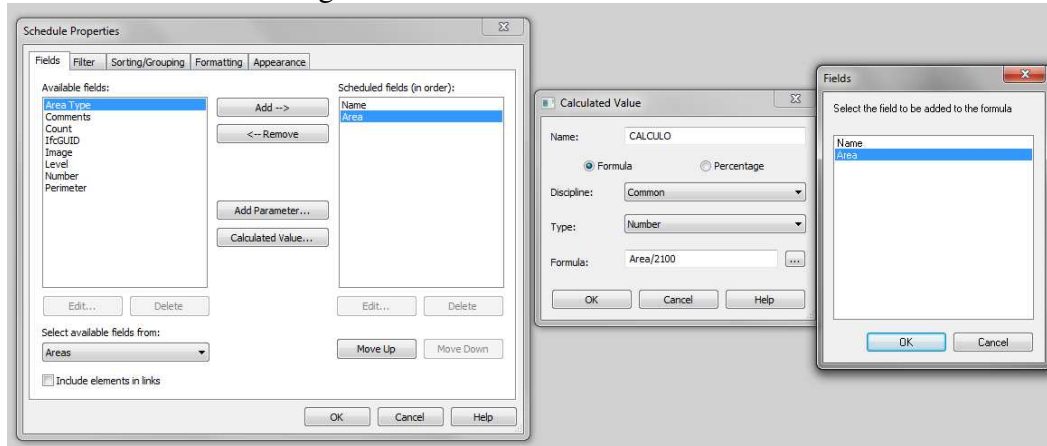
Figura 158 - Formatando unidade de medida



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por ultimo, iremos modificar a tabela chamada de taxa de ocupação. Com a tabela já selecionada no Project browser (navegador de projeto) devemos clicar na opção fields (campos) na janela properties (propriedades). Devemos criar um valor calculado de forma semelhante ao que fizemos no coeficiente de aproveitamento. Iremos selecionar o campos area, clicar em calculated value (valor calculado), nomear esse valor de calculo e na formula selecionaremos area e complementamos com $\text{'}/2100\text{'}$ (Figura 159).

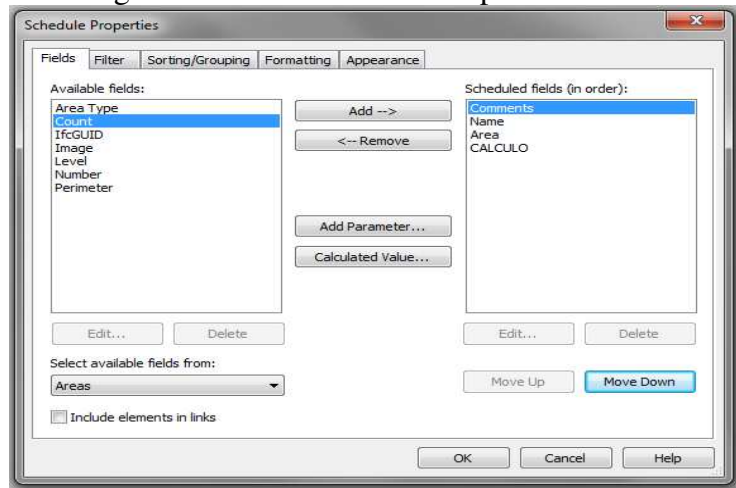
Figura 159 - Criando valor calculado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Necessitamos adicionar o campo comments (comentários) clicando no botão add depois de selecionar comments. Em seguida, devemos direcioná-lo para ser o primeiro item da tabela clicando no botão move up (subir) como representado na Figura 160.

Figura 160 - Adicionando campo comentário

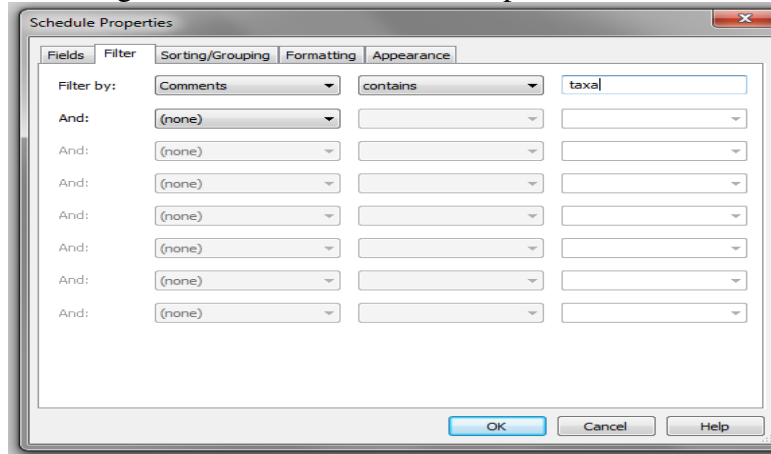


Fonte: Elaborado pelo autor.

No local do comentário na linha de área edificada devemos escrever taxa de ocupação e vamos criar um filtro que pelo nome taxa. Para isso, devemos selecionar a opção filter (filtro) na janela de comentários. Devemos colocar o filtro por comments (comentários),

colocar a opção contains (contém) e devemos escrever taxa onde requer preenchimento como na Figura 161.

Figura 161 - Adicionando filtro por comentário



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora devemos formatar a unidade de medida, pois taxa de ocupação é uma porcentagem. Para isso basta selecionar o valor na tabela e clicar na opção format units (formatar unidades). Na janela de formatação, devemos desmarcar a opção default settings (configurações padrão), em unidades colocar percentage (porcentagem), deixar 2 decimal places (2 casas decimais) em rounding e colocar o símbolo de porcentagem em units symbol (símbolo de unidade) como na Figura 162 a seguir.

Figura 162 - Configurando unidade por porcentagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.8 Experimento 2 - Uso do Dynamo

O software Dynamo foi originalmente criado como plug-in para o Revit com o intuito de integrar o software BIM com facilidade de uma linguagem de programação visual. Essa programação visual com código aberto (open source), que permite a programação de qualquer pessoa, desenvolvido para se comunicar direto com a API (Application Programming Interface) do Revit, inicialmente para dar suporte a criação automatizada de geometrias complexas e independentes. Eventualmente o Dynamo foi anexado ao software sem necessidade de ser adicionado posteriormente.

Esse software dá suporte e facilita a programação de interação de forma fácil e direta entre o usuário, o banco de dados do Revit, podendo acessar todo e qualquer elemento de projeto e sua interface de comunicação. É bom ressaltar que esse sistema utiliza uma linguagem de programação visual aberta, orientada a objetos do sistema, que foi desenvolvida para se comunicar com a API do Revit, como para trabalhar de forma independente para criar geometrias complexas. (SGAMBELLURI, 2015).

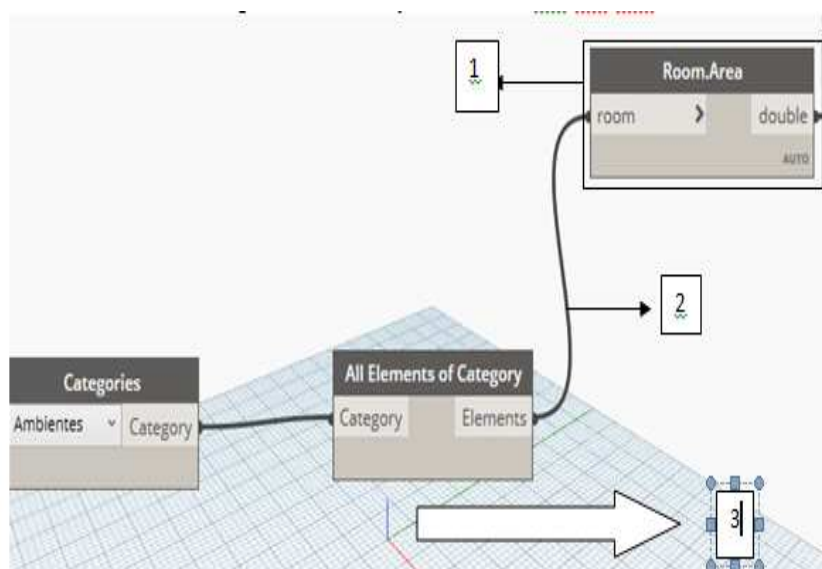
Esse tipo de programação visual também é chamado de linguagem diagramática, onde seu diferencial principal para o usuário é a facilidade de comunicação com a máquina, não necessitando ter conhecimento de programação por linha de código. Segundo CELANI; VAZ (2011, p.189). As linguagens de programação visual permitem a criação e manipulação de componentes gráficos por parte do usuário, sem que se tenha realmente conhecimento sobre programação de computadores de forma convencional. Uma das grandes vantagens de se utilizar esse tipo de programador é que ele é Inter operável entre vários softwares e sistemas como todas as variações do Revit e praticamente toda a Suite da Autodesk, NavisWorks, Rhinoceros, Excell, etc. Podendo, inclusive ser exportado em IFC para ser utilizados em outras plataformas que trabalham com metodologia BIM.

O Dynamo serve de extensão para as funcionalidades do Revit e tem como função primaria trabalhar com geometrias e formas livres. A programação é feita através de “nós”, que são blocos que possuem funções pré definidas, que permitem ligação entre si de forma visual facilitando o processo para o usuário (ARAÚJO et al., 2019).

O Dynamo cria uma relação entre tarefas a serem executadas e suas sequencias de forma correta de forma visual pelo projetista por meio de nós e fios conectados e todo o

processo é transcrito em linguagem de código de programação (box-and-wire) como pode ser visto na imagem 164 a seguir.

Figura 164 - Ilustração do sistema box-and-wire



Fonte: Elaborado pelo autor.

No sistema de nós e fios, os nós representam 1-objetos ou funções, os fios 2 representam as conexões entre nós para formar um conjunto de instruções sobre como processar dados e/ou construir uma geometria. E por fim, o numero 3 onde representa a ordem determinará a ordem dessas operações. As informações sobre os dados fluem entre os nós e são executados da esquerda para a direita.

Para a Autodesk o Dynamo é descrito como um plug-in que modela de forma paramétrica e com manipulação de dados, podendo explorar varias possibilidades e alternativas de formas para o projeto, podendo trabalhar com o Revit ou de forma independente com a possibilidade de criar rotinas de projeto para automatizar processos que seriam repetitivos na modelagem dos elementos do projeto (AUTODESK, 2022).

Segundo Sabrina Santos (2015) a elaboração de modelos dinâmicos e responsivos se mostrou muito mais demorada e difícil do que deveria, mesmo utilizando o Revit. O Dynamo é um programa de programação visual que surgiu como resposta para automatizar

esses processos. O projeto computacional é uma tendência crescente, baseada na ideia de que qualquer problema de projeto pode ser descrito como um modelo abstrato com diretrizes claras e lógicas, que pode então ser resolvido por meio de computação. Este processo está ganhando popularidade especialmente entre arquitetos e engenheiros que desejam explorar uma infinidade de alternativas e iterações para descobrir rapidamente as melhores soluções para suas necessidades.

A utilização de programação visual em um software de modelagem não é exclusividade nem iniciativa do Revit. Esse tipo de criação de programação de fluxogramas visuais já vem sendo explorado por profissionais em softwares como o Bentley e o Rhinoceros em conjunto com o Grasshopper.

Segundo Andrade (2012) a programação de algoritmos com a API do Revit podem gerar variados tipos de customizações utilizadas a partir das necessidades de cada usuário como, por exemplo: Gerenciar dados do modelo; Analisar as informações do modelo; Explorar modelos paramétricos; Automatizar processos; etc.

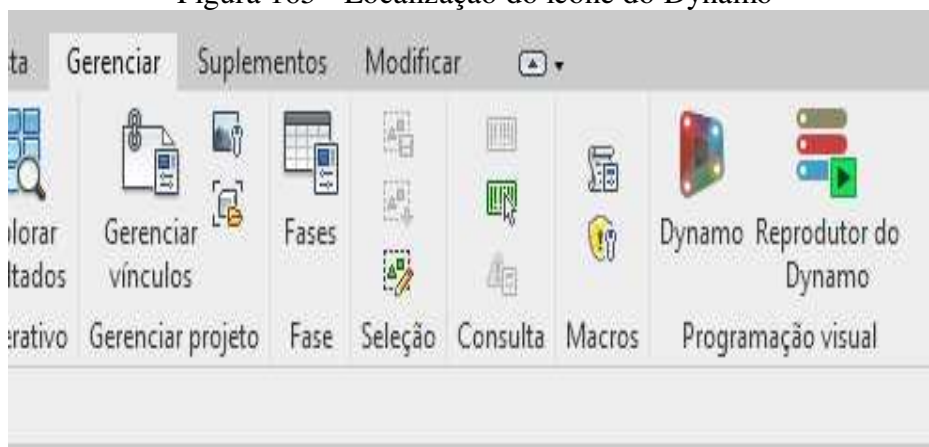
Utilizaremos essa ferramenta para automatizar o processo de verificação de normas dentro de Revit, com o intuito de verificar se a proposta inicial de Eastman quando criou o Building Description System se prova factível, e se sua verificação pode ser facilitada com automação através da programação visual.

Pretende-se com a automação que será criada através do algoritmo no Dynamo como o início de uma estruturação para de um futuro aplicativo. Podemos admitir que esse sistema ainda não esteja perfeito, funcionando como um tipo de sistema Beta para testes, admitindo-se assim que a interface possa ainda estar incompleta ou funcionando com problemas, em partes, mas servindo para testar as verificações de normas propostas.

Apresentaremos neste capítulo a transcrição dos nós e suas ligações para a criação dos algoritmos, sua sequência de programação e execução em teste em seu passo a passo.

Como pode ser observado na Figura 165 a seguir o Dynamo está inserido como complemento do Revit, na aba Gerenciar não estando mais na aba de adds-in. Mesmo sendo originalmente um plug-in que necessitava ser instalado de forma separada.

Figura 165 - Localização do ícone do Dynamo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para utilizar o Dynamo os projetistas não necessitam de conhecimento de programação e suas linguagens de programação. A única necessidade é a o entendimento da lógica e dos passo a passo para a criação de um comando de forma logica e sequencial para poder gerar o algoritmo de automação do processo. A criação do fluxograma do algoritmo deve ser realizada através de uso de ferramentas e comandos que por si só já são tarefas específicas na forma de nós, que devem ser unidos através de linhas. Estes nós já são existentes no sistema, mas como qualquer software de código aberto ele pode ser alterado e customizado segundo as necessidades do usuário.

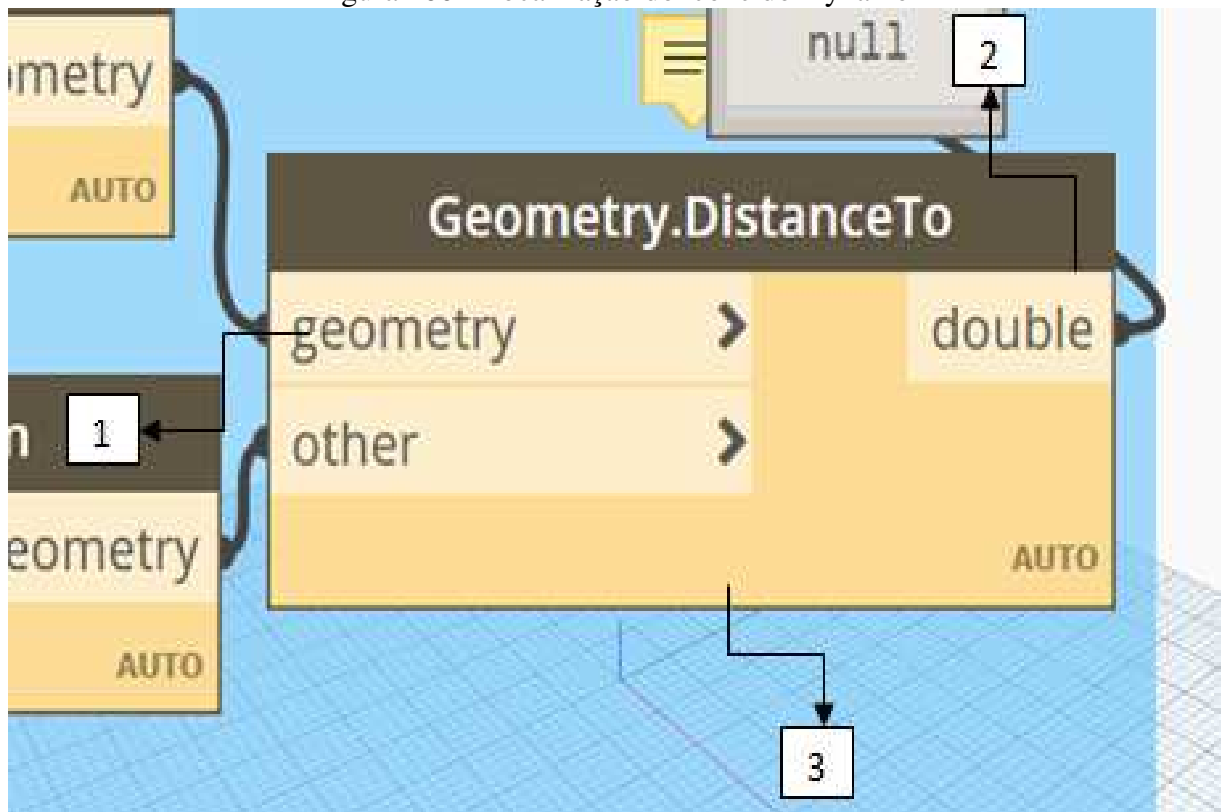
Outra vantagem do Dynamo trabalhar com código aberto ele pode ser alterado por qualquer usuário com conhecimento de programação, fazendo que um programador crie nós segundo suas necessidades, fazendo com que muitas pessoas passem a utilizar o sistema, pois pode ser ajustado segundo as necessidades de cada um, podendo alterar, ajustar ou criar nós novos para o sistema.

Cada nó funciona como um elemento singular com uma funcionalidade específica de uma lista de comandos que podem ser realizados no sistema. Uma das formas de definir esse nó do Revit é como um elemento de conexão, redistribuição ou terminal, com sua estrutura própria, contando com características próprias, com vários campos de parâmetros, que pelo menos um funcionara como referencia do nó.

Em conjunto com os nós de funções ele deve conter a inclusão de dados como uma espécie de nó separado e o elemento de interligação e/ou saída de dados como

demonstrado na Figura 166 abaixo. O numero 1 representa a porta de entrada do nó, que representa o valor e o tipo de dados que ela aceita. O numero 2 é a porta de saída dos dados pelo nó. E por fim, o numero 3 representa os detalhes específicos dos dados de saída sobre o nó.

Figura 166 - Localização do ícone do Dynamo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Vale ressaltar que os nós que o Dynamo utiliza em sua interface gráfica são formas mais simples de visualizar os códigos de linguagem de programação com um sistema gráfico mais fácil de ser entendido pelo usuário. Isso quer dizer que o usuário padrão apenas visualiza os nós, mas esses gráficos na verdade são o espelhamento dos códigos de linguagem de programação. Facilitando seu uso para pessoas que não tem o costume de programar.

No Dynamo, o fluxo de dados em um fluxograma gráfico é constituído por um conjunto de nós que processam os dados e interconexões entre eles. Todos os nós podem ser adicionados ao fluxograma a partir de uma serie de menus que são arrastados para o ambiente de trabalho. Cada nó pode representar funções, parâmetros ou mesmo geometrias, conectados

com linhas. Permitindo assim, que algoritmos complexos possam ser implementados combinando nós (FERREIRA e LEITAO, 2015, p. 638).

O Dynamo, como a maioria dos softwares da Autodesk foi concebido na linguagem Python, permitindo interoperabilidade entre vários sistemas gráficos da Autodesk e de outras desenvolvedoras. Podendo customizar as ferramentas do próprio sistema ou criar ferramentas externas que converse com sua API.

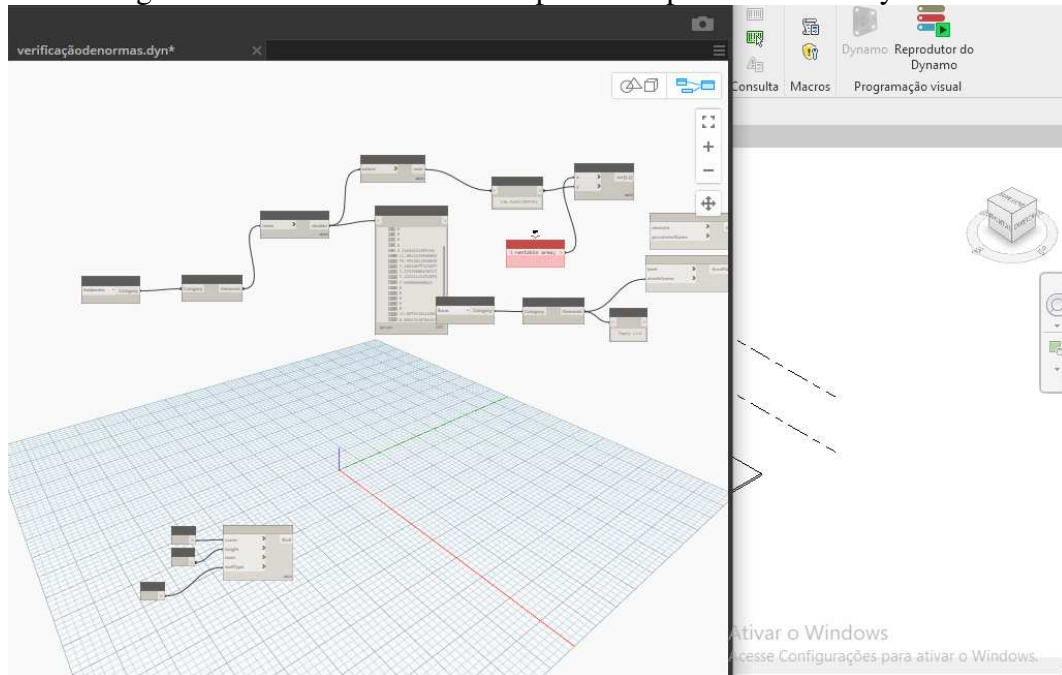
Para Sena (2019), a linguagem de programação do Dynamo é muito nova comparada com outras forma se programar no Revit . Esse é um dos motivos de existir pouca bibliografia considerando esse assunto. As informações encontradas estão espalhadas em forums de usuários e tutoriais espalhados pela internet. Uma boa alternativa para a falta de bibliografia está na utilização do manual e nos tutoriais desenvolvidos pela própria Autodesk e disponibilizados em sua pagina de internet. A maior parte do levantamento teórico deste trabalho se baseia nesses manuais e tutoriais.

A forma mais correta de se programar no Dynamo é com um sequencial de ações da esquerda para a direita, com o intuito de facilitar o entendimento e sequencia das ações descritas em seu algoritmo, que é denominado de rotina, dentro do Dynamo.

Cada nó é entendido como uma ação direta que se tem no sistema e cada nó é interligado a seu nó sequencial através de um “fio”. Dessa maneira se forma um gráfico que demonstra de forma visual o sequencial de ações, como um passo a passo, das instruções necessárias para a execução de uma determinada ação pelo sistema.

É importante deixar claro que os dados inseridos no Dynamo podem manipular os objetos parametrizados no Revit, sendo desenvolvido inicialmente para pode manipular geometria do modelo, sendo possível a visualização de suas alterações em tempo real, a partir da mudança de parâmetros nos nós como possível de identificar na figura 167.

Figura 167 - Geometria criada a partir dos parâmetros no Dynamo



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Dynamo foi criado como uma ferramenta para auxiliar a modelagem de geometrias de forma mais automatizada. Usuários passaram a utilizar suas ferramentas para retirar informações do Revit e abriu um leque muito maior de possibilidades de uso para esse software.

6.9 Experimento 2 - Criação de rotinas do Dynamo destinadas a verificação de normas de construção

A necessidade da implementação de alguma forma de verificação com o Dynamo surgiu da intenção de automatizar ainda mais o processo de verificação de normas, tentando chegar até uma verificação automática descrita por Eastman quando ele criou o Building Description System.

Essa implementação não se dará na forma de um aplicativo ou plug-in pronto. Será implementado a partir de rotinas do Dynamo, que funcionará como um protótipo

rudimentar, que poderá futuramente servir de base para um futuro plug-in ou software comercial. Mesmo com os comandos gerais já existir em português no Dynamo, a maioria dos nós e elementos do sistema ainda estão em inglês. Por isso para facilitar a procura dos nós demonstrados na rotinas criadas neste trabalho indicamos os comandos em inglês para que não haja confusão no sistema.

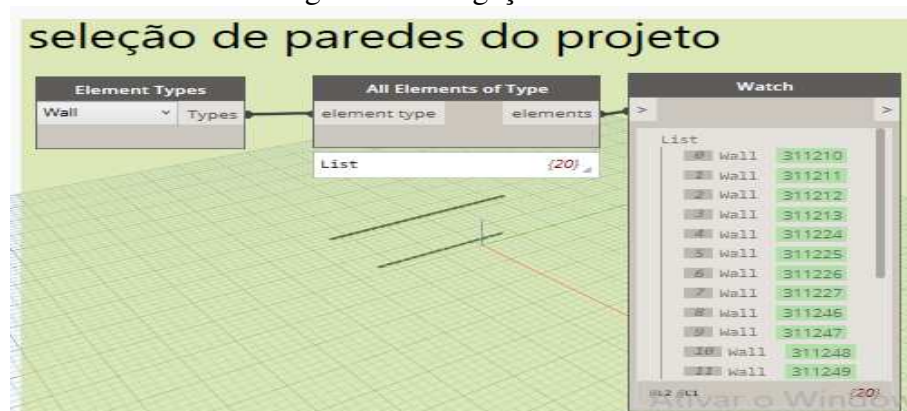
Utilizamos os mesmos projetos modelados e verificados com as famílias modificadas no primeiro experimento dentro do Revit para testar as rotinas do Dynamo para suas verificações.

Um dos pontos relevantes a ser mencionado é que as rotinas do Dynamo aplicarão os algoritmos criados para cada verificação nesta tese. Apenas a rotina necessária para conseguir visualizar os dados de forma automatizadas. A primeira questão a ser acertada é que nenhuma verificação utilizando rotinas do Dynamo é possível sem dados de entrada, pois o sistema não tem autonomia própria para fazer isso de forma autônoma.

6.10 Rotina para verificação de afastamentos com Dynamo

Inicialmente precisamos identificar as paredes de forma automatizadas no modelo para iniciar um processo de verificação de distancias. Uma forma direta de fazer essa seleção é através da criação da rotina onde ligaríamos o nó “element type”, o nó “all elements of type” e o nó “watch”. Exatamente como podemos identificar na figura 168 a seguir.

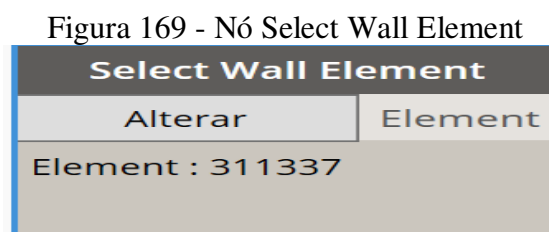
Figura 168 - Ligação dos nós



Fonte: Elaborado pelo autor

Essa rotina funciona muito bem para identificar as paredes. Contudo, essa identificação é através da numeração da parede que dificulta sua visualização. Deixando difícil entender quais seriam as paredes que estariam mais perto das divisas do lote para poder verificar o afastamento mínimo. Seria necessário um entendimento maior sobre o Revit para modificar o parâmetro de numeração para que essas paredes fossem mais fáceis de serem identificadas. Esse processo é um pouco trabalhoso e pode gerar uma grande perda de tempo.

Então pensamos em outra forma de identificar as paredes de uma forma mais direta. Com esse intuito identificamos o nó “Select Wall Element” Figura 169 que nos permite selecionar direto no modelo do Revit uma parede.



Fonte: Elaborado pelo autor

Esse processo de identificação da parede se mostrou o mais adequado pela certeza da exata parede que necessitamos de forma visual. E, como nas duas formas é necessário o dado de entrada de qual parede vamos utilizar esse nó facilita o trabalho.

Precisamos de 2 nós desse tipo. Um para a parede que está como divisa de lote e a outra para a parede que vai ser utilizada para verificar o limite. Exatamente como representado na Figura 170 a seguir.

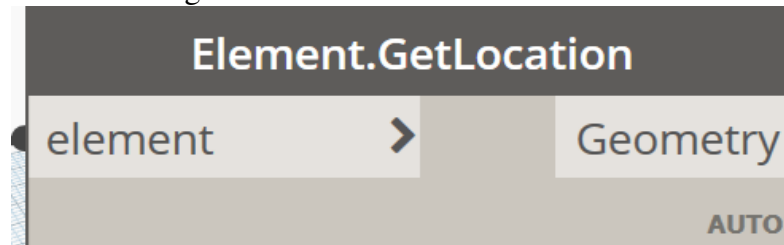
Figura 170 - 2 Nós Select Wall Element



Fonte: Elaborado pelo autor

O próximo passo para a montagem da rotina é a utilização do nó "Element.GetLocation" Figura 171, que é um elemento de identificação de geometria. Tendo como finalidade identificar a localização de elementos geométricos no modelo. É necessário que sejam ligados um nó desse tipo para cada um de "select wall elemento", criando assim a primeira linha de conexão entre nós dessa rotina.

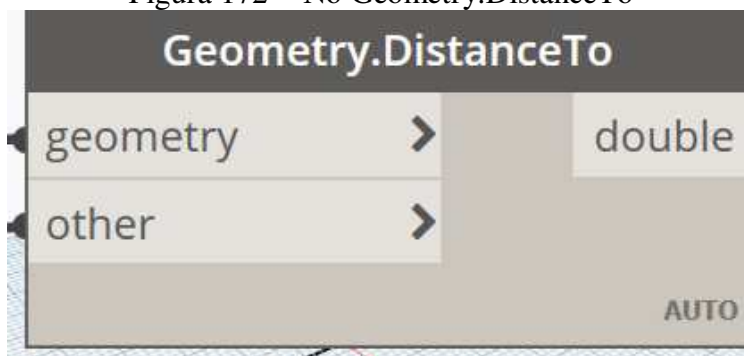
Figura 171 - Nó Element.GetLocation



Fonte: Elaborado pelo autor

O terceiro passo seria a inserção do nó "Geometry.DistanceTo" observado na Figura 172. Esse nó tem como finalidade identificar a distancia de dois elementos geometricos do modelo e devem ser a ligação do primeiro nó "Elemento.GetLocation" na porta de entrada "geometry" e o outro na porta de entrada "other".

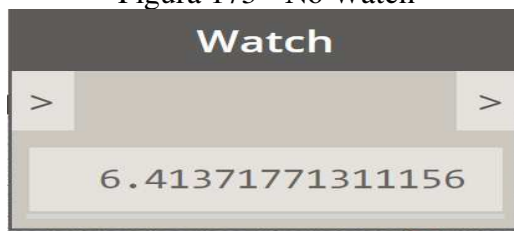
Figura 172 - Nó Geometry.DistanceTo



Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, devemos adicionar um nó que sirva para mostrar como saída a distancia entre as duas paredes. Para isso encontramos o nó “Watch” Figura 173. Que deve ser conectado na porta de saída do ultimo nó. Finalizando assim a rotina.

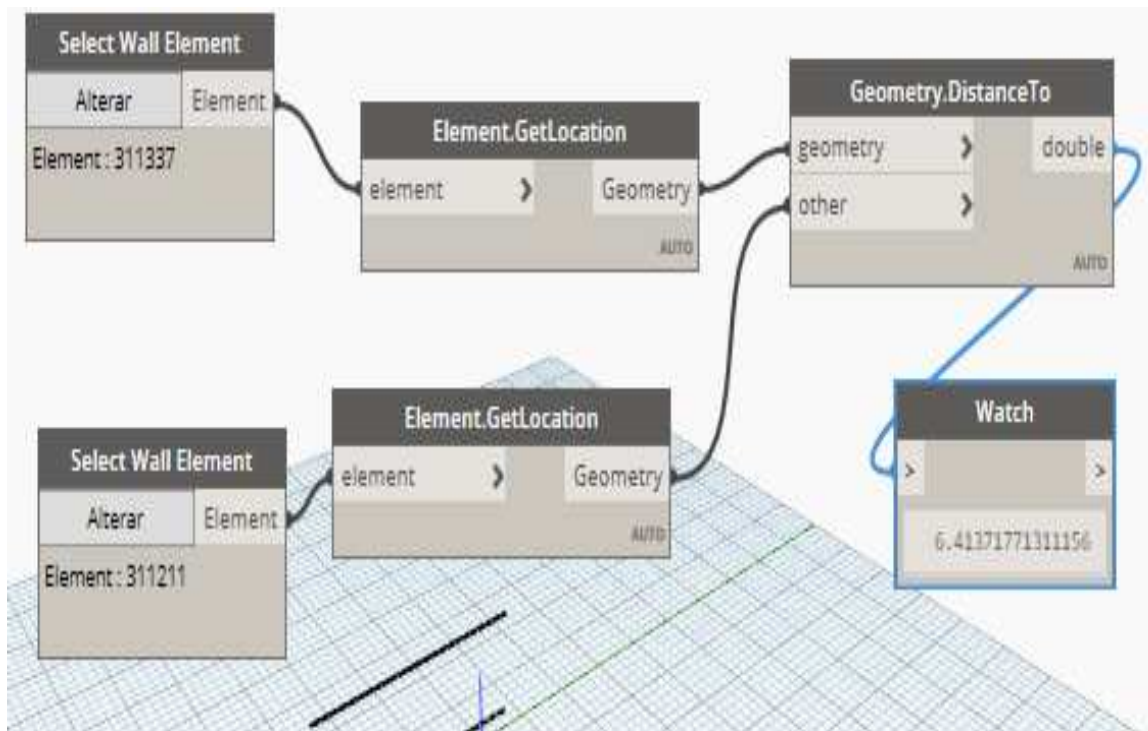
Figura 173 - Nó Watch



Fonte: Elaborado pelo autor

Agora podemos visualizar toda a rotina criada através da Figura 174 a seguir, exatamente como ela deve ser organizada para o perfeito funcionamento.

Figura 174 - Rotina completa para afastamento



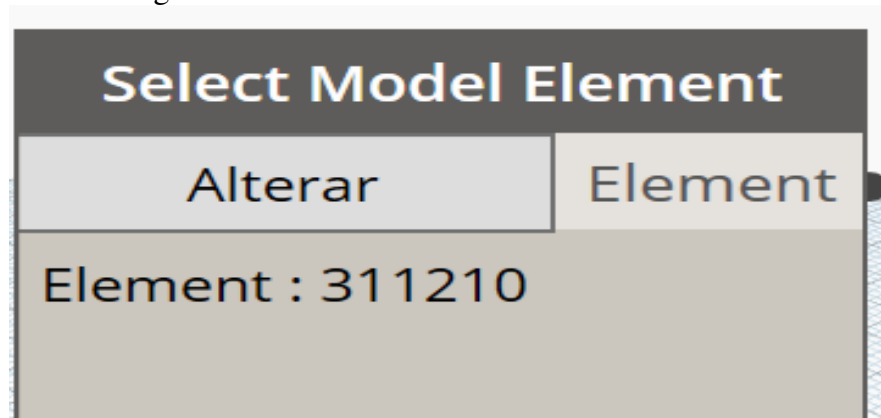
Fonte: Elaborado pelo autor

6.11 Rotina para verificação de altura máxima com Dynamo

Depois de muitas tentativas de verificação de altura máxima de elementos criamos uma rotina que consegue extrair a altura total de qualquer elemento do projeto modelado no Revit. Na realidade esta rotina é a mais simples para conseguir varias propriedades do elemento, incluindo a altura.

Para começar a montar a rotina devemos iniciar com o nó "Select Model Element" que é o nó responsável por escolher de forma direta o elemento de entrada para que possa ser feita a leitura dos parâmetros do objeto como podemos ver na figura 175 a seguir:

Figura 175 - Nó Select Model Element



Fonte: Elaborado pelo autor

O nó seguinte é o responsável por selecionar os parâmetros do objeto para que possam ser utilizados para o comando a seguinte. Esse nó é o “Element.Parameters” demonstrado na figura 176.

Figura 176 - Nó Element.Parameters



Fonte: Elaborado pelo autor

O ultimo nó necessário para gerar a rotina é o no “Watch”. Que vai exibir todos os parâmetros do elemento selecionado como elemento de entrada para esta rotina como observado na Figura 177. Um dos parâmetros visíveis é a altura da entidade em relação ao todo do modelo, baseado no nível zero determinado pelo modelador da edificação.

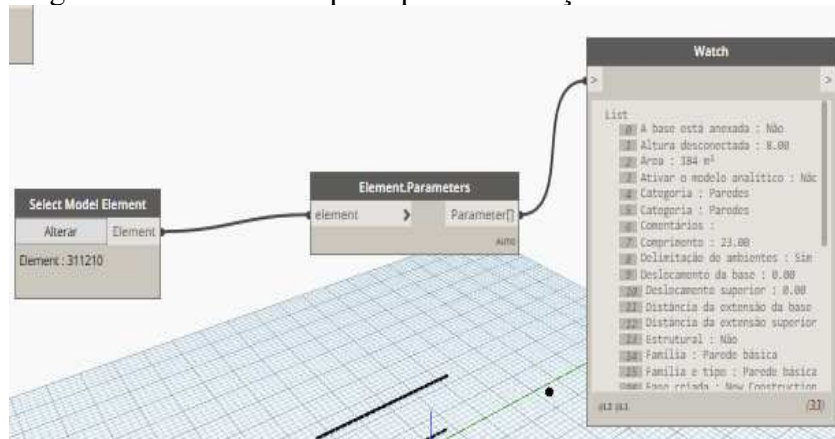
Figura 177 - Nó Watch



Fonte: Elaborado pelo autor

Para melhor entendimento podemos visualizar a rotina completa para a verificação de altura. É necessário que cada nó seja conectado diretamente com o nó seguinte na ordem indicada no exto através das linhas como na Figura 178.

Figura 178 -Rotina completa para verificação de altura máxima

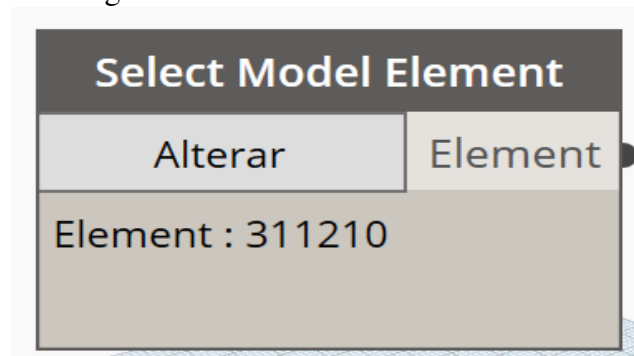


Fonte: Elaborado pelo autor

Essa rotina seria suficiente para a demonstração da verificação da altura das entidades. Contudo, depois de alguns testes verificou-se que elementos inclinados em níveis diferentes acabavam tendo sua altura determinada de forma errada. Já que o elemento acaba sendo identificado baseado no nível que ele é anexado.

Para resolver essa questão foi pensado que poderia existir outra rotina ou uma variação dessa rotina inicial para conseguir verificar essa altura em elementos inclinados em níveis diferentes. Para isso foi criado a rotina que será demonstrada a seguir. Exatamente como a rotina anterior o primeiro passo é a criação do nó “Select Model Element” como podemos ver na figura 179.

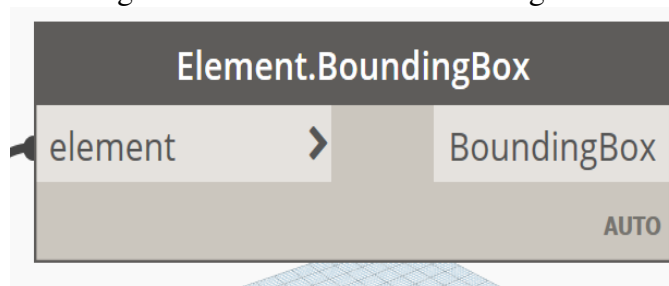
Figura 179 - Nó Select Model Element



Fonte: Elaborado pelo autor

Esse primeiro nó serve para escolher o dado de entrada do sistema. Em seguida devemos adicionar a rotina o nó “Element.BoundingBox” exatamente igual ao da figura 180 a seguir. Esse nó tem como finalidade criar uma caixa que envolve totalmente os limites do objeto a criado com ela.

Figura 180 - Nó Element.BoundingBox

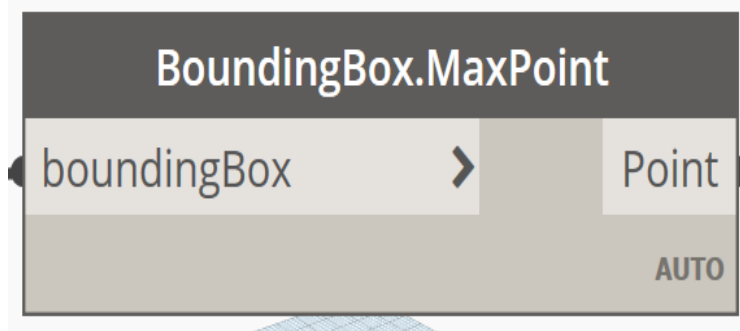


Fonte: Elaborado pelo autor

O nó seguinte é o “BoundingBox.MaxPoint” que deve informar os pontos cartesianos máximos desse elemento. Ele funcionaria para resolver o problema de elementos

inclinados, pois demonstraria as coordenadas do ponto mais alto da caixa como retratado na figura 181.

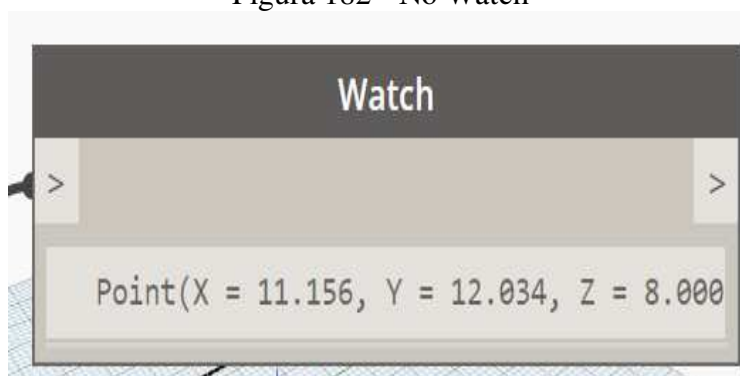
Figura 181 - Nó BoundingBox.MaxPoint



Fonte: Elaborado pelo autor

Por ultimo deve-se criar o nó responsável por deixar visível esses pontos dessa caixa. Para isso, deve-se adicionar o nó "Watch" como na figura 182, que tem essa finalidade.

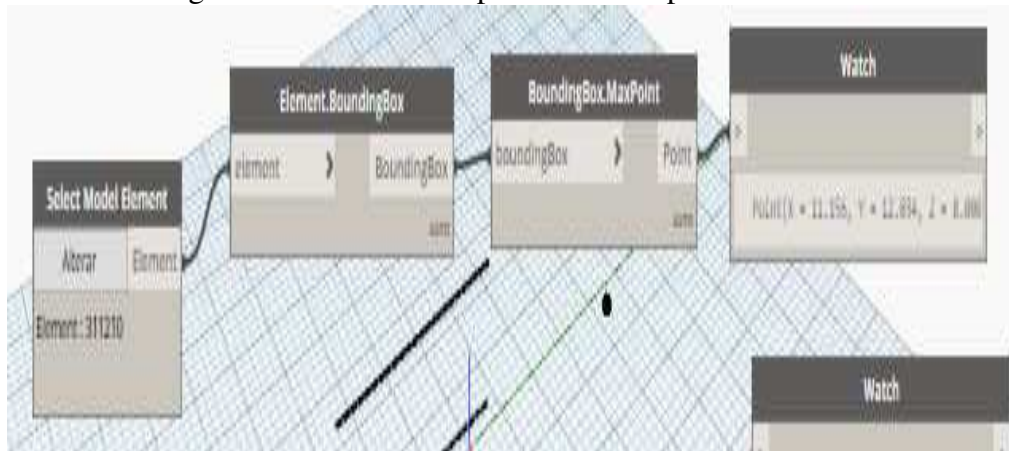
Figura 182 - Nó Watch



Fonte: Elaborado pelo autor

Para completar o sistema, temos abaixo na figura 183 a rotina completa para montagem da verificação de altura máxima com as linhas interligando os nós.

Figura 183 - Rotina completa de altura por coordenada



Fonte: Elaborado pelo autor

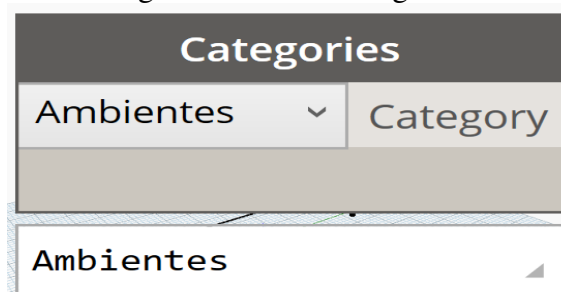
As verificações de altura precisam ainda de um dado de entrada para funcionar, mesmo que os objetos tenham altura definida pelo sistema.

6.12 Rotina para verificação de área total edificada com Dynamo

Para a rotina que consiga mostrar de forma automatizada a área total edificada não é necessário que nenhuma tabela seja criada inicialmente no Revit. A única coisa obrigatória é que todos os cômodos que vão ser calculados estejam com o comando ambiente demarcado.

Para iniciar a rotina é necessário selecionar o nó “Categories” que serve para selecionar a categoria de ambientes para ser computado no final. Como podemos ver na figura 184 a seguir.

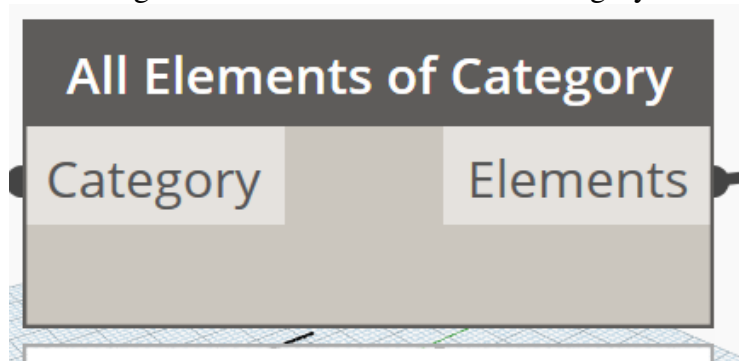
Figura 184 - Nó Categories



Fonte: Elaborado pelo autor

O nó “All Elements of Category”, como pode ser visualizado na figura 185, tem como função seleccionar todos os elementos da categoria definida no nó anterior. Para que sejam utilizados pelo nó seguinte para o próximo passo da rotina.

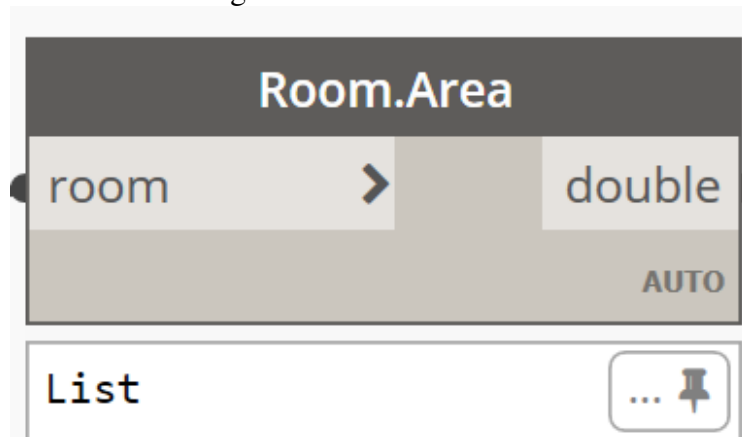
Figura 185 - Nó All Elements of Category



Fonte: Elaborado pelo autor

Agora com todos os itens do comando ambientes do projeto seleccionados com os nós anteriores, deve-se utilizar um nó que consiga seleccionar as areas dos ambientes. O nó que consegue fazer este papel é o nó "Room.Area" mostrado na figura 186.

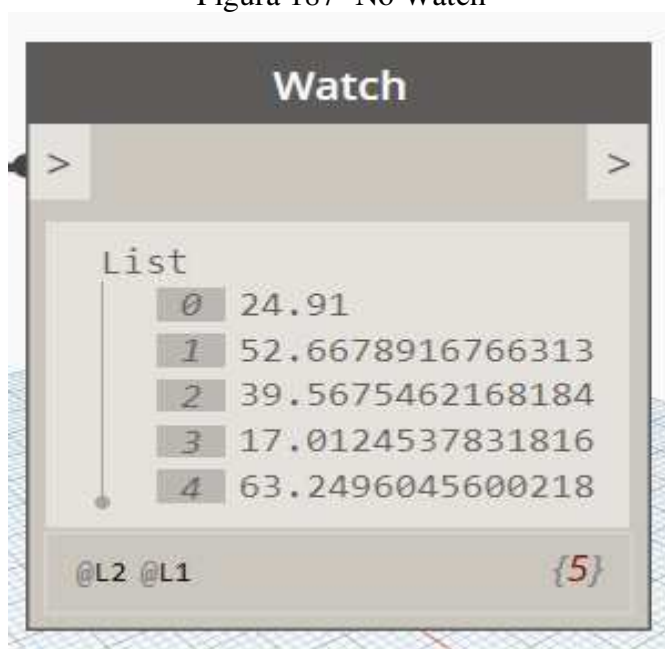
Figura 186 - nó Room.Area



Fonte: Elaborado pelo autor

Para podermos visualizar as áreas de cada ambiente em separado para contabilizar quantidade de cômodos que estão sendo contabilizados devemos selecionar o nó “Watch” e adiciona-lo na rotina como exemplo da figura 187.

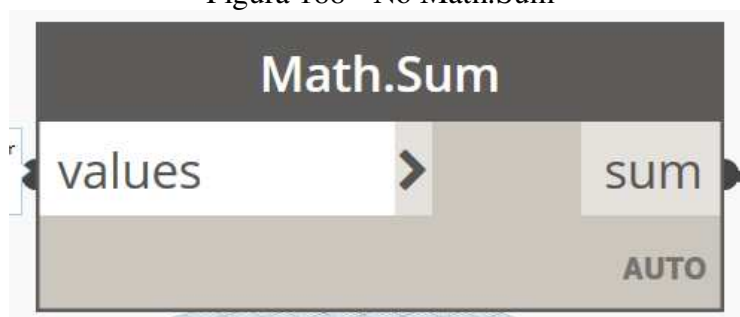
Figura 187- Nó Watch



Fonte: Elaborado pelo autor

Agora como podemos ver na figura 188 abaixo, para somar todas as áreas já identificadas é necessário utilizar o nó “Math.Sum”. Esse nó faz o somatório de quaisquer elementos que estejam selecionados previamente no sistema.

Figura 188 - Nó Math.Sum



Fonte: Elaborado pelo autor

Para finalizar esta rotina se faz necessário novamente do nó “Watch” para conseguir visualizar de forma permanente o somatório final de todas as áreas do projeto como exemplificado na figura 189.

Figura 189 - Nó Watch



Fonte: Elaborado pelo autor

6.13 Teste das rotinas criadas no Dynamo com os algoritmos de verificação

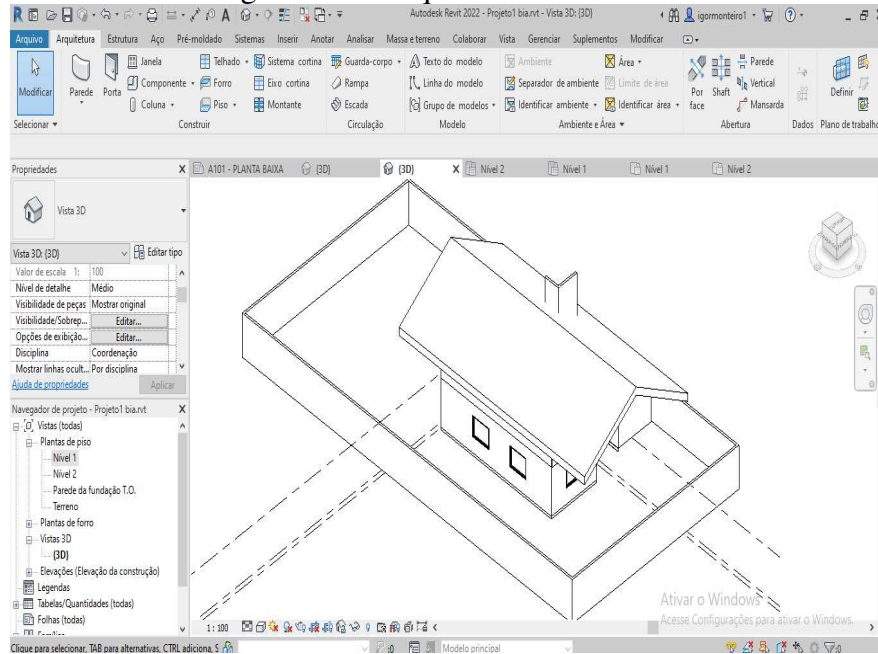
Para iniciarmos o processo de verificação de normas utilizando Dynamo faz-se necessário abrir o Revit. Em seguida deve-se abrir o arquivo de projeto que se pretende verificar as normas. Para isso na tela inicial do Revit deve-se selecionar a opção abrir na parte modelos. Como podemos verificar na figura 190 abaixo. E após isso selecionar o arquivo de projeto. Ou então, dar dois cliques no arquivo, na pasta de armazenamento do mesmo, sem necessidade de abrir o Revit primeiro como na figura 191.

Figura 190 - Abrir arquivo



Fonte: Elaborado pelo autor

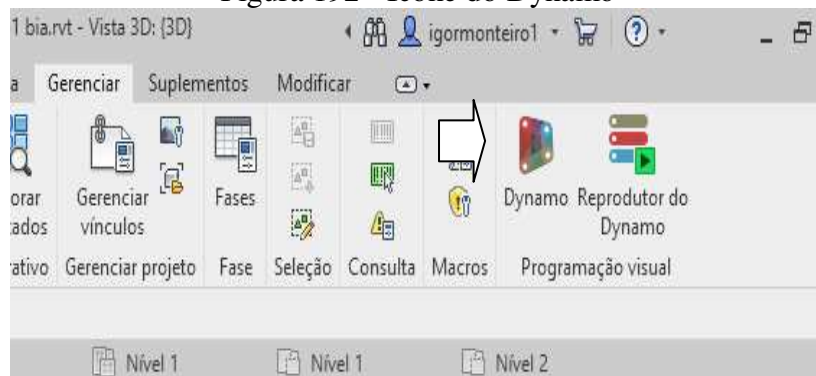
Figura 191 - Arquivo abeto no Revit



Fonte: Elaborado pelo autor

Para iniciar o processo de verificação deve-se abrir o Dynamo a partir da aba gerenciar. Onde normalmente o ícone do Dynamo está no canto direito da barra de ferramentas. É necessário clicar duas vezes no ícone para abrir o programa como se pode ver na figura 192 a seguir.

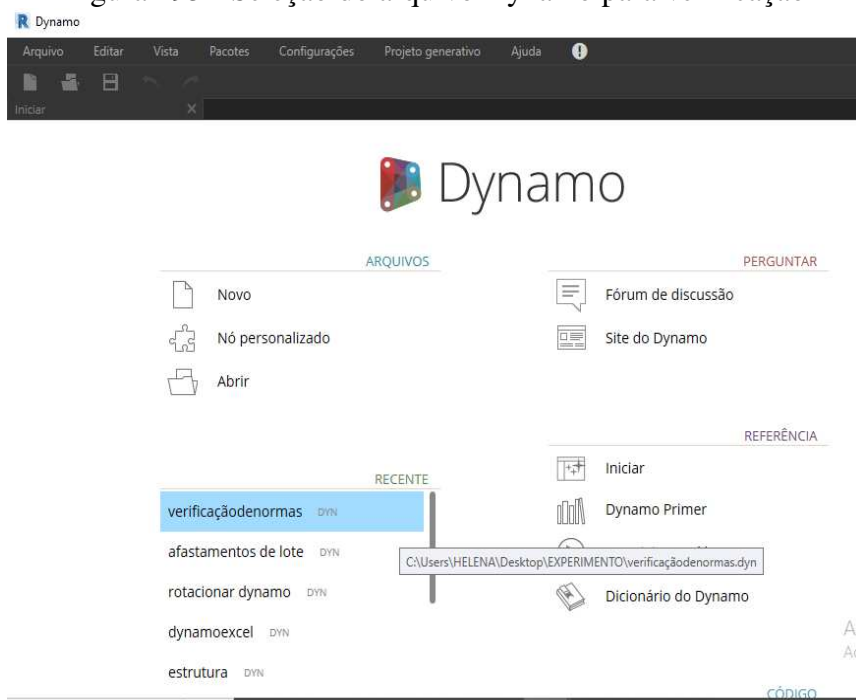
Figura 192 - Ícone do Dynamo



Fonte: Elaborado pelo autor

Na janela de abertura do Dynamo devemos selecionar a rotina para a verificação. O arquivo da rotina final para realizar as verificações foi nomeado de “verificaçãodenormas” e deve ser selecionado como na figura 193.

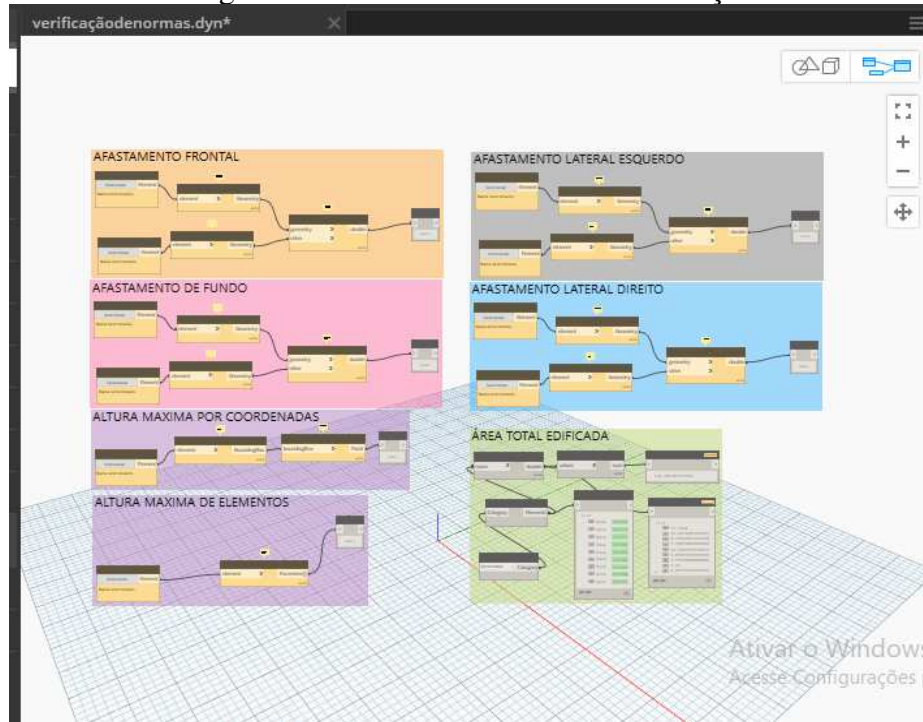
Figura 193 - Seleção do arquivo Dynamo para verificação



Fonte: Elaborado pelo autor

Com a rotina abeta pode-se identificar cada grupo de verificação de uma norma específica por grupos de cores com título. Ficando mais fácil de identificar cada elemento de verificação como podemos notar na figura 194. Facilitando assim, o trabalho do usuário que vai conferir os dados ao fim do processo de verificação.

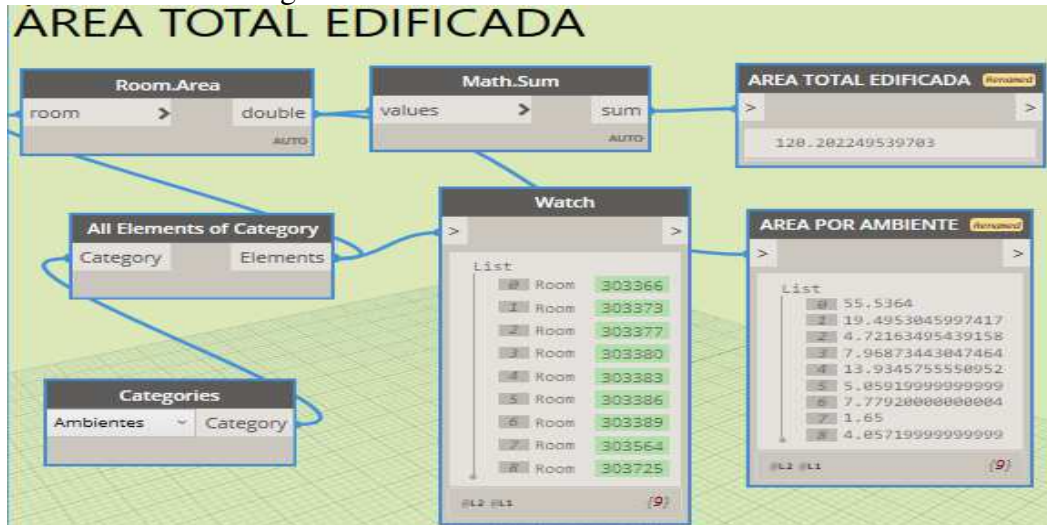
Figura 194 - Todas as rotinas de verificação



Fonte: Elaborado pelo autor

Não existe uma regra sequencia de qual norma deve ser verificada primeira, devendo ficar a cargo do usuário. Podemos iniciar o processo pelo item “área total edificada”. Esse item é mais fácil de ver o resultado, pois não precisa de nenhum dado de entrada para apresentar o dado final. Isso acontece se a modelagem da edificação no Revit já tiver adicionado o comando ambiente nos cômodos do projeto. Caso isso ainda não tenha sido feito, pode-se adicionar o ambiente nos cômodos agora. O importante é que a medida que os ambientes forem adicionados a rotina de verificação de área total edificada já vai sendo preenchida. Com todas as áreas dos ambientes e seu somatório final. Exatamente como na figura 195 a seguir.

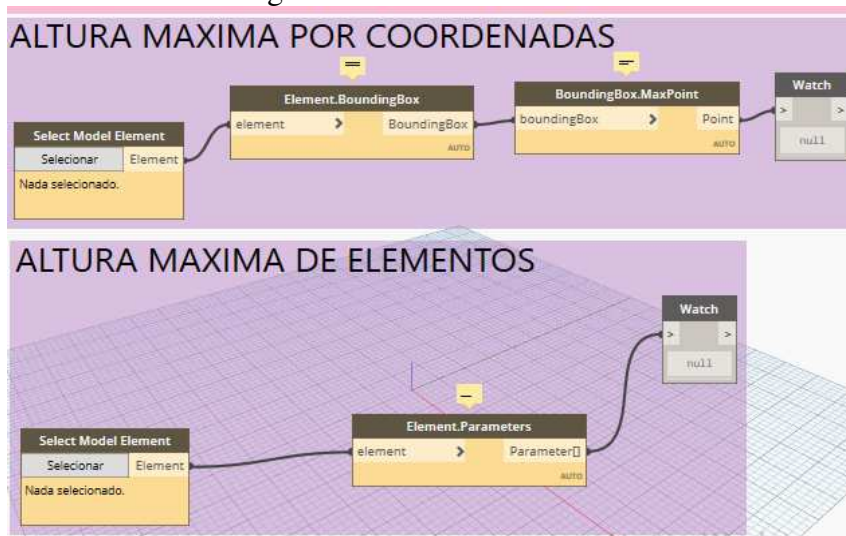
Figura 195 - Rotina de Área total edificada



Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida o item altura máxima da edificação pode ser verificado através das duas rotinas com título de altura máxima da edificação. Sendo que as duas rotinas servem para verificar altura máxima como pode ser confirmado na figura 196. Contudo, se a cobertura ou elemento mais alto da edificação estiver inclinado em mais de um nível do Revit devemos utilizar exclusivamente a opção de altura máxima por coordenadas. Essa opção mostrará a coordenada do ponto mais alto do elemento.

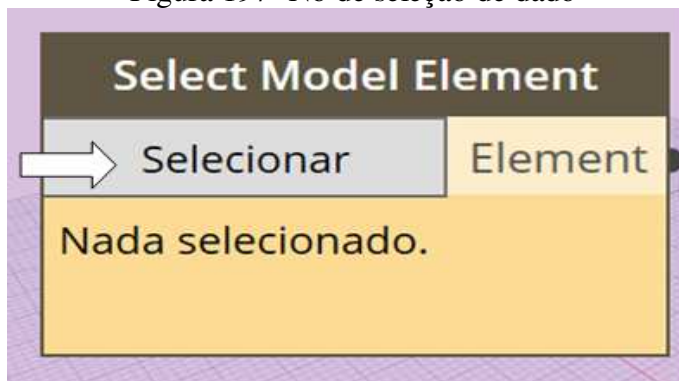
Figura 196 - Rotinas de altura



Fonte: Elaborado pelo autor

Para gerar a verificação é necessário selecionar o dado de entrada no sistema. Para ambas as rotinas de altura só é necessário selecionar o botão selecionar no nó “Select Model Element” no Dynamo. Como podemos ver na figura 197.

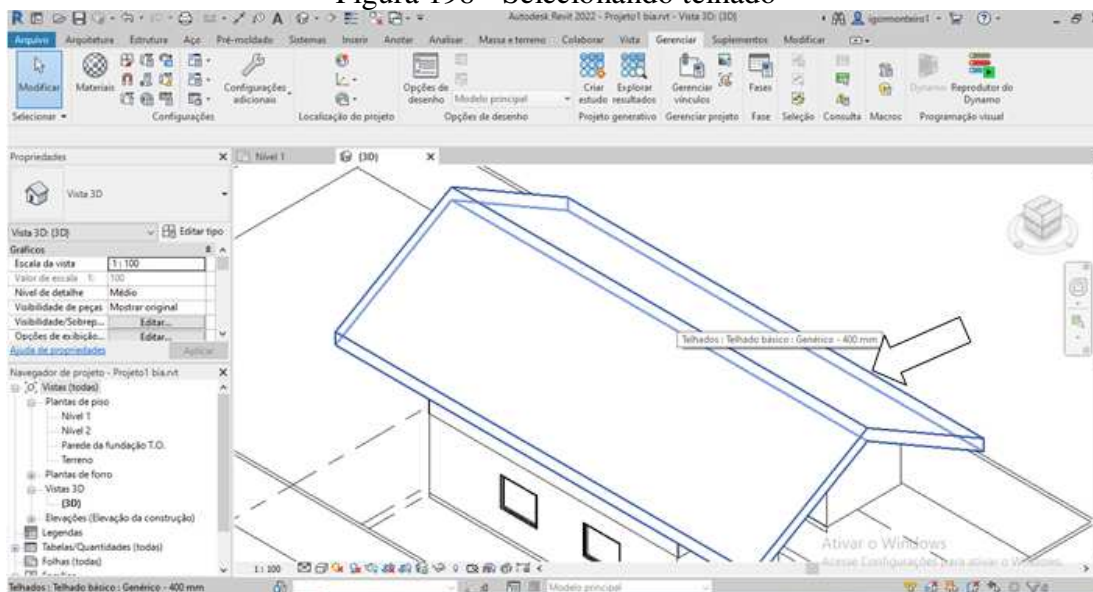
Figura 197- Nó de seleção de dado



Fonte: Elaborado pelo autor

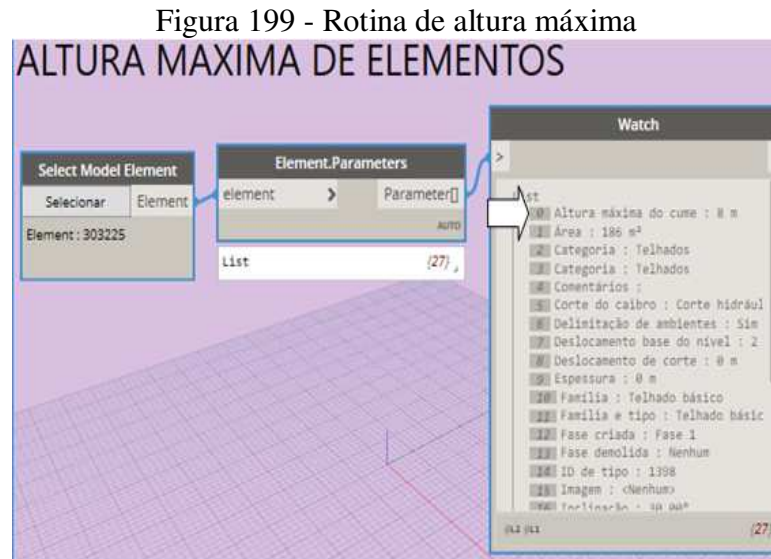
Em seguida para o sistema conseguir fazer a verificação faz-se necessário selecionar o elemento dentro da janela do Revit para que o Dynamo verifique sua altura. Para isso, sem fechar a janela do Dynamo clicamos no item mais alto do Revit. Como exemplo seleciona-se o telhado da edificação da figura 198.

Figura 198 - Selecionando telhado



Fonte: Elaborado pelo autor

Assim que o elemento é selecionado automaticamente a numeração do elemento aparece no nó "Select Model Element" e a altura máxima aparece no ultimo nó do sistema, finalizando a sua verificação. Exatamente como demonstrado na figura 199.



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a verificação de afastamento mínimo obrigatório é necessário selecionar é necessário verificar as quatro rotinas para afastamento já separadas no arquivo geral de verificação do Dynamo. Divididas em afastamento frontal, de fundo, lateral direito e lateral esquerdo. Como se pode ver na figura 200.

Figura 200 - Todas as rotinas de afastamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Para que a verificação de afastamento seja feita basta selecionar os dados de entrada que são a parede da divisa do lote e a parede mais perto da divisa. Cada uma das paredes deve ser selecionada após selecionar os botões “selecionar” no nó “Select Wall Element”. Um para a parede da divisa e um para a parede da edificação como demonstrado na figura 201 a seguir.

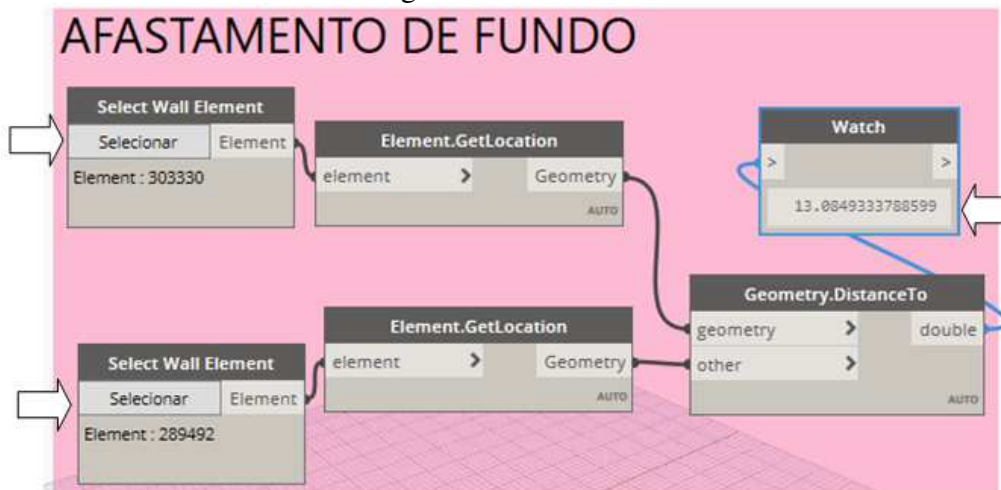
Figura 201- Nó de seleção de dado de afastamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Após clicar no botão selecionar devemos clicar na parede desejada no modelo do Revit sem fechar a janela do Dynamo. Assim que as duas paredes forem selecionadas nos nós “Select Wall Element”, a numeração delas pelo sistema preencherá o nó. E, automaticamente no nó “Watch” registrará a distância entre as paredes como se pode perceber na figura 202 é de 13,0849333788599.

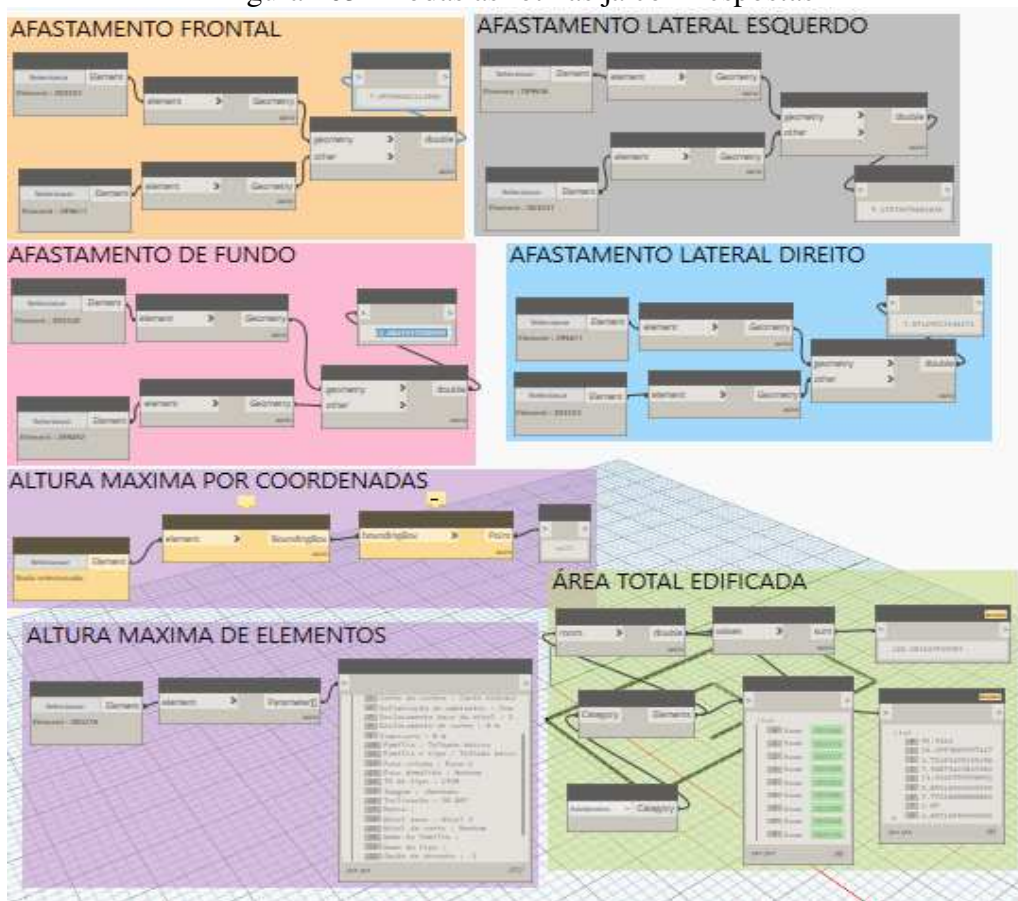
Figura 202 - Rotina de afastamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Para finalizar repetimos esse mesmo procedimento para os outros três afastamentos mínimos obrigatórios do Dynamo. Resultando assim, com todas as rotinas de verificação do Dynamo já com suas respostas como visto na figura 203.

Figura 203 - Todas as rotinas já com respostas



Fonte: Elaborado pelo autor

Nesse ponto findamos todas as verificações com suas rotinas propostas nesse experimento no Dynamo.

7 CONCLUSÃO

Aqui estão apresentados os resultados adquiridos depois de realizar o experimento 1 e 2 de teste no template modificado e da aplicação das rotinas de Dynamo no Revit para testar as normas de edificação.

É importante ressaltar que todos os projetos liberados por seus projetistas ou pelos proprietários para uso nesta tese só foram disponibilizados com a garantia de não seriam publicados endereços e/ou referências de suas localidades para garantir a segurança e integridade de seus familiares e seus lares.

Devemos entender que o uso de projetos reais configura uma forma mais clara e fiel de grupo de testes para atender as necessidades dos experimentos de uma forma mais concreta possível.

A modificação do revit diretamente alterando o código fonte do sistema se provou inexecutável no período de estudos deste trabalho. Isso por que com bons programadores e com um custo elevado para o trabalho demoraríamos mais de quatro anos apenas para tentar entender o funcionamento do código fonte do Revit. Ainda assim, esse tempo poderia ser perdido, pois não teríamos garantia de que o código seria realmente decifrado e que permitiria modificações.

O gerador de plug-ins que em teoria seria a opção mais lógica e inicialmente a opção mais correta para tentativa de verificação de normas dentro do sistema se provou inútil a partir do momento que ela não permite acesso a todas as informações do modelo do projeto e seus dados. O gerenciador tem acesso apenas a pequena parte do sistema do Revit, servindo apenas para anexar elementos novos e sem utilizar dados dos elementos básicos do sistema.

É importante entender que para que qualquer uma das verificações funcionem é necessário que o modelo BIM esteja padronizado com um mínimo de elementos básicos e com o nível de soleira igual ao zero do sistema.

Ficou claro que a criação dos algoritmos para verificar as normas em conjunto com um template que fizesse as verificações de normas de edificação, mesmo que de forma ainda não 100% correta, provas que é possível verificar essas normas e serves como o primeiro passo para a criação de um futuro plug-in ou alteração de software. Isso facilitaria o trabalho de um programador, pois com os algoritmos já criados, e exemplos de como estas

normas podem ser verificadas, restariam apenas à questão da transcrição para o código fonte do sistema, que é um trabalho especializado e mais comumente desenvolvido por profissionais da área de ciência da computação e desenvolvimento de sistemas.

De posse da informação de que o template modificado seria a melhor solução para uma verificação, entendemos que para verificar múltiplos projetos deveríamos criar um template para inserção dos modelos para não necessitarmos configurar o software toda vez que uma verificação fosse feita. Esse processo reduziu consideravelmente o tempo necessário para a verificação de cada projeto, facilitando seu desenvolvimento.

Os experimentos se mostraram bem favoráveis a uma possível futura implementação de um sistema modificado para verificar normas. Inicialmente pensamos em criar um novo tipo de família de paredes que mostrasse uma linha de afastamento e conseguisse dar um aviso de afastamento mínimo obrigatório ultrapassado toda vez que a edificação chegasse à área de seu limite. Essa opção se tornou inviável, pois o Revit não permite criar famílias novas de paredes, apenas permite modificar os tipos de famílias já existentes (parede básica, parede cortina e parede empilhada).

Como isso não seria possível, testamos vários elementos construtivos diferentes para utilizar como elemento para assegurar um limite de afastamento e avisasse quando outro elemento o tocasse ou invadisse seus limites. Depois de realizarmos alguns testes verificamos que uma parede seria a melhor opção, pois ela interage com qualquer elemento criando avisos no sistema sempre que acontece uma colisão entre elementos.

Com a parede básica selecionada, pensamos na ideia de existir um output que mostrasse a área mínima de afastamento, talvez uma faixa em cor forte. Que seria uma forma visual que facilitaria o entendimento da área que não pode ser edificada. Daí surgiu a ideia de criar uma camada de ar que indicaria a área a não ser invadida por nenhum elemento da construção, como uma das camadas da parede da divisa. Esse elemento se mostrou de grande valia no experimento.

Das 35 edificações que utilizamos no experimento 1 todas mostraram aviso de colisão de elementos toda vez que o avanço do afastamento mínimo frontal foi ultrapassado. Em 2 casos o afastamento visual mudou de cor de amarelo para cinza, sem nenhuma justificativa para isso. Mesmo assim, o aviso de invasão da área tenha apareceu em todos os

testes. Em tentativas seguintes de verificação nos casos que mudaram a cor o problema acabou.

Com relação as verificações do afastamento mínimos obrigatórios laterais da direita não constatamos nenhum tipo de erro. Totalizando 100% de elementos verificados corretamente.

Quando analisamos a verificação de altura máxima da edificação permitida identificamos que 46% dos projetos apresentaram erros. Ou seja, 16 dos 35 projetos passaram da altura máxima permitida pelas normas de Gabarito. Contudo, esses elementos não representam necessariamente que esses 16 projetos foram aprovados de forma irregular. Acontece que na norma fica claro que a altura máxima da edificação pode ser ultrapassada no caso de se tratar de caixas d'água e casa de máquinas. Então, analisando os desenhos técnicos essas edificações que ultrapassaram as alturas se tratava exatamente das caixas d'água.

Os critérios e elementos que criamos para o template para verificar a taxa de ocupação e o coeficiente de aproveitamento se tornaram um gigantesco desafio para nós. O grande problema era como quantificar o terreno por que toda vez que tentávamos criar um quantitativo de área do terreno de forma automática ela acabava sendo modificada pela subtração da área da edificação.

Esse é um dos elementos que não conseguimos automatizar realmente, pois sempre que vamos criar um valor calculado baseado em área não conseguimos de forma nenhum extrair esse valor do terreno de forma automática. Um grande fator positivo é que depois que todas as tabelas que criamos para trabalharem em conjunto para conseguir verificar a taxa de ocupação e o coeficiente de aproveitamento sempre que existir alguma alteração as tabelas já vão se alterar e alterar os valores de forma automatizada.

A questão de demarcação do lote é um fator que nenhum usuário do Revit que conversamos e discutimos sobre o assunto sabia como resolver e gostariam que existisse meios mais fáceis de tentar achar elementos para sua verificação, facilitando assim, o cálculo dessas taxas.

Em se tratando do experimento 2 com o Dynamo, todas as edificações funcionaram e verificaram corretamente as edificações. No caso da altura máxima das edificações, fica inclusive mais fácil de fazer a verificação de altura máxima, pois conseguimos detectarmos elementos diferentes do projeto e aquele que realmente é o mais

alto. Outra coisa importante é que qualquer valor pode ser exportado para o Excel de forma automatizada.

Foram criados duas rotinas para verificar a altura máxima das edificações com o Dynamo. Isso aconteceu por que a primeira rotina acabou se mostrando ineficaz para objetos que estão com formas irregulares ou incomuns passando por mais de um nível. Já na segunda rotina criada para a altura máxima ela registra o a coordenada mais alta do elemento, resolvendo o problema de elementos com formas muito diferentes em níveis diferentes.

É importante entender que todas as verificações do Dynamo precisam de um dado de entrada para receber o resultado da verificação, com exceção da área total edificada. Essa verificação se torna automatizada com a medida que no modelo estejam com o comando ambientes demarcado em todos os cômodos.

Não foi verificado taxa máxima de ocupação e coeficiente de aproveitamento nas rotinas do Dynamo pelo fato de só termos conseguido sua verificação depois de criada tabelas exatamente como na verificação do Template. Sendo que a ideia é que se fizesse isso de outra forma.

Depois dos dois experimentos pode-se confirmar que é possível verificar normas e posturas municipais de construção diretamente dentro de um BIM. Os dados estão no sistema, existem formas para que essas verificações possam ser feitas e os dados externos podem ser incluídos no sistema de forma semi-automatizada.

Não existe uma indicação que o sistema garanta que as normas não estão sendo atendidas. Nem aparece em algum tipo de aviso para confirmar que essas normas possam estar sendo burladas ou não, de forma similar como fazemos um "*Clash detection*" de sistemas construtivos.

O uso da formula de Blondel em escadas é obrigatória para a aprovação de projetos. O Revit, em suas configurações padrões vem com a formula de Blondel ajustada como base para o calculo de modelagem de suas escadas. Contudo, não existe no sistema uma obrigatoriedade do seu uso, ou uma verificação final confirmando sua utilizando. Na realidade o sistema permite que você altere o calculo padrão de espelhos e pisadas da formula das escadas sem nenhuma restrição ou aviso do sistema, indicando que essa mudança possa gerar algum problema em uma futura tentativa de aprovação de projeto em prefeituras ou administrações publicas.

Os sistemas atuais não tem em suas configurações básicas elementos de validação de normas, suas limitações estão no fato dos sistemas não identificar diferenças entre elementos do sistema e sua utilização para uso em normas. Podemos citar que os sistemas não identificam diferenças entre parede de uma divisa de lote com uma parede da construção para verificar afastamentos mínimos por exemplo. Dados referentes a contagem de área de lote e verificação de cálculo do lote em relação a área livre também não é questionada pelos sistemas atuais. O sistema não tem nenhuma forma de classificação para distingui-las. A forma de cálculo entre área construída e área de lote só pode ser feita de forma manual através de marcação pelo usuário e algoritmo de calculo semi-automatizado por conta do usuário.

Seria interessante que os sistemas pudessem permitir que o usuário pudesse fazer essas diferenciações entre elementos para que o sistema consiga interpretar esses elementos e facilite sua organização para composição de cálculos em algoritmos de forma mais fácil. Os sistemas Bim também deveriam ter uma forma facilitada de download de arquivos e normas para que o sistema possa utilizar.

Algo de forma similar ao que acontece quando marcamos o local do projeto pelo GPS dentro do Revit. De forma automatizada os dados de calculo de inclinação do sol e sombreamento do local se ajustam assim que se marca a localidade no GPS do sistema. O sistema poderia baixar as normas para aprovação dessa mesma forma, onde os dados poderiam estar em nuvem para que um banco de dados muito grande fosse incorporado ao sistema sem necessidade de pesar o software.

Independente desses procedimentos seria necessário criar regras de utilização do software para que todos os dados e modelagens fossem inseridos e criados pelos usuários da mesma forma, podendo ser criado um *template* básico para que fosse utilizado somente para a verificação dessas normas. Regrado por exemplo como e em que nível seria a cota de soleira que o usuário. deveria ajustar seu projeto para que sistema sempre o identifique dessa maneira, integrando parâmetros comuns de altura a ser seguido baseado no nível adotado como soleira para a contagem da altura máxima da edificação, ou que existisse esse parâmetro atrelado a criação do nível na janela de propriedades do Revit identificando o nível que seria adotado como referência para a cota de soleira.

O Revit deveria permitir que fossem criados famílias de paredes com propriedades diferentes das três existentes. Isso permitiria que parâmetros de afastamento

pudessem ser criados como base do sistema de paredes, simplificando todo o processo de distanciamento. Inclusive com elemento gráfico consistente como uma área colorida, por exemplo, para facilitar que o usuário entendesse de forma direta a área livre do lote por causa do afastamento, podendo habilitar inclusive o aviso de afastamento mínimo obrigatório não respeitado toda vez que algo fosse modelado em seus limites.

Uma forma mais simples de inserir dados externos seria talvez a criação de um plug-in que migre esses dados de uma tabela do Excel como o SIG consegue fazer de forma simples. A forma de integrar essa tabela com o BIM atualmente só é possível através do Dynamo.

Outra característica importante é que inicialmente iríamos justificar a verificação de normas em um bairro específico. Contudo, a medida que o estudo foi avançando percebeu-se que o local não seria um ponto primordial. O fato importante seria analisar os elementos que são mais comumente verificados na maioria das cidades do Brasil. Áreas com exceção devem ser estudadas com um pouco mais de cuidado. Um caso desses seria áreas que tem projeção para uso no térreo como os pilotis do plano piloto de Brasília por exemplo.

Aqui quero registrar o agradecimento para alguns profissionais que sem seu auxílio disponibilizando projetos inviabilizaria este trabalho. São os casos de Gustavo Assunção, Larissa Cayres e Maria Fernanda Del'Isola por exemplo. Por sua presteza e gentileza agradecemos.

A questão da dificuldade de programar, alterando o Revit, ou criando um plug-in pelo seu gerenciador nos levantou a questionar se isso aconteceria também em outros softwares BIM no mercado como o ArchiCad ou o Bentley Architecture. Talvez, mesmo não sendo os líderes de uso no mercado eles poderiam ser mais fáceis de programar e implementar uma modificação ou plug-in. Isso seria um estudo para um futuro próximo, juntamente com a tentativa de criar um plug-in nativo para o Revit.

8 DESDOBRAMENTOS FUTUROS

Acreditamos que com os algoritmos criados nesta tese facilitará a criação de um plug-in com funções mais diretas para a verificação de normas de edificação de forma mais automatizadas sem necessidade de dados de entrada para direcionar as verificações.

Em curto prazo um template funcional com todas as verificações pode ser uma saída para municípios agilizarem seus processos e desburocratizar o tempo para aprovação de projetos. Facilitando para o projetista, que vai ter certeza que seu projeto cumpre as normas. Facilita para o fiscal, que não vai ficar preso em um escritório analisando desenho, e sim fiscalizando execução de obra. E, acaba sendo uma facilidade para diminuir a possibilidade de propina.

Poderíamos futuramente verificar se outros softwares BIM no mercado tem maior facilidade de verificação de normas do que o Revit.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.; ANDRADE, M. **A integração entre BIM e GIS como ferramenta de gestão urbana.** In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

ANDRADE, Ludmila Santos de. 2012. **A contribuição dos sistemas BIM para o planejamento orçamentário das obras públicas: estudo de caso do auditório e da biblioteca de planaltina.** Brasília, DF. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília.

ARAÚJO, C.S. et al. **Rotina de programação para geração de modelos BIM visando estimativas de custos.** [s. l.], p. 9, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** informações e documento: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024:** numeração progressiva das seções de um documento escrito: procedimentos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10719:** apresentação de relatórios técnicos - científicos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO DE EMPRESAS DO MERCADO IMOBILIÁRIO (ADEMI-DF). Disponível em: <http://ademidf.com.br/>

BALDAM, Roquemar; COSTA Lourenco. **AutoCad 2009:** utilizando totalmente. São Paulo: Érica, 2008.

BARKER, J. **City reforming building permit system.** Columbia Business Times. 2008 September 19. Retrieved from: <http://columbiabusinesstimes.com/2008/09/19/cityreforming-building-per/mit-system>.

BELLOS, C., PETROUTSATOU, K., & ANTHOPOULOS, L. (2015). **Electronic building permission system: The case of Greece.** Procedia Engineering, 123, 50–58

BERNSTEIN, H. M. et al. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets.** Bedford: McGraw Hill Construction, 2014.

BILJECKI, F; LEDOUX, H; STOTER, J. **An improved LOD specification for 3D building models.** Computers, Environment and Urban Systems 59, 2016. pag. 25–37.

BOLSHAKOV, Nikolai; BADENKO, Vladimir; YADYKIN, Vladimir; CELANI, Alberto. **As-built BIM in real estate management: the change of paradigm in digital transformation of economy.** IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 940 012017, 2020. Pag.7

BURRY, J.; BURRY, M. **The New Mathematics of architecture**. 2ª. ed. Londres: Thames & Hudson Ltd., v. único, 2012.

CAD CRONOLOGY. CAD History. Disponível em: <<http://mbinfo.mbdesign.net/CAD1970.htm>>. Acesso em: 06 abril. 2021.

CAIXETA, Luciano Mendes. 2007. **O computador como ferramenta de auxílio ao processo projetual da arquitetura. O processo de aprendizagem e o atual uso das ferramentas digitais pelos arquitetos**. Brasília, DF. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília.

CALVERT, Neil; Why we care about BIM.2013. Disponível<<https://www.directionsmag.com/article/1486> >. Acesso em 20/01/2021

CASTRO OLIVEIRA, R. de. 1992. **Conhecimento e projeto: o conceito de imitação como fundamento de um paradigma didático da arquitetura**. Porto Alegre, RS. Dissertação de mestrado em Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CEFRIO. **Improving Efficiency and Productivity in the Construction Sector Through the Use of Information Technologies**, 2011. Disponível em: <http://http://www.cefrio.qc.ca/media/uploader/Improving_efficiency_and_productivity_in_the_construction_sector_final.pdf>. Acesso em: 29 de abril de 2019.

CELANI, Gabriela. **Digital Fabrication Laboratories: Pedagogy and Impacts on Architectural Education**. Nexus Network Journal (Testo stampato), v. 14, p. 469-482, 2012.

CELANI, M. G.; VAZ, C. E. **Scripts em CAD e ambientes de programação visual para modelagem paramétrica: uma comparação do ponto de vista pedagógico**. Proarq.v. 18, p. 177-194,2011.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. **A Difusão das Tecnologias BIM por Pesquisadores do Brasil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., Salvador, 2011. Anais [...]. Salvador: LCAD/PPGAU - UFBA, 2011.

CHECCUCCI, Érica de S. **Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019008, 2019.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. **Uma visão da difusão e apropriação do paradigma BIM no Brasil – TIC 2011**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 19-39, jan.-jun. 2013.

CHECCUCCI, E. S. **Pesquisas de pós-graduação brasileiras sobre ensino e aprendizagem de BIM.** In: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM**, 1., Campinas, 2018. Anais [...] Campinas: ANTAC, 2018. Disponível em: <https://www.antaceventos.net.br/index.php/enebim/2018/paper/view/68>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CHING, Francis D. K. **Dicionário Visual de Arquitetura.** Martins Fontes, São Paulo, 2006.

Código de Obras GDF anexo I. p. 107.

COMPUTERHISTORY. Disponível em: <http://www.computerhistory.org/fellowawards/hall/bios/Ivan,Sutherland> acesso em: 22 Jan. 2013.

CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do Projeto.** III Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, RS. 2007.

CROTTY, Ray; **The Impact of Building Information Modelling.** SPON Press. Nova Iorque, 2012. p. 44-57.

DUNN, Nick. **Maquetas de arquitectura: médios, tipos e aplicación.** Barcelona: Blume, 2010. p 14-20.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook – A Guide to Building Information Modeling.** John Wiley & Sons, New Jersey, 2008.

EASTMAN, Chuck. **What is BIM?** BIM Resources – Georgia Tech, Georgia, 2007. Disponível em: http://bim.arch.gatech.edu/content_view.asp?id=402. Acesso em: 22 Dez. 2020.

EIRINAKI, Magdalini ; DHAR, Subhankar; MATHUR, Shishir; KALEY, Adwait; PATEL, Arpit; JOSHI, Akshar; SHAH, Dhvani. **A building permit system for smart cities: A cloud-based framework.** Computers, Environment and Urban Systems Volume 70, Julho, 2018, Pag. 175-188.

FARRELLY, Lorraine. **Técnicas de Representación: Fundamentos de Arquitectura.** Promopress, 2008.

FAZIO, Michael; MOFFET, Mariam e WODEHOUSE, Lawrence. **A World History of Architecture.** 3°. Ed. Londres; Editora Laurence King. 2013.

FERREIRA, B.; LEITAO, A. **Generative Design for Building Information Modeling,** Viena, v. 01°, n. 1!, p. 635 - 645, 2015.

FUTSCHEK, Gerard. "**Algorithmic Thinking: The Key for Understanding Computer Science**"; Lecture Notes in Computer Science,4226(2006), p. 159 - 168.

GOMES, Frederico Pimentel. **Curso de Estatística Experimental**, São Paulo; Editora Nobel, 1982.

GÓMEZ; PELLETIER, **Architectural Representation and the Perspective Hinge**, Massachusetts, MIT Press, 2000.

GURGEL, Miriam. **Projetando espaços: guia de arquitetura de interiores para áreas residenciais**. 3°. Ed. São Paulo, 2005.

HECCUCCI, E. S. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Engenharia Civil e o papel da Expressão Gráfica neste contexto**. 2014. 17 f. il. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

JERNIGAN, F. **Big BIM little bim: the practical approach to Building Information Modeling integrated practice done the right way!** Salisbury, 2nd ed. 2008.

JUSTI, Alexander Rodrigues. **Revit Architecture 2010**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2010.

KALISPERIS, Loukas. **CAD in Education: PennStateUniversity**. In ACADIA Quarterly, vol. 15, number 3, 1996. P.1-25.

KASSEM, Mohammed. AMORIN, Sergio. **BIM. Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Tesside University Repository. Brasília, 2015 p. 110-130.

KOLAREVIC, Branko. **Architecture in the Digital Age**. Design and Manufacturing. Taylor&Francis Group: New York, 2003.

KOLAREVIC, Branko; KLINGER, Kevin. **Manufacturing Material effects. Rethinking design and making in architecture**. Taylor&Francis Group, New York, 2008.

KOSTOF, Spiro. **The Architect: Chapters in the History of the Profession**. EUA: University of California Press, 1977.

LAISERIN, Jerry. **Digital Environments for Early Design: Form-Making versus Form-Finding**. First International Conference on Critical Digital: What Matters(s)? - 18-19 April 2008, Harvard University Graduate School of Design, Cambridge (USA), pp. 235-242, Disponível em: http://papers.cumincad.org/data/works/att/cdc2008_235.content.pdf

LEE, Seulki; Yu, Jungho. **Comparative Study of BIM Acceptance between Korea and the United States**. Journal of Construction Engineering and Management Volume 142 Issue 3 – Março, 2016.

LIMA, Claudia. **Autodesk Revit Architecture 2011: Conceitos e Aplicações**. 1ed. São Paulo: Erica, 2010. p. 19-24.

LIU, X.; WANG, X.; WRIGHT, G.; CHENG, J.; LI, X. ; LIU, R.. **A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS)**. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2017 6(2), pp. 53.

MACHADO, F. A.; RUSCHEL, R. C.; SCHEER, S. Análise da produção científica brasileira sobre a Modelagem da Informação da Construção. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 359-384, out./dez. 2017. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

MARK, Earl, et al, **A perspective on Computer Aided Design after Four Decades**, *Architecture in Computro [26th eCAADe Conference Proceedings]* 17-10 Setembro 2008. p. 169-176.

MARTINS, Paola. C. F. **A interoperabilidade entre sistemas BIM e simulação ambiental computacional: estudo de caso**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MARTINEZ, Alfonso Corona. **Ensaio sobre o Projeto**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000. P. 9.

MILIOLI, Larissa . 2012. **O uso de sistemas CAD e de prototipagem rápida no projeto de arquitetura: benefícios e desafios**. Brasília, DF. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília.

MITCHELL, William J. **The logic of architecture: design, computation and cognition**. Cambridge, MA: The MIT Press, 1996.

MITCHELL, William J. **Constructing Complexity: Computer Aided Architectural Design Futures 2005**: Proceedings of the 11th International CAAD Futures Conference held at the Vienna University of Technology, Vienna, Austria, on June 20-22, 2005. Springer, Netherlands, 2005. p.41-50.

MESSNER, John I, KREIDER, Ralph G, **The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses**. Penn State Computer Integrated Constructin. 2013. p.3-8).

OHORI ,Ken Arroyo; BILJECKI, Filip; DIAKITE´, Abdoulaye; KRIJNEN ,Thomas ; LEDOUX ,Hugo ; STOTER, Jantien . **Towards an Integration of GIS and BIM data: What are the Geometric and Topological Issues?** ISPRS Annals of the Photogrammetry,

Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume IV-4/W5, 2017 12th 3D Geoinfo Conference 2017, 26–27 October 2017, Melbourne, Australia.

OLIVEIRA, Marcos Bandeira de Oliveira. **Google Sketchup Pro: Aplicado ao Projeto Arquitetônico**. São Paulo. Novatec, 2010.

OLIVEIRA, R. Castro de. 1992. **Conhecimento e projeto: o conceito de imitação como fundamento de um paradigma didático da arquitetura**. Porto Alegre, RS. Dissertação de mestrado em Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLSON, Perla-Ola; AXELSSON, Josefine; HOOPER, Martin; HARRIE, Lars. **Automation of Building Permission by Integration of BIM and Geospatial Data**. International Journal of Geo-Information. 2018.

ONSTEIN, Erling; GONZALEZ TOGNONI, Matias. **“Building permits” as proof of concepts in merging gis and bim information: a case study**. WIT Transactions on The Built Environment, Vol 169. 2017. WIT Press

ORCIUOLI E CELANI, Affonso e Gabriela. 3D em detalhes. **AU - Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, ano 25, n. 201, p. 68-71. _____, **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

PIPES, Alan. **Desenho para designers: Habilidade de desenho, esboços de conceito, design auxiliado por computador, ilustração...**/ Alan Pipes; tradução Marcelo A. Alves- São Paulo: Editora Blucher, 2010.

PÉREZ-GOMEZ, Alberto e PELLETIER, Louise. **Architectural Representation beyond Perspectivism**. In *Perspecta*, Vol. 27 (1992). p.34.

RACE, Steve, **BIM DEMYSTIFIED**. Riba Publishing Ltd, London 2014. p.159

RASMUSSEN, Steen Eiler, **Experiencing Architecture, 2nd Edition**, United States, Twenty-eight printing, 2000. p 9-36.

ROBBINS, Edward. **Why architects draw**. MIT Press, Cambridge. Massachusetts, EUA, 1997.

ROONEY, Joe; STEADMAN, Philip, 1987. **Principles of Computer-Aided Design**. Prentice Hall, 1987. p.1.

ROZESTRATEN, Artur. **Representação do projeto de arquitetura: uma breve revisão crítica**. Pós. Rev Programa Pós-Grad Arquit Urban. FAUUSP [online]. 2009, n.25, p. 255. ISSN 1518-9554.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; SALES, A. A.; MORAIS, M. **O ensino de BIM: exemplos de implantação em cursos de engenharia e arquitetura.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 10., 2017, Fortaleza, Brasil. Anais [...]. Fortaleza, CE: Marketing Aumentado, 2017.

RUSCHEL, Regina; SCHEER, Sergio; MACHADO, Fernanda. **Análise da produção científica sobre Modelagem da Informação da Construção.**2017

SABINO, Vanessa C. **Um estudo sistemático de licenças de software.** São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2011. p.8-18.

SANTOS, Luís André. **Building information modeling no ensino de arquitetura e urbanismo: Percepção e disseminação do BIM nas Instituições de Ensino Superior do Estado de São Paulo.** 2017. 138 f. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) - Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2017.

SANTOS, Sabrina. **Dynamo: The Secret to Working Smarter and Making Your Life Easier** 04 Sep 2015. ArchDaily. <<https://www.archdaily.com/773079/dynamo-the-secret-to-working-smarter-and-making-your-life-easier>> ISSN 0719-8884. Acesso em: 01 abril. 2021.

SCHODEK, Daniel. et al. **Digital Design and Manufacturing.** New Jersey: John Wiley and sons, 2005.

SENA, Paulo Cezar Peixoto. **Automação de Processos de Projeto e Programação em BIM: Dynamo, Python e C#.** Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo,2019.

SGAMBELLURI, M. Practically Dynamo: **Practical Uses for Dynamo within Revit.** Disponível em <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/More-Practical-Dynamo-Practical-Uses-Dynamo-Within-Revit-2015>. Acesso em: 27 abril. 2021.

SILVA, R.C., AMORIM, L.M.E. **Urbanismo paramétrico: emergência, limites e perspectivas de nova corrente de desenho urbano fundamentada em sistemas de desenho paramétrico.** In V!RUS. N. 3. São Carlos: Nomads.usp, 2010. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/submitted/layout.php?item=2&lang=pt>. Acesso em: 15 Dez. 2020.

SINDUSCON-DF. Disponível em: http://www.sinduscondf.org.br/portal/noticia/706/lentidao-afasta-investimentos-no-setor-da-construcao-civil-_jornal-de-brasilia. Acesso em: 02 abril. 2021.

SYDORA, C; STROULIA, E - Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM. Automation in Construction, 2020

SmartMarketReport, **The Business Value of BIM for Infrastructure**, 2017. Pag.9

SOUZA, Marco A Furlan. **Algoritmos e lógica de programação: um texto introdutório para engenharia**. 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SOMMERVILLE, Ian. Software engineering . 9th ed. 2011.

SUERMANN, Patrick C. **Evaluating the impact of Building Information Modeling (BIM) on Construction**. Tese de Doutorado. University of Florida, Florida, 2009.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. **Macro-BIM adoption: Conceptual structures**. Automation in Construction [S.I.], v. 57, p. 64–79, 2015.

SUN, Jing; OLSON, Perola; ERIKSSON, Helen ; HARRIE, Lars **.Evaluating the geometric aspects of integrating BIM data into city models**. Journal of Spatial Science, 65:2, 235-255, 2020.

SUTHERLAND, Ivan. **Sketchpad: a man machine graphical communication system**. University of Cambridge. Computer Laboratory. United Kingdom, 2003. p. 44-70.

TERZIDIS, Kostas. **Expressive Form: A conceptual approach to computational design**. 1ª ed. New York: Spoon Press, 2003.

The National BIM Report 2019, The NBS.

The National BIM Report 2020, The NBS.

WESTON, Richard. **100 Ideias That Changed Architecture**. Londres: Laurence King. 2011. p. 185.

ZAMBON, Eric. Burocracia para obter alvará e Habite-se envolve uma série de documentos. 11/04/2016. Em <http://aws.jornaldebrasil.com.br/noticias/cidades/613512/-burocracia-para-obter-alvara-e-habite-se-envolve-uma-serie-de-documentos/> Acesso em: 12 abril. 2020.

ZEVI, Bruno. **Saber Ver a Arquitetura**. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

INTERNET

PINTERESTE. Disponível em <https://br.pinterest.com/pin/328481366551255046/> acesso em: 20 Jun.2020.

PLATAFORMABIM. Disponível em: <http://www.plataformabim.com.br/2013/10/revit-2013-aula-20-inserindo-janelas.html> acesso em: 20/01/2020.

PORTOBELLO. Disponível em: <http://www.portobello.com.br/blog/decoracao/parque-aquatico-nacional-de-peguim> acesso em: 14 Fev.2020.

VITRUVIUS. Disponível em < <http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.137/4037>. Acesso em: 03/ 06/ 2019.

Disponível em: <http://www.orambra.com/~parametricStructures.html>. Acesso em 15/08/2020

PINTEREST, Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/463870830372172657/>. Acesso em 19/03/2021.

Disponível em: <https://time.graphics/pt/event/3277091>. Acesso em 12/10/2020.

Disponível em: <http://www.gettyimages.com/detail/video/interior-designer-working-stock-footage/477794002> Acesso em 16/10/2020.

Disponível em: <https://soa.cmu.edu/mscd/>. Acesso em 20/04/2020.

Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/architecture-design-service-for-house-render-with-3d-animation-3d-max-architecture-rendering-60297926284.html>. Acesso em 12/10/2020.

Disponível em: <http://www.temsustentavel.com.br/plataforma-bim-o-que-e-e-os-motivos-que-torna-essencial-para-arquitetura-sustentavel/>. Acesso em 22/05/19.

Disponível em: <https://computacao graficaecinema.wordpress.com/2013/07/05/historia-da-computacao-grafica-sketchpad-a-man-machine-graphical-communication-system-2/>. Acesso em 15/06/2020.

Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/30_St_Mary_Axe#/media/File:30_St_Mary_Axe_-_The_Gherkin_from_Leadenhall_St_-_Nov_2006.jpg. Acesso em 15/06/2020.

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Museu_Guggenheim_Bilbao. Acesso em 14/03/2020.

Disponível em: <http://procuroexplicador.com/explicador/geometria-descritiva-explicacoes-10o-11o-12o-ano/>. Acesso em 15/04/2020.

Disponível em: <https://spbim.com.br/o-que-e-o-clash-detection/>. Acesso em 27/04/2020.

Disponível em: http://www.wikiwand.com/en/Architectural_firm .Acesso em 13/10/2020.

Disponível em: www.bernardesarq.com.br/escritor. Acesso em 14/10/2020.

Disponível em: <http://archdialog.com/tag/sciences-building-of-cooper-union-college/>. Acesso em 12/10/2020.

Disponível em: <https://computacaograficaecinema.wordpress.com/2013/07/05/historia-da-computacao-grafica-sketchpad-a-man-machine-graphical-communication-system-2/>. Acesso em 06/08/2020.

Disponível em: <https://docplayer.com.br/2640392-Desenho-de-arquitetura-planta-baixa-aula-01-prof-aline-fernandes.html>. Acesso em 02/02/2021.

Disponível em: <http://es.wahooart.com/@/PaoloUccello>. Acesso em 08/09/2020.

Disponível em: <http://www.mindegua.com/dibex/Dibutades-e.htm>. Acesso em 06/07/2020.

Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/James_Watt. Acesso em 06/07/2019.

Disponível em: <https://www.magnusmundi.com/igreja-sagrada-familia-de-gaudi/>. Acesso em 04/03/2021.

Disponível em:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guggenheim_museum_Bilbao_HDR-image.jpg.

Acesso em 09/08/2019.

Disponível em: <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/13537474/Los-Sumerios-la-primera-civilizacion.html>. Acesso em 05/06/2020.

Disponível em:

https://en.wikipedia.org/wiki/Parthenon#/media/File:The_Parthenon_in_Athens.jpg. Acesso em 20/07/2020.

Disponível em: <https://docplayer.com.br/61375170-Simulacao-computacional-ambiental-no-sistema-bim-possibilidades-e-limitacoes-do-calculo-da-luz-natural.html>. Acesso em 15/08/2020.

Disponível em: <http://idlespeculations-terryprest.blogspot.com.br/2006/12/ospedale-degli-innocenti-foundling.html>. Acesso em 10/01/2020.

Disponível em: <https://spbim.com.br/o-que-e-o-bim/>. Acesso em 15/09/2020.

Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/188377196887991798/>. Acesso em 20/02/2020.

Disponível em: <https://brunotecnologia.wordpress.com/>. Acesso em 18/12/2020.

Disponível em: <http://pt.dreamstime.com/fotos-de-stock-royalty-free-templo-de-horus-edfu-egipto-image6094008>. Acesso em 20/04/2020.

Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/395824254728762538/>. Acesso em 16/03/2020.

Disponível em: <https://techlinecom.files.wordpress.com/2013/04/representac3a7c3a3o-grc3a1fica-2.png>. Acesso em 13/02/2020.

Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/888814/o-que-e-o-bim-e-por-que-ele-e-fundamental-nos-projetos-arquiteticos-atualmente>. Acesso em: 20/04/2021.

Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/762816/os-melhores-programas-bim-e-de-desenho-de-2015>, Acesso: 15/02/2021.

ANEXOS

ANEXO A – DECRETO N° 19.915 DE 08 DE OUTUBRO DE 1998

DECRETO N.º 19.915/98

Regulamenta a Lei N.º 2.105 de 08 de outubro de 1998 que dispõe sobre o Código de Edificações do Distrito Federal

O GOVERNADOR DO DISTRITO FEDERAL, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 100 incisos VII e XXVI da Lei Orgânica do Distrito Federal, DECRETA:

CAPÍTULO I
DA FINALIDADE

Art. 1º - Este Decreto regulamenta a Lei n.º 2.105 de 08 de outubro de 1998, que dispõe sobre o Código de Edificações do Distrito Federal.

CAPÍTULO II

DA CONCEITUAÇÃO

Art. 2º - Para efeito deste Decreto ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

I - afastamentos mínimos obrigatórios - faixas definidas na legislação de uso e ocupação do solo, situadas entre os limites do lote e a área passível de ocupação pela edificação;

II - alinhamento do lote ou projeção - limite entre o lote ou projeção e o logradouro público ou lotes vizinhos;

III - área de acomodação de público - local em edificação de uso coletivo para permanência de espectadores, com ou sem assentos;

IV - área de acumulação - área ou faixa de transição destinada a ordenar eventual fila de entrada de veículos situada entre a via pública e o local de estacionamento ou garagem do lote;

V - áreas comuns - áreas de co-propriedade dos condôminos de um imóvel;

VI - área “non aedificandi” - faixa de terra com restrições para construir, edificar ou ocupar, vinculando-se seu uso a uma servidão;

VII - área total de construção - somatório das áreas de construção de todos os pavimentos da edificação, inclusive das áreas desconsideradas para o cálculo da taxa máxima de construção ou do coeficiente de aproveitamento;

VIII - balanço - avanço ou prolongamento de um elemento da construção além da sua base de sustentação, sem qualquer apoio vertical;

IX - banheiro - compartimento destinado à higiene pessoal, provido de, no mínimo, vaso sanitário, chuveiro e lavatório;

X - beiral - prolongamento da cobertura em balanço que sobressai dos limites externos da edificação, exclusivamente para proteção de fachadas;

XI - boxe - cada um de uma série de compartimentos separados entre si por divisórias em banheiros, mercados, garagens, lojas, dentre outros;

XII - caixa d'água – reservatório de água da edificação, denominada enterrada ou inferior, quando situada em nível inferior ao pavimento térreo e elevada ou superior, quando situada sobre a edificação;

XIII - calçada - faixa destinada ao trânsito de pedestres;

XIV - castelo d'água - construção elevada, isolada da edificação, destinada a reservatório de água;

XV- cela para religiosos - compartimento para dormir ou repousar, destinado aos membros de uma instituição religiosa;

XVI - centro comercial - agrupamento de lojas situadas num mesmo conjunto arquitetônico, voltadas para circulação de uso comum, que contenha também instalações de natureza cultural e de lazer e serviços de utilidade pública, dentre outros; o mesmo que “shopping center”;

XVII - certidão de alinhamento e de cota de soleira - documento fornecido pela Administração Regional que atesta a verificação de alinhamento ou de cota de soleira;

XVIII -circulação - elemento que estabelece a interligação de compartimentos da edificação, assim classificada:

a) circulação horizontal - estabelece interligação num mesmo pavimento, entrecortada ou não por outras circulações, como corredores e galerias;

b) circulação vertical - estabelece interligação entre dois ou mais pavimentos, como escadas, rampas e elevadores.

XIX - circulação de uso comum ou principal – circulação horizontal ou vertical utilizada pelo conjunto dos usuários da edificação;

XX - circulação de uso restrito ou secundária – circulação horizontal ou vertical utilizada por grupo restrito de usuários da edificação ou que serve de acesso secundário;

XXI- corrimão - peça ao longo de uma escada que serve de apoio para a mão de quem sobe ou desce;

XXII - cota de soleira - indicação ou registro numérico fornecido pela Administração Regional que corresponde ao nível do acesso de pessoas à edificação e ao nível do pilotis em projeções; XXIII - duto de aeração - tubo utilizado na edificação para aeração de compartimento;

XXIV- eirado - espaço descoberto em plano superior a outra unidade imobiliária;

XXV- faixa ou área verde “non aedificandi” - faixa de terra arborizada que emoldura as superquadras, com restrições quanto à sua ocupação;

XXVI galeria comercial - agrupamento de lojas ou boxes situados num mesmo conjunto arquitetônico e voltadas para circulação de uso comum;

XXVII - guarda – corpo – estrutura de proteção maciça ou não que serve de anteparo contra quedas de pessoas em escadas, rampas, varandas, terraços e eirados, dentre outros;

XXVIII - guarita - edificação destinada a abrigo da guarda ou da vigilância;

XXIX - hipermercado - local destinado à venda de produtos alimentícios e produtos variados expostos em balcões, estantes ou prateleiras, com área de venda igual ou superior a cinco mil metros quadrados;

XXX - Interessado - pessoa física ou jurídica envolvida no processo ou em um expediente em tramitação em órgãos da administração pública;

XXXI- interligação de vestíbulos - circulação horizontal de ligação entre os vestíbulos social e de serviço da edificação;

XXXII - lavabo - compartimento destinado à higiene pessoal e provido de, no máximo, um vaso sanitário e um lavatório, o mesmo que sanitário; XXXIII - local de hospedagem -

edificação destinada à hospedagem ou moradia temporárias, que dispõe de unidades habitacionais e de serviços comuns;

XXXIV - local de reunião – espaço destinado a agrupamento de pessoas em edificação de uso coletivo;

XXXV - loja - unidade imobiliária destinada a fins comerciais e voltada para o logradouro público ou para circulação horizontal de uso comum, podendo dispor de mezanino ou sobreloja;

XXXVI- memorial descritivo, explicativo ou justificativo - documento que acompanha os desenhos de um projeto de urbanização, de arquitetura, de parcelamento, de equipamentos ou de instalação, onde são explicados e justificados critérios, soluções, detalhes e funcionamento ou operação;

XXXVII -mercado - local destinado à venda de produtos alimentícios e produtos variados expostos em balcões, estantes ou prateleiras, com área de venda igual ou inferior a trezentos metros quadrados;

XXXVIII- mezanino - pavimento elevado e integrado ao compartimento, que ocupa até cinquenta por cento de sua área interna;

XXXIX - motivo arquitetônico - elemento ornamental da edificação que avança ou não além dos planos das fachadas, o mesmo que moldura ou saliência;

XL- pavimento – conjunto de compartimentos ou ambientes situados entre dois pisos consecutivos, em planos horizontais no mesmo nível ou em níveis diferentes que correspondem a um andar da edificação;

XLI - pavimento térreo – primeiro pavimento da edificação situado ao nível do solo ou definido pela cota de soleira;

XLII - pavimentos superiores - pavimentos da edificação situados acima do pavimento térreo;

XLIII - pilotis – pavimento térreo formado pelo conjunto de pilares que sustentam a edificação, com espaços livres e áreas de uso comum;

XLIV - platibanda - prolongamento das paredes externas da edificação, situado acima da última laje e utilizado como composição arquitetônica de anteparo visual de telhados;

XLV - pólo gerador de tráfego - constituído por edificação ou edificações cujo porte e oferta de bens ou serviços geram interferências no tráfego do entorno e grande demanda por vagas em estacionamentos ou garagens;

XLVI - quiosque – pequena edificação não permanente situada em lugares públicos, galerias comerciais ou centros comerciais e destinada à comercialização de produtos, valores e serviços; XLVII - sala comercial - unidade imobiliária destinada a fins comerciais e voltada para circulação horizontal de uso comum;

XLVII - sala comercial - unidade imobiliária destinada a fins comerciais e voltada para circulação horizontal de uso comum;

XLVIII -sanitário - o mesmo que lavabo;

XLIX - semi-enterrado - pavimento da edificação, aflorado do solo e situado abaixo do pavimento térreo, que apresenta menos de sessenta por cento de seu volume enterrado em relação ao perfil natural do terreno;

L - sobreloja - pavimento entre o pavimento térreo e o primeiro pavimento da edificação, com ou sem acesso independente;

LI - sótão - espaço útil sob a cobertura da edificação e adaptado ao desvão do telhado, com ou sem aeração e iluminação naturais, não se constituindo em pavimento para fins do disposto na legislação de uso e ocupação do solo;

- LII - subsolo - pavimento da edificação, situado abaixo do pavimento térreo, que apresenta sessenta por cento ou mais de seu volume enterrado em relação ao perfil natural do terreno;
- LIII - supermercado - local destinado à venda de produtos alimentícios e produtos variados expostos em balcões, estantes ou prateleiras com área de venda superior a trezentos metros quadrados e inferior a cinco mil metros quadrados;
- LIV - terraço - espaço descoberto sobre a edificação ou no nível de um de seus pavimentos;
- LV - testada – limite entre o lote ou a projeção e a área pública;
- LVI - uso coletivo – corresponde às atividades com utilização prevista para grupo determinado de pessoas, como as de natureza cultural, esportiva, recreativa, educacional, social, religiosa e de saúde, o mesmo que uso institucional ou comunitário;
- LVII - uso comercial de bens e de serviços – corresponde às atividades que abrangem a comercialização de produtos, valores e serviços;
- LVIII - uso industrial – corresponde às atividades de extração e transformação da matéria-prima em bens de produção e de consumo;
- LIX - uso residencial – corresponde à atividade de habitação que pode ser coletiva ou unifamiliar;
- LX - uso rural – corresponde às atividades de agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal, pesca, aqüicultura e serviços de turismo e lazer.
- LXI - unidade habitacional de hotelaria - área privativa destinada ao repouso do hóspede, podendo também conter compartimentos ou ambientes para estar, higiene pessoal, preparo e consumo de alimentos;
- LXII - unidade imobiliária - bem imóvel matriculado no cartório de registro de imóveis;
- LXIII - verificação de alinhamento e de cota de soleira - procedimento da Administração Regional que confere se a locação da obra e a cota de soleira estão de acordo com o projeto de arquitetura aprovado ou visado;
- LXIV - vestíbulo – espaço interno da edificação que serve de acesso ou de ligação entre as circulações horizontal e vertical, o mesmo que átrio.

CAPÍTULO III DOS PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVOS

Seção I DOS PROCEDIMENTOS GERAIS

Art. 3º - A Administração Regional terá o prazo de trinta dias para atender às solicitações e requerimentos encaminhados conforme dispõe a Lei aqui regulamentada, respeitado o detalhamento estabelecido nesta regulamentação.

§ 1º A Administração Regional comunicará ao interessado sobre a tramitação de solicitações e requerimentos encaminhados para consulta aos demais órgãos da administração pública.

§ 2º O prazo máximo de que dispõe este artigo será reiniciado a partir da data do retorno da solicitação ou requerimento à Administração Regional.

Art. 4º - As solicitações constantes do mesmo formulário de requerimento obedecerão aos prazos definidos neste Decreto. Parágrafo único. Os prazos a que se refere este artigo serão contados de forma subsequente.

Art. 5º - Os processos arquivados ou em tramitação na Administração Regional podem ser consultados ou copiados pelo interessado.

Art. 6º - As plantas do processo substituídas devido a incorreções e aquelas objeto de consulta prévia serão devolvidas ao interessado.

Art. 7º - Os documentos e plantas do processo que não forem alterados em seus dados poderão ser utilizados para novas solicitações e requerimentos.

ANEXO B – PARECER DA UFMA REFERENTE A ANÁLISE DE TEMPO E ESFORÇO BIM



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

FUNDAÇÃO Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1966

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

LAWS – Laboratório de Sistemas Web Avançados

Prezado Igor Mendes Monteiro,

Em resposta à sua solicitação para análise de tempo e esforço para o desenvolvimento de funcionalidades relacionadas a seu projeto de doutorado intitulado “Automação da Verificação e Aprovação de Projetos por meio de Sistemas BIM”, considere duas possibilidades de implementação:

i) Criação de um plugin ou extensão ao software Revit(R)

O requisito central, neste caso, é permitir que os algoritmos de checagem das normas de edificação criados em seu trabalho possam ser inseridos no uso direto do software Revit (R). Na prática, o usuário da ferramenta poderia, assim, ter mensagens de erro em imediato no Revit(R) tão logo esteja projetando uma edificação que viole algumas das regras.

Dois aspectos são importantes de salientar nesta primeira possibilidade. O primeiro é o fato que o Revit (R) não é um software de código aberto, o que limita completamente o acesso exclusivo a funcionalidades que seus desenvolvedores permitam. O segundo aspecto é que o próprio formato do documento de projeto presente no software é proprietário, o que limita em muito o que se consegue inferir por uma extensão ao Revit(R).

Depois de uma análise detalhada do suporte a extensões (plugins) do software Revit (R) e até o limite das pesquisas feitas com a ferramenta, suponho não haver ainda capacidade para o software ser extensível de tal forma a permitir a implementação dos algoritmos de checagem de normas de edificação. Os engenheiros de software dão acesso apenas a funcionalidades não-invasivas nos plugins e não é possível modificar informações do documento de projeto, nem há uma API (*Application Programming Interface*) projetada para essa finalidade. É provável que tal decisão seja motivada como forma de manter seguras informações proprietárias e dificultar a implementação de ferramentas concorrentes.

ii) Exportação do documento para o padrão aberto IFC

O requisito, neste caso, é atendido não mais em usando apenas o software Revit (R), mas exportando o documento que representa a edificação, criado no Revit (R), para o padrão aberto IFC. A ideia é construir uma ferramenta de software externa, que tem como entrada o documento IFC e executa os algoritmos de checagem de normas projetados em seu trabalho.

a caminho da
excelência



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

FUNDAÇÃO Instituída nos termos da Lei nº 5,152, de 21/10/1966

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

LAWS – Laboratório de Sistemas Web Avançados

Com relação ao padrão IFC, ele é muito extenso e complexo, conforme Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012). "A versão atual, IFC4, inclui 126 tipos definidos, 206 tipos de enumeração, 59 tipos para seleção, 764 definições de entidades, 43 funções, 408 conjuntos de propriedades, 91 conjunto de quantidades e 1.691 propriedades individuais".

Adicionalmente, queria enfatizar o seguinte texto encontrado na pesquisa (Acesso em Janeiro de 2017, em <http://www.coordenar.com.br/o-ifc-e-muito-mais-que-um-simples-formato-de-arquivo/>): "A complexidade do padrão é exacerbada pela possibilidade de existirem formas alternativas de modelagem para um mesmo objeto: por exemplo, um bloco estrutural pode ser tanto modelado por uma representação limitada por quatro planos quanto pela extrusão de uma superfície e um vetor. Cada um desses objetos tem diferentes significados semânticos e, embora possam ter a mesma aparência na vista em 3D, eles terão tratamentos diferentes na ferramenta de análise estrutural."

Foi feita uma detalhada análise do formato. Trecho de um documento IFC pode ser visto a seguir.

```
ISO-10303-21;
HEADER;

/*****
* STEP Physical File produced by: The EXPRESS Data Manager Version
5.02.0100.07 : 28 Aug 2013
* Module: EDMstepFileFactory/EDMstandAlone
* Creation date: Wed Dec 21 16:57:51 2016
* Host: igor-VAIO
* Database: C:\Users\igor\AppData\Local\Temp\{F431ECA0-
43C5-4993-844B-CF9C5856708D}\ifc
* Database version: 5507
* Database creation date: Wed Dec 21 16:57:33 2016
* Schema: IFC2X3
* Model: DataRepository.ifc
* Model creation date: Wed Dec 21 16:57:33 2016
* Header model: DataRepository.ifc_HeaderModel
* Header model creation date: Wed Dec 21 16:57:33 2016
* EDMuser: sdai-user
* EDMgroup: sdai-group
* License ID and type: 5605 : Permanent license. Expiry date:
* EDMstepFileFactory options: 020000
*****/
FILE_DESCRIPTION(('ViewDefinition [CoordinationView]'),'2;1');
FILE_NAME('033/2013','2016-12-21T16:57:51',(''),(''),'The EXPRESS Data Mana-
ger Version 5.02.0100.07 : 28 Aug 2013','20150220_1215(x64) - Exporter
16.0.428.0 - Default UI','');
FILE_SCHEMA(('IFC2X3'));
ENDSEC;

DATA;
#1= IFCORGANIZATION('$','Autodesk Revit 2016 (ENU)',$, $, $);
#5= IFCAPPLICATION(#1,'2016','Autodesk Revit 2016 (ENU)', 'Revit');
```



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

FUNDAÇÃO Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1966

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

LAWS – Laboratório de Sistemas Web Avançados

```
#6= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.,0.));
```

```
#9= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.));
```

Trecho de Código IFC de uma edificação

Usando a terminologia e metodologia da técnica de Análise de Pontos de Função, fiz uma medição do tempo e esforço para a implementação da respectiva ferramenta. Considerei para o padrão aberto IFC que há 10% de elementos difíceis de processar, 40% de média complexidade e 50% de elementos simples. A estimativa se justifica pela existência de diversos elementos repetidos na representação.

Sumariamente, estimo que um *parsing* (análise léxica e sintática) para o padrão aberto IFC tomaria 4000 horas/homem em termos de pontos de função. Um bom programador com produtividade de 40 horas/homem por semana e em tempo integral provavelmente precisaria de 100 semanas (aproximadamente 2 anos) para concluir o trabalho. Suponho que o prazo possa ser diminuído para aproximadamente **10 meses** caso sejam contratados três desenvolvedores de software medianos em tempo integral.

Depois de criado o *parsing*, será necessário implementar os algoritmos de checagem de normas de edificação propriamente ditos. Esse esforço de desenvolvimento é de menor complexidade uma vez que os elementos do padrão IFC sejam interpretados. Em termos de pontos de função, estimei em 160 horas/homem (**1 mês** aproximado de trabalho de um bom programador) para implementação de tais algoritmos. Esse segundo esforço, no entanto, é inútil sem a implementação inicial do *parsing*.

Cordialmente,

Carlos de Salles Soares Neto

Carlos de Salles Soares Neto

Coordenador do Laboratório de Sistemas Web Avançados

Departamento de Informática, UFMA

ANEXO C – EXPERIMENTO 8 E 9

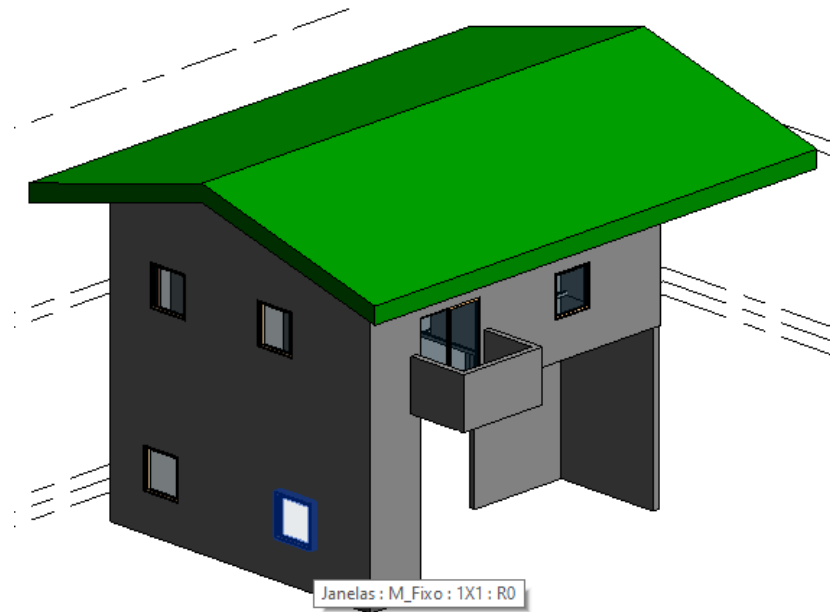


Figura 208 - Casa 1

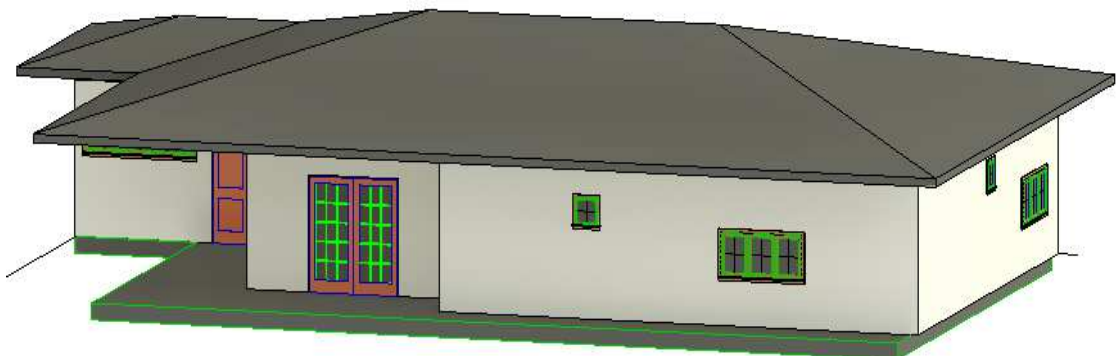


Figura 209 - Casa 2

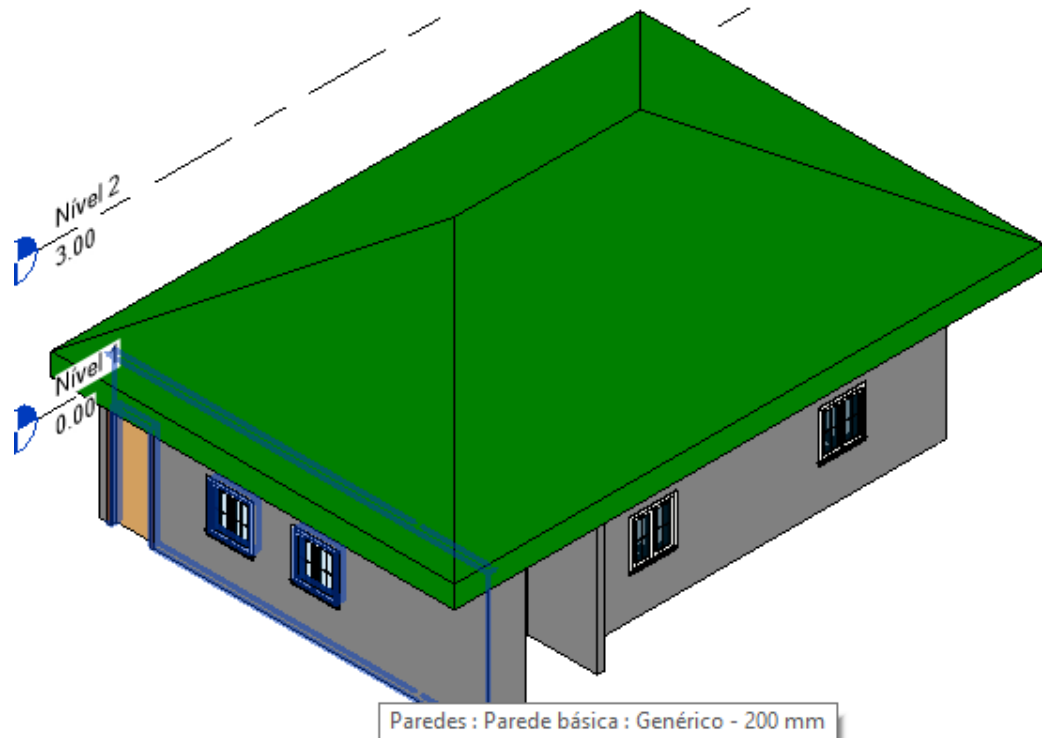


Figura 210 - Casa 3

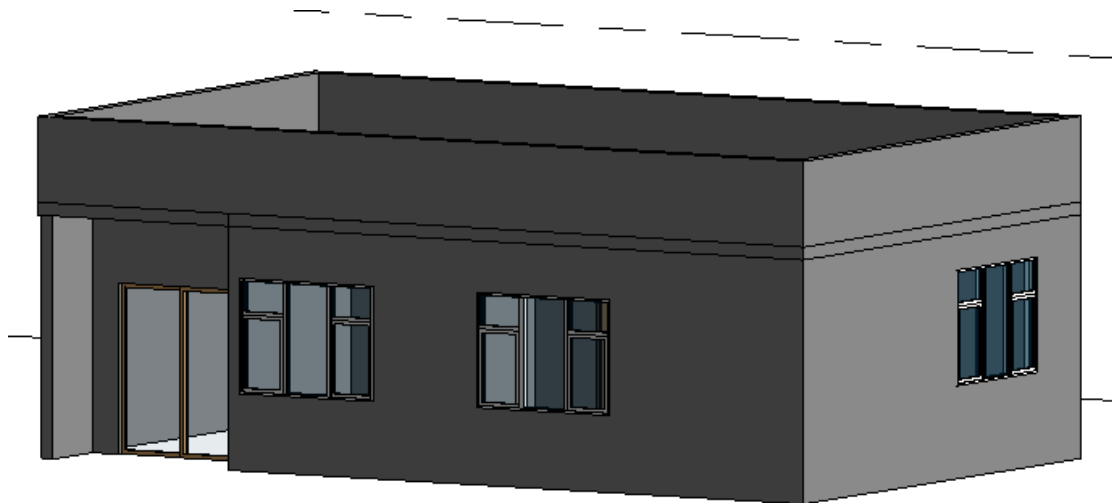


Figura 211 - Casa 4

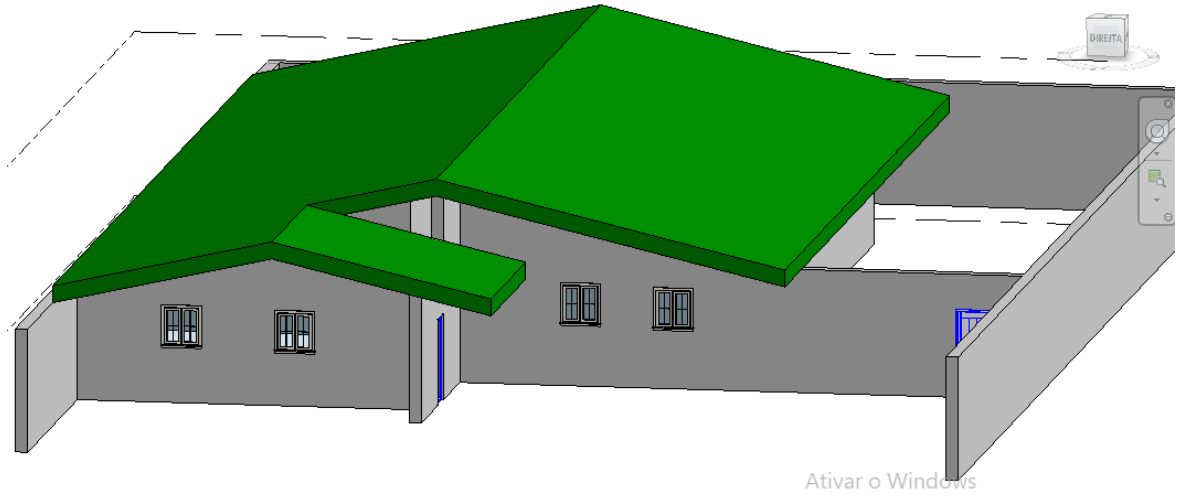


Figura 212 - Casa 5

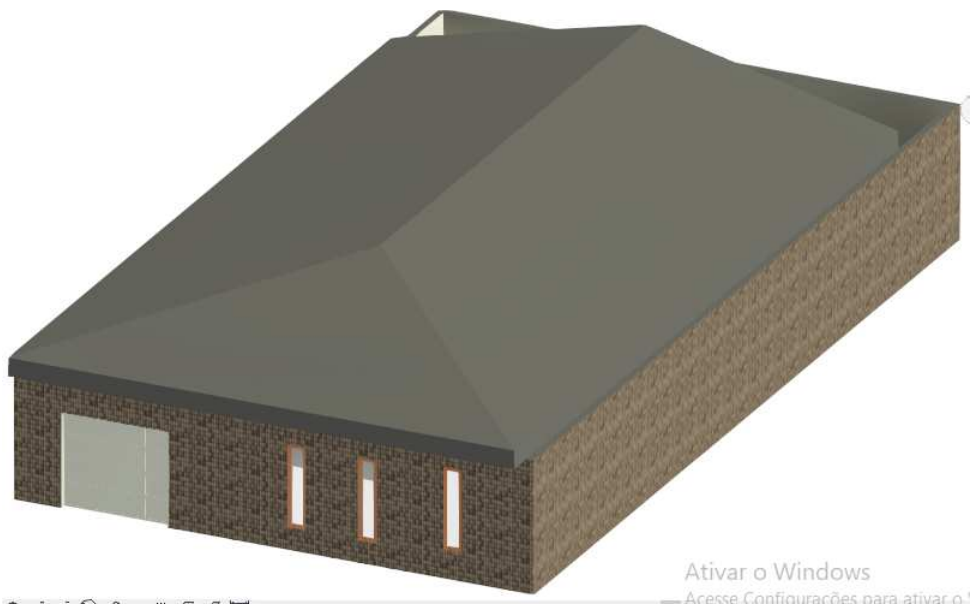


Figura 213 – Casa 6

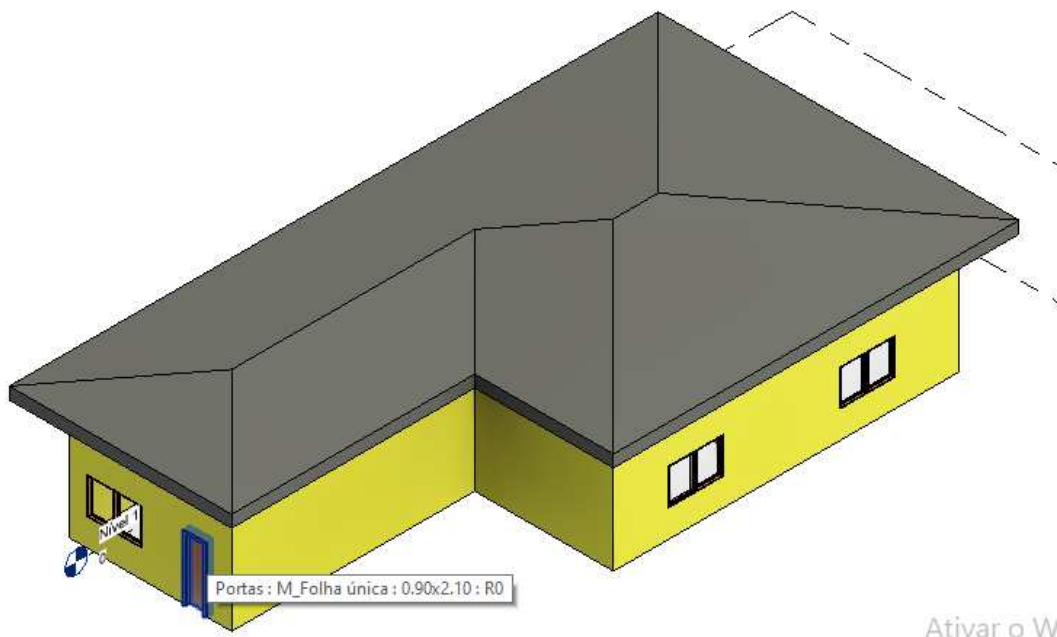


Figura 214 – Casa 7

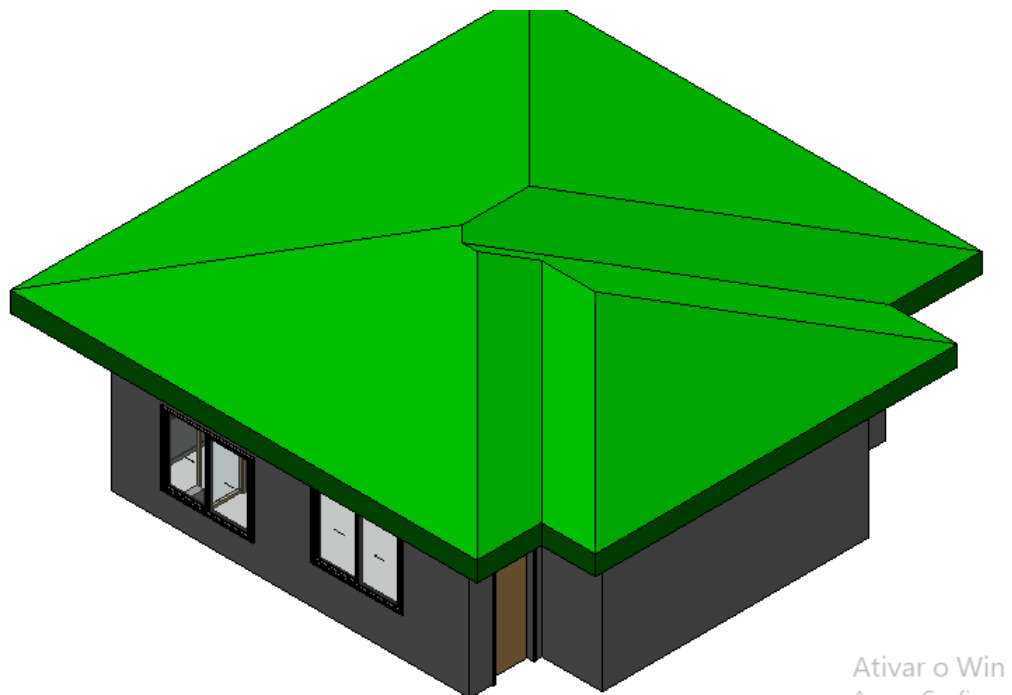


Figura 215 – Casa 8

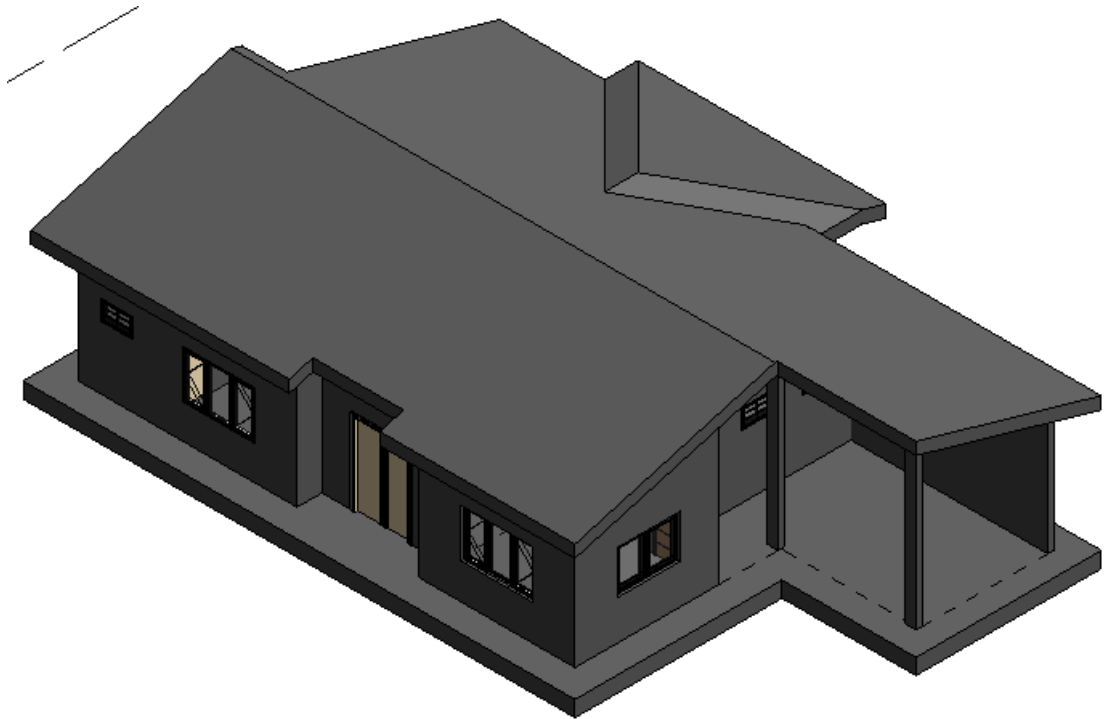
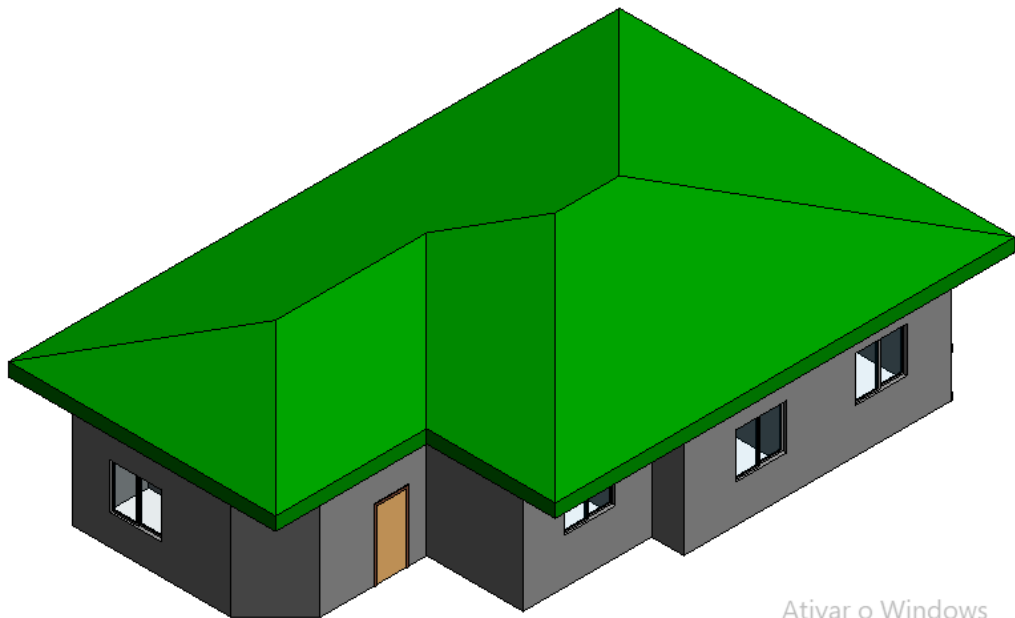


Figura 216 – Casa 9



Ativar o Windows
AutoCAD

Figura 217 – Casa 10

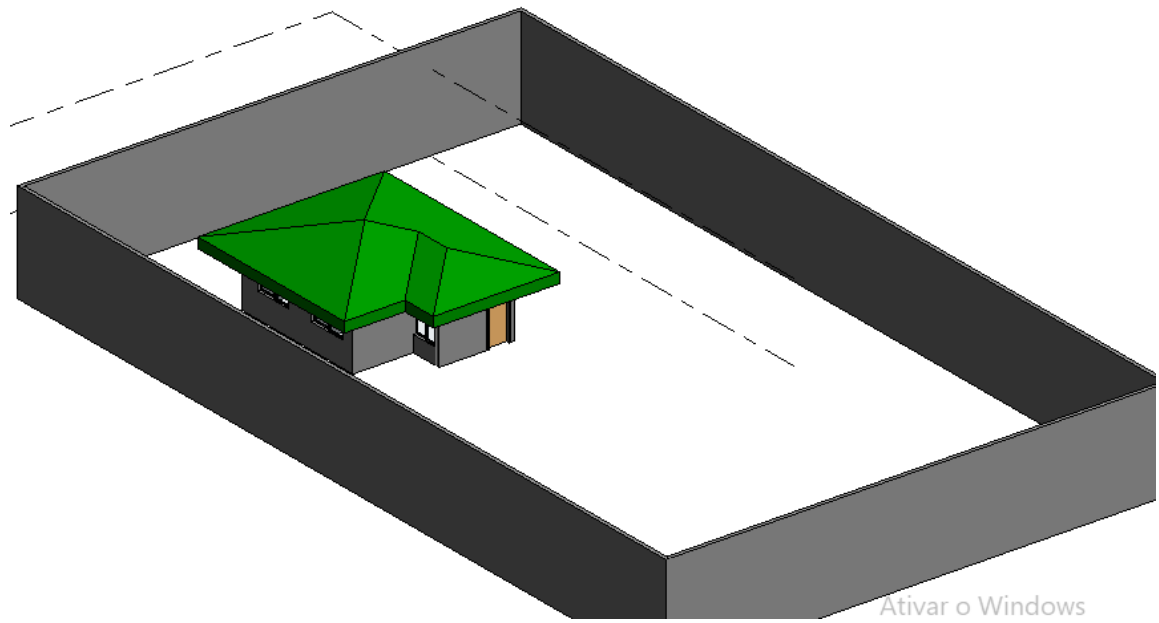


Figura 218 – Casa 11

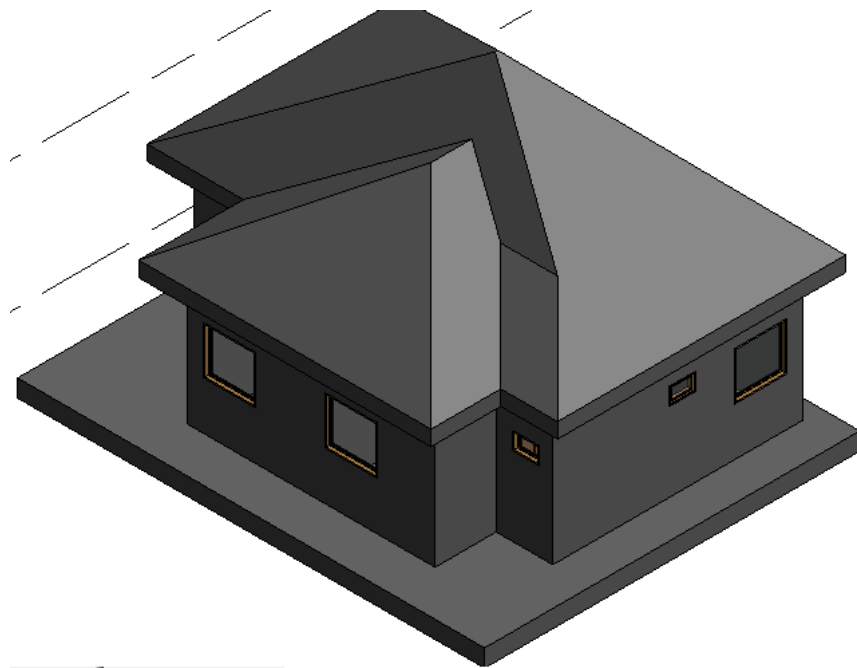
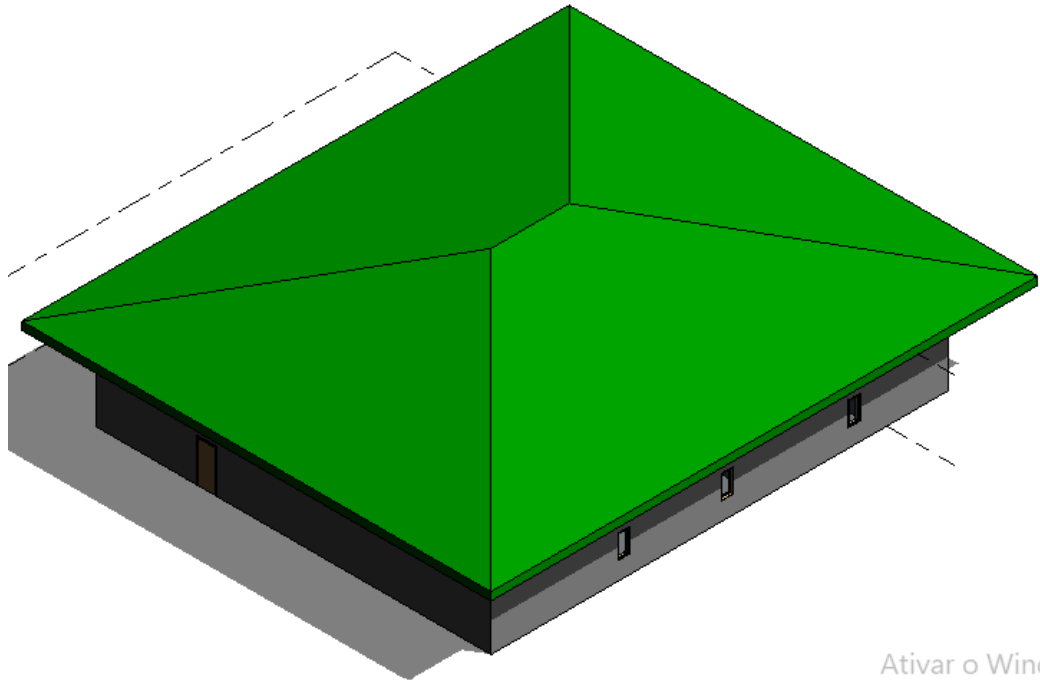
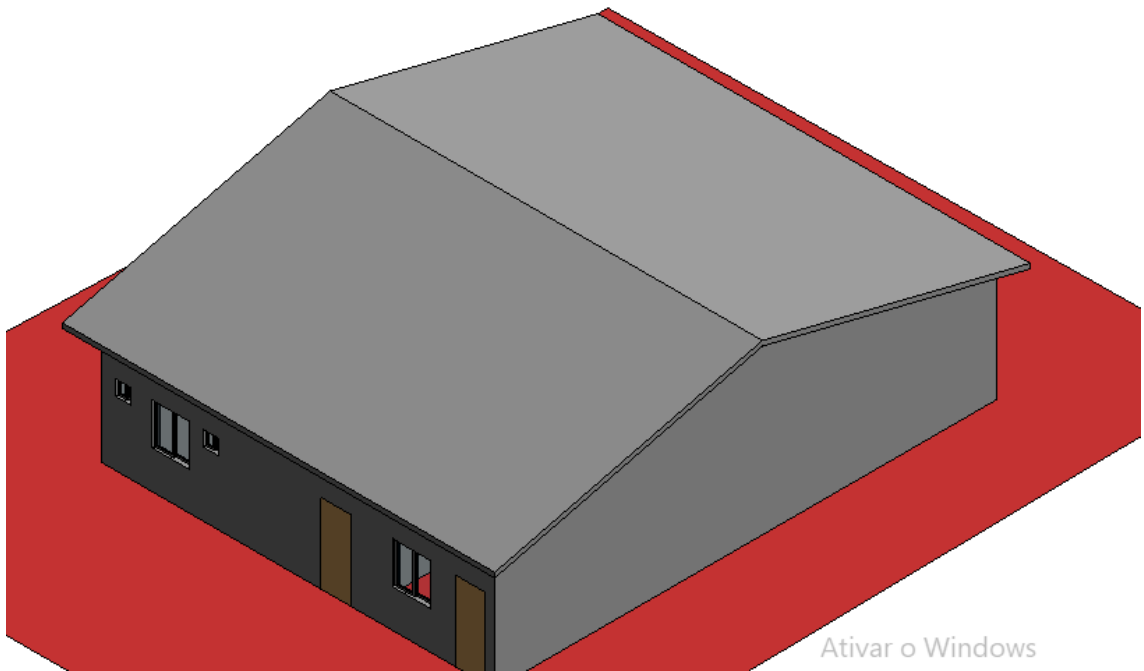


Figura 219 – Casa 12



Ativar o Wind

Figura 220 – Casa 13



Ativar o Windows

Figura 221 – Casa 14

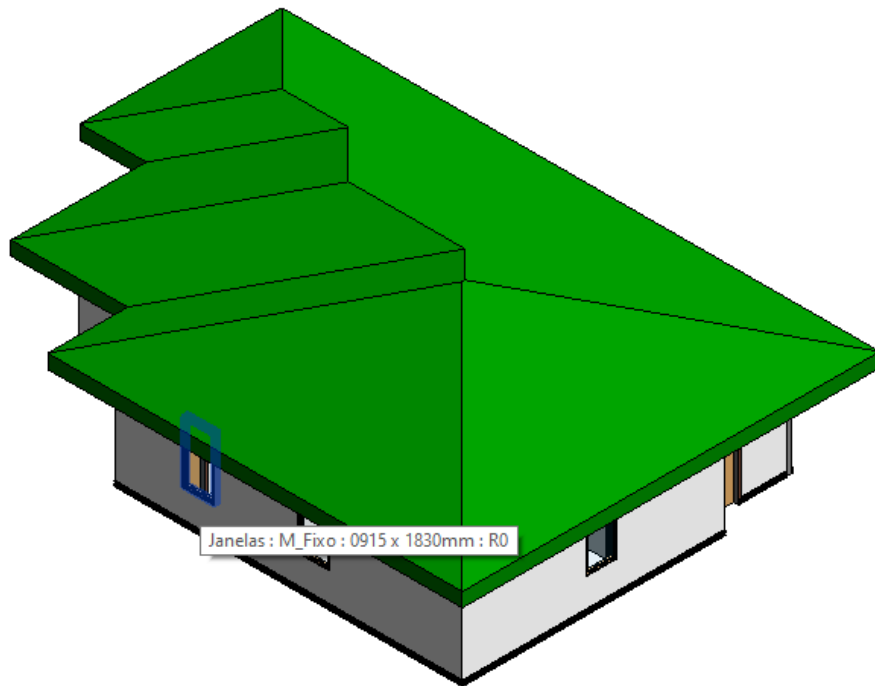


Figura 222 – Casa 15

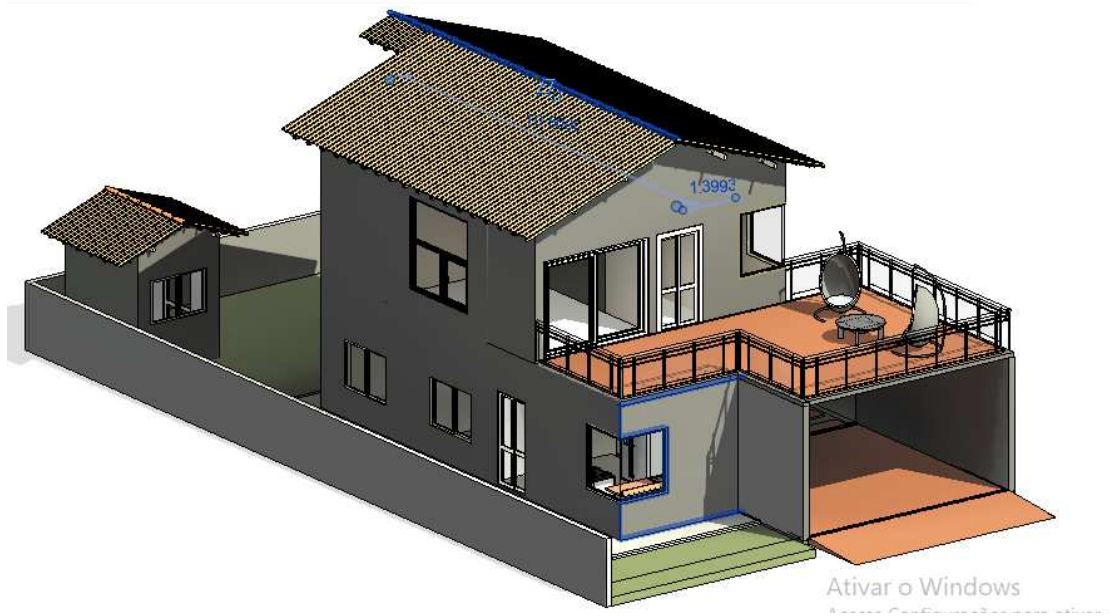


Figura 223 – Casa 16

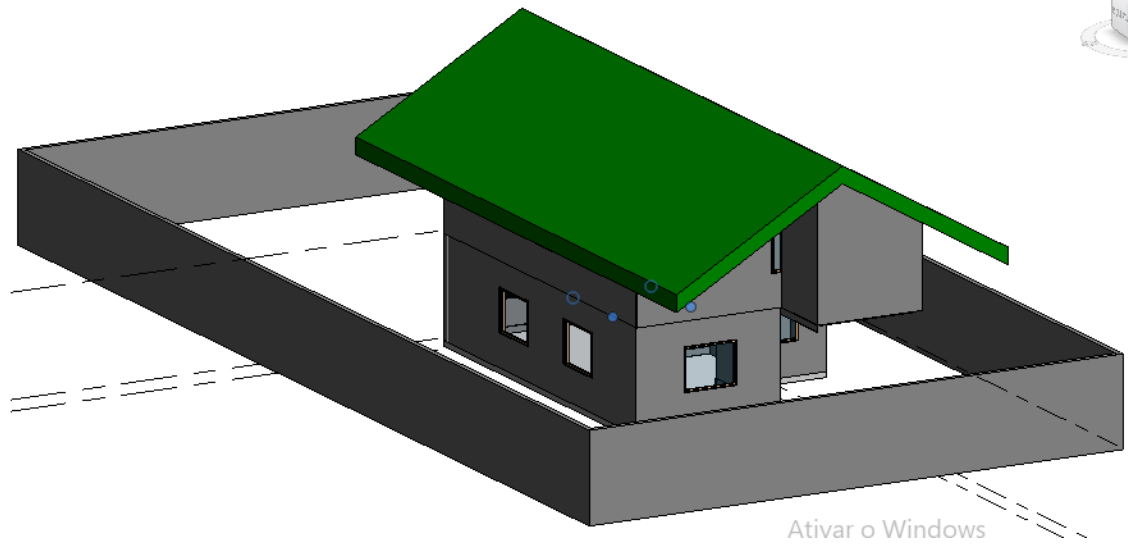


Figura 224 – Casa 17

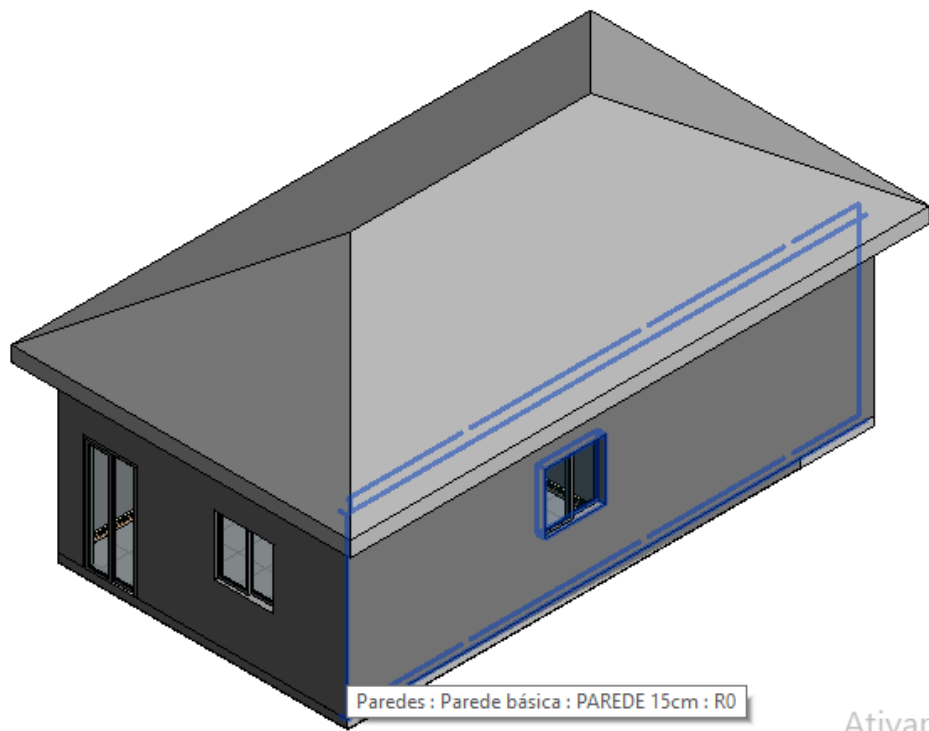


Figura 225 – Casa 18

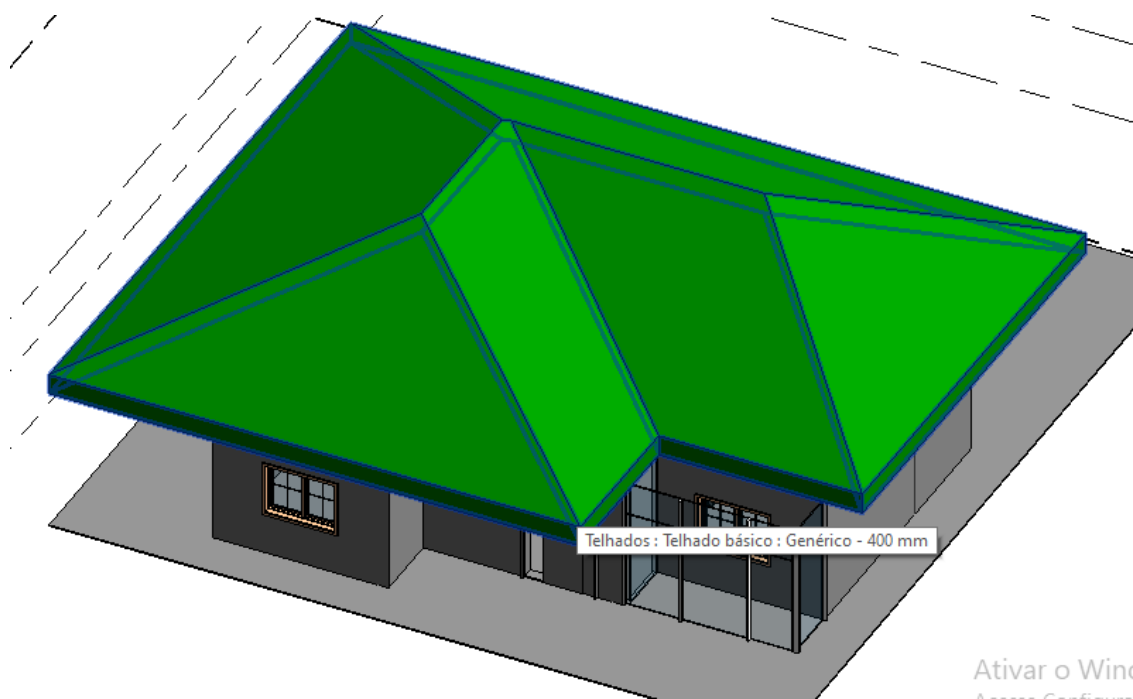


Figura 226 – Casa 19



Figura 227 – Casa 20

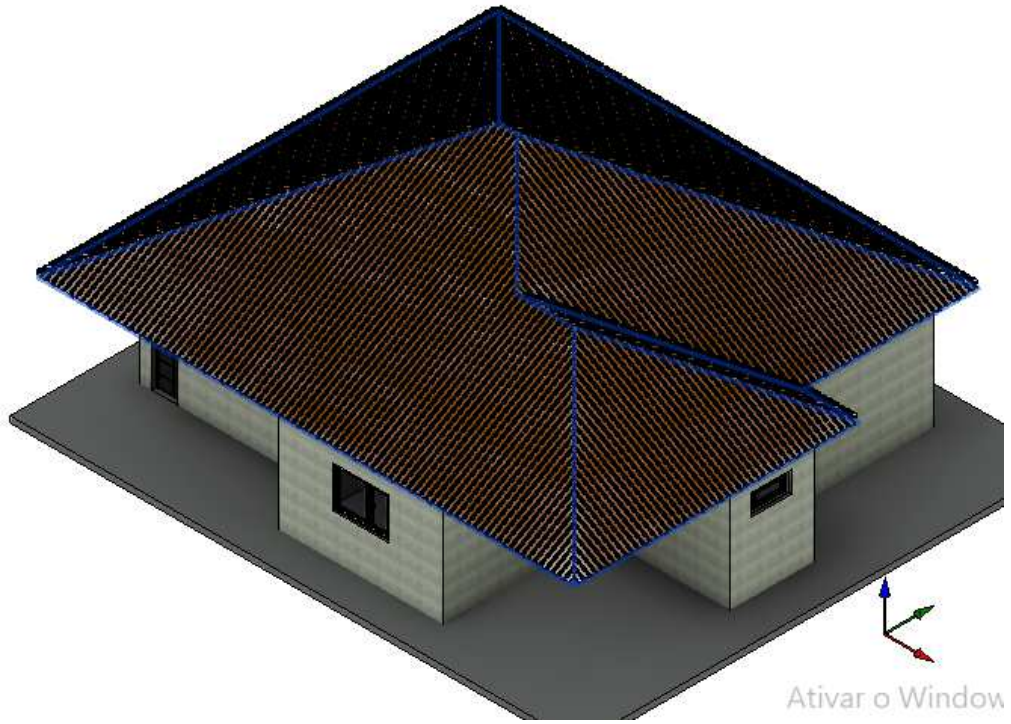


Figura 228 – Casa 21



Figura 229 – Casa 22

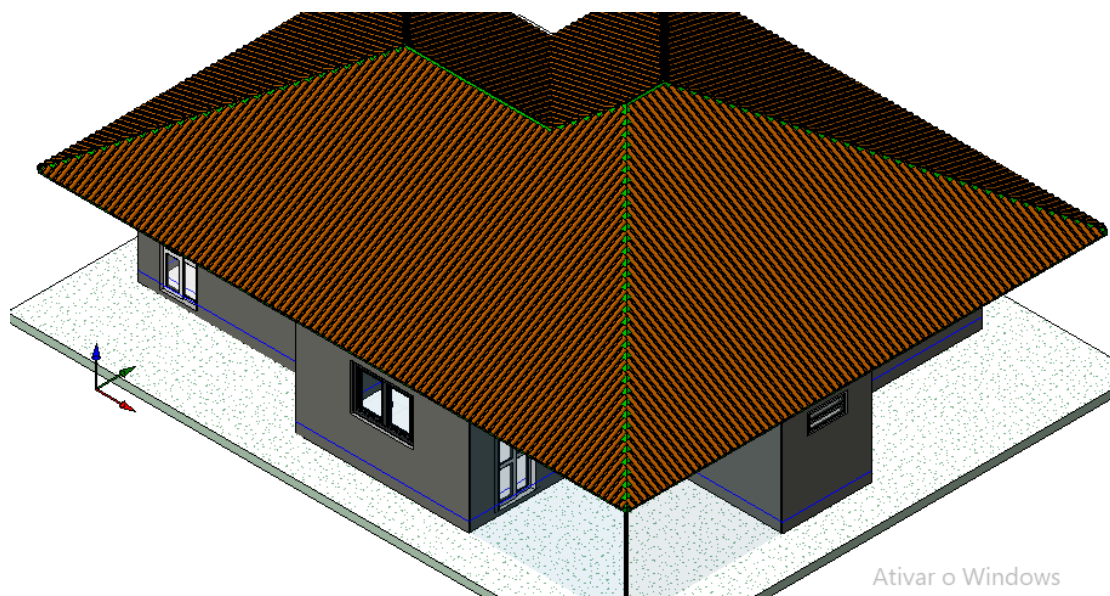


Figura 230 – Casa 23

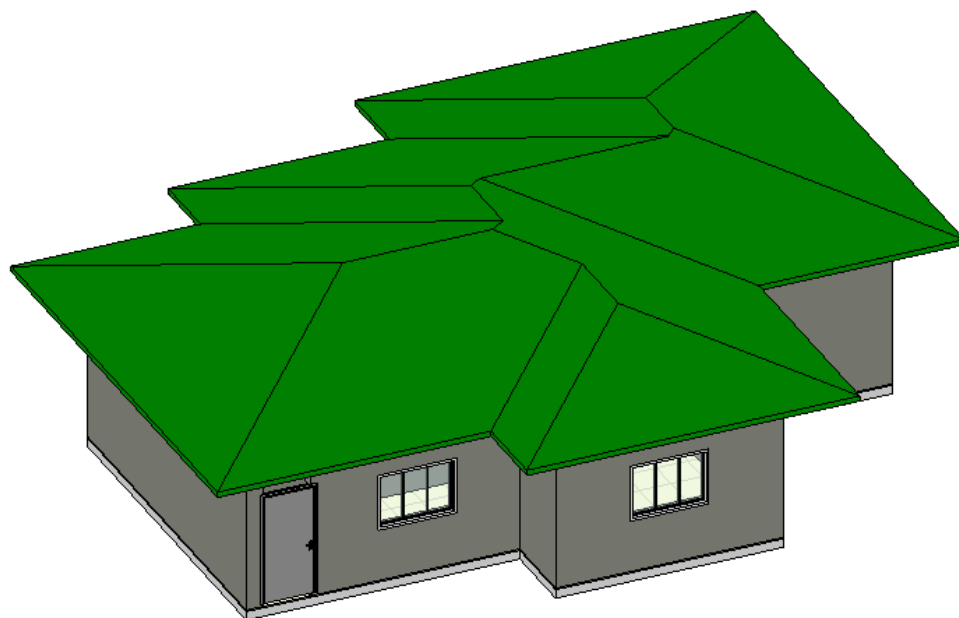


Figura 231 – Casa 24

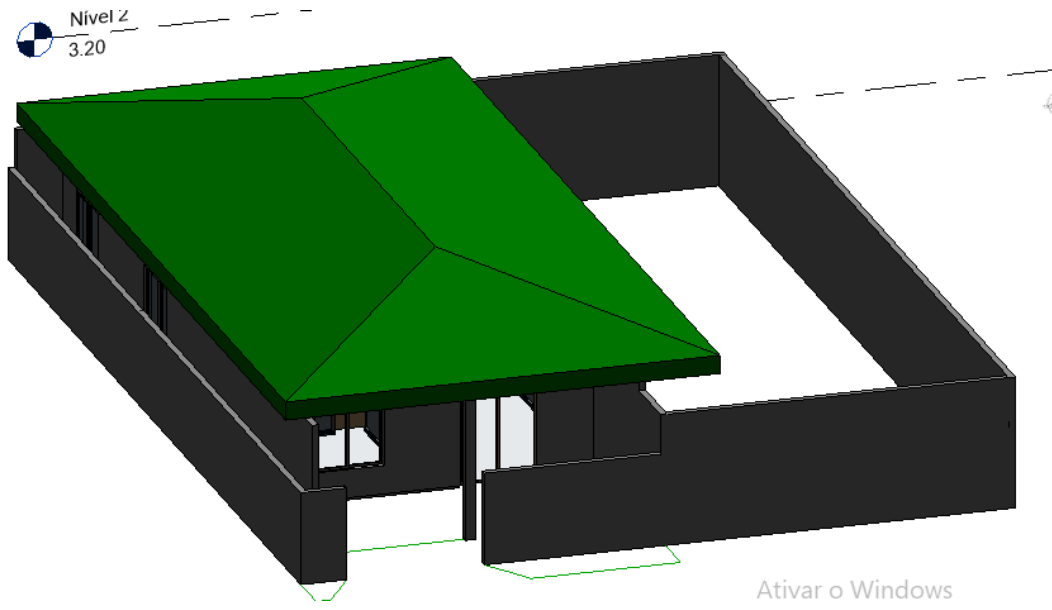


Figura 232 – Casa 25

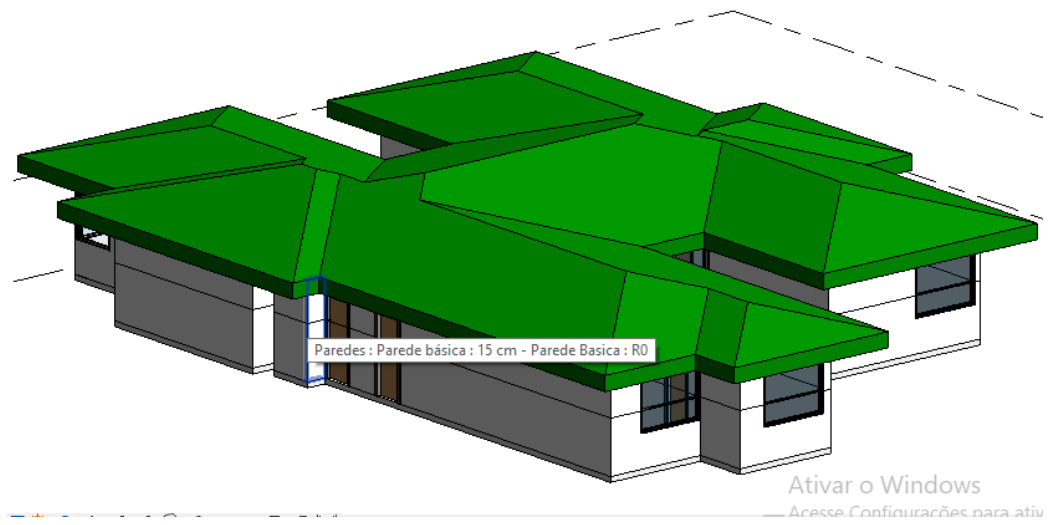


Figura 233 – Casa 26

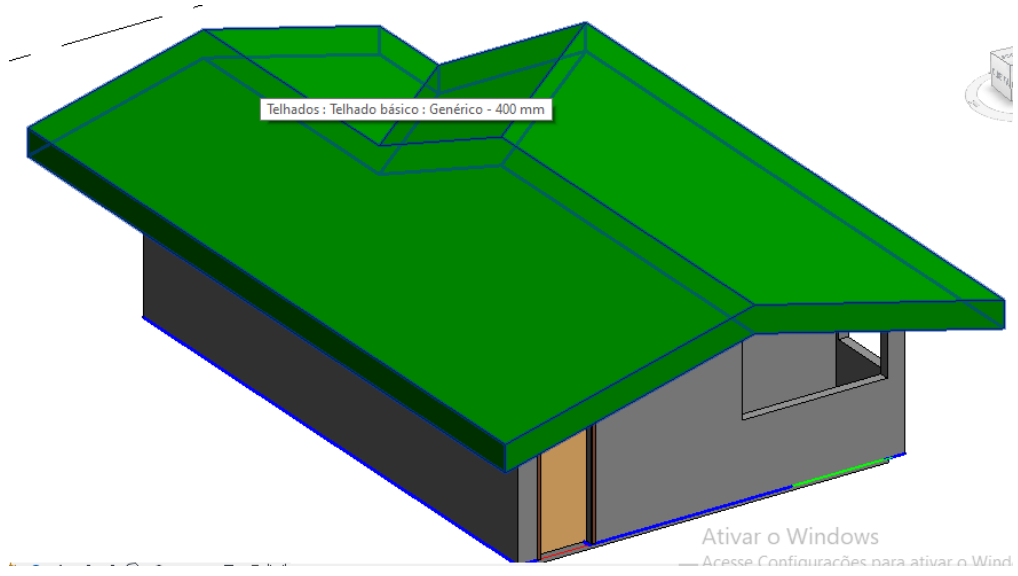


Figura 234 – Casa 27

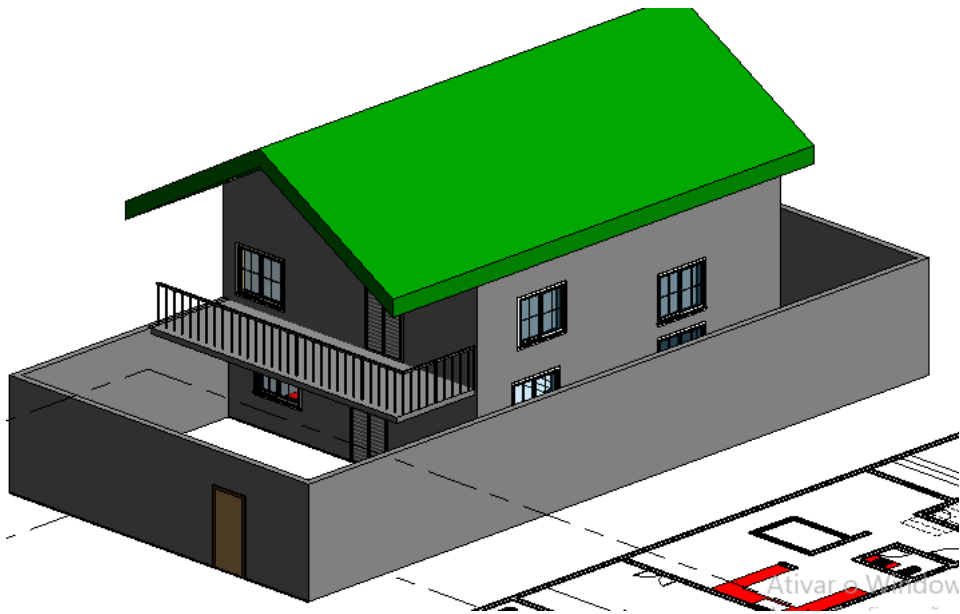


Figura 235 – Casa 28

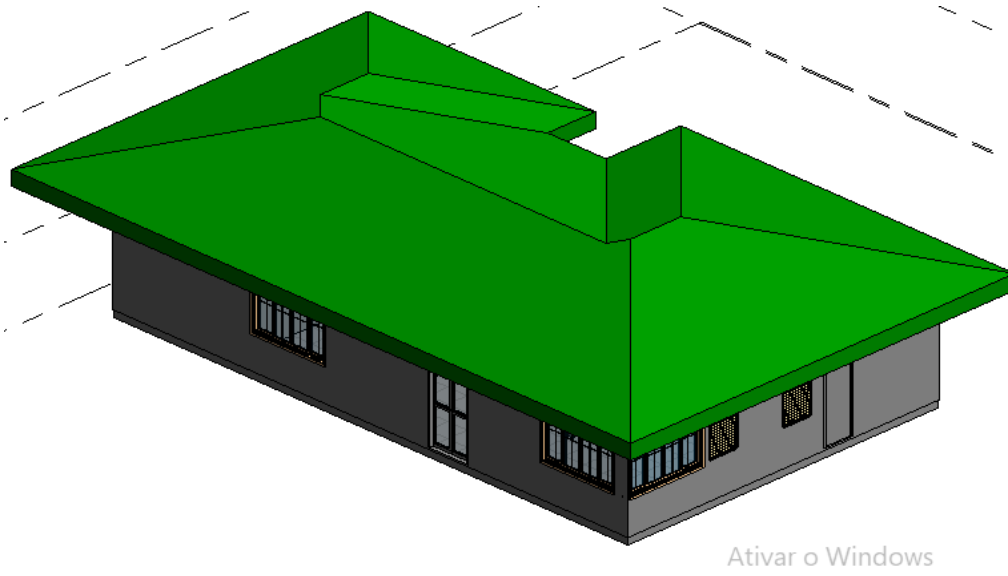


Figura 236 – Casa 29

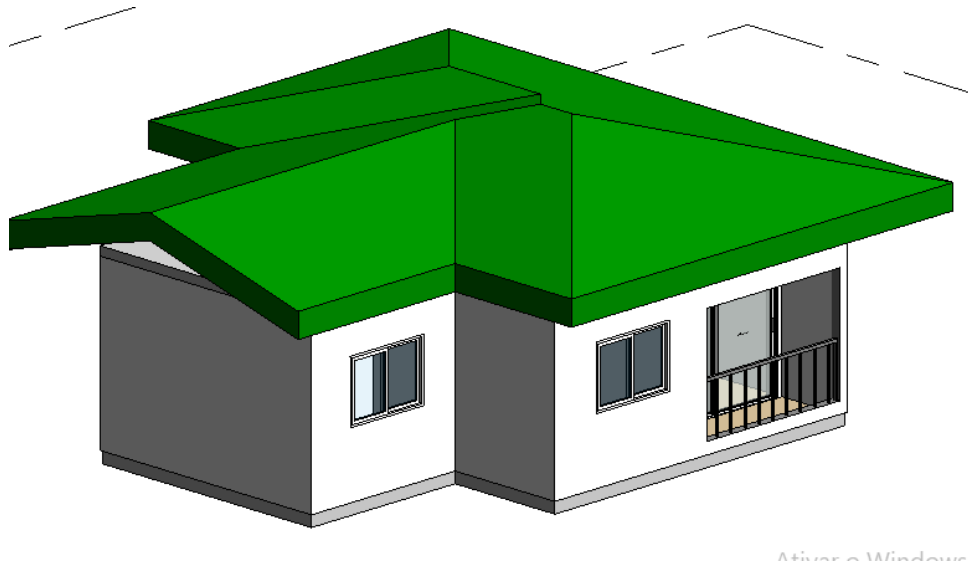


Figura 237 – Casa 30

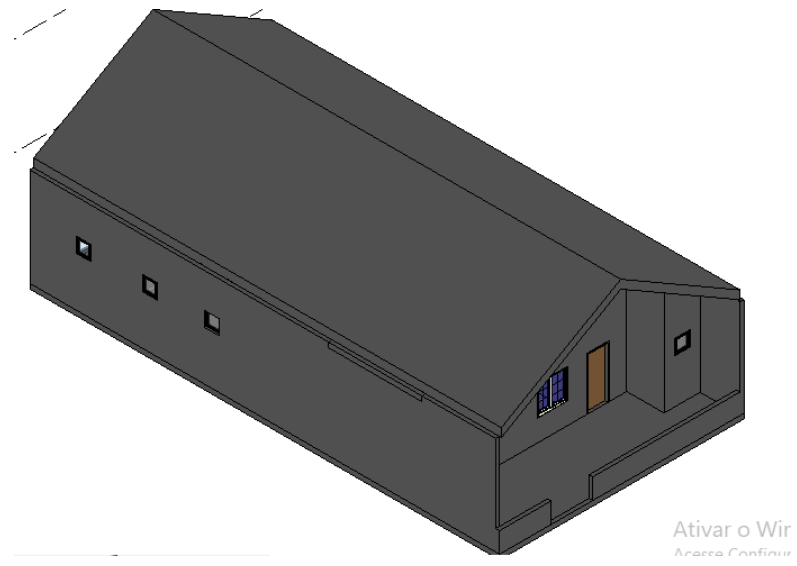


Figura 238 – Casa 31

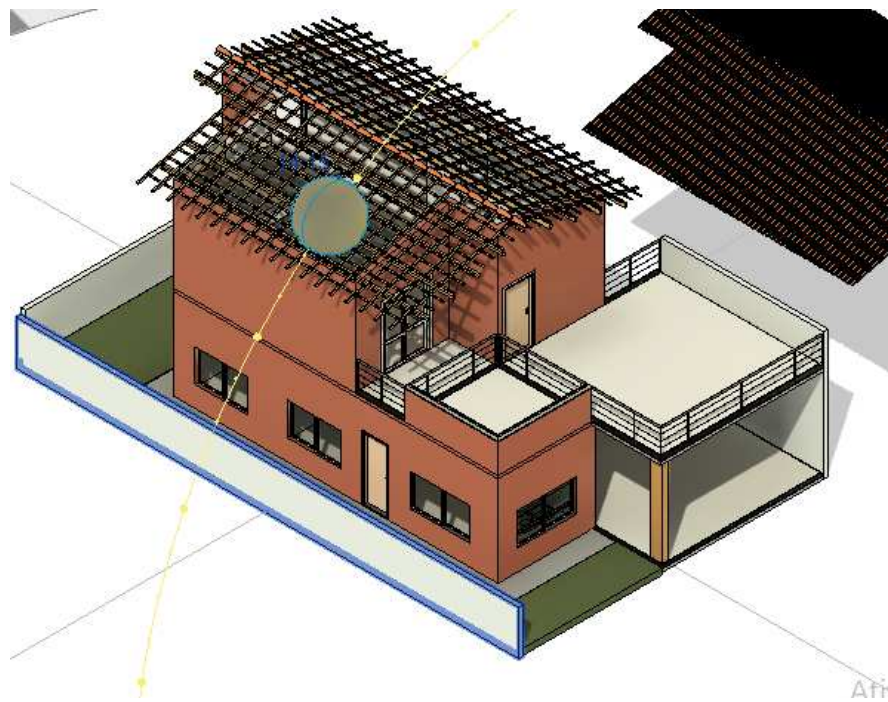


Figura 239 – Casa 32

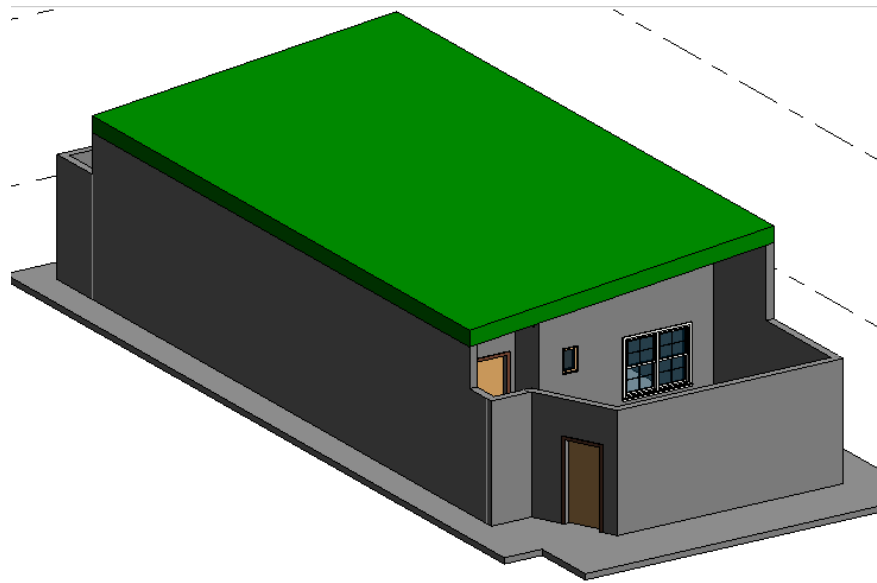


Figura 240 – Casa 33



Figura 241 – Casa 34